

INFORME DE LA SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO

COMPENDIO DE ESTADÍSTICAS AMBIENTALES



2002



SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

INFORME DE LA SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO

**COMPENDIO
DE ESTADÍSTICAS
AMBIENTALES**



DR©2003, **SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES**

Edificio sede
Boulevard Adolfo Ruiz Cortinez No. 4209
Jardines en la Montaña, CP 14210
Tlalpan, México D. F.

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

**INFORME DE LA SITUACIÓN
DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO, 2002**
Compendio de Estadísticas Ambientales

Impreso en México
ISBN 968-817-500-5

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Dr. Fernando Tudela Abad
Subsecretario de Planeación y Política Ambiental

Lic. Juan José García de Alba Bustamante
Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental

Lic. Francisco Giner de los Ríos
Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental

Lic. José de Jesús Levy García
Oficial Mayor

Lic. Irma Pía González Luna
Coordinadora General de Comunicación Social

M. en C. Salvador Sánchez Colón
Director General de Estadística e Información Ambiental

Para mayor información sobre esta obra, favor de comunicarse a:

Dirección General de Estadística e Información Ambiental
Dirección de Análisis Ambientales
Dirección de Estadística e Indicadores Ambientales
Boulevard Adolfo Ruíz Cortínez No. 4209
Jardines en la Montaña, CP. 14210
Tlalpan, México D. F.
Teléfonos 5628 0854, 5628 0747 Fax. 56280853

Coordinador General del Informe

Arturo Flores Martínez

Participantes en la integración y edición del Informe

Carlos Martorell Delgado
Cesar E. Rodríguez Ortega
Miguel de Jesús Gutiérrez Ladrón de Guevara
Nancy M. Sánchez Casas
Karla Gabriela Clemente Medina
Mildred Castro Hernández
Ariadna Jaimes Chacón
Rogelio Chávez Pérez
María Guadalupe Espinosa de los Reyes Ayala

Coordinadores del Compendio

Armando Yañez Sandoval
José Marcelo Sánchez López
Arturo Mondragón Montes de Oca

Participantes en la integración y edición del Compendio

Luz María González Osorio
Jorge Rodríguez Monroy
Jorge Apaez Godoy
Suraya Avelar Ortega
Sergio Barrios Monterde
Gerardo Cervantes Corte
Iris Jiménez Castillo
Verónica Solares Rojas

CONTENIDO



Presentación	xiii
Introducción	xv
1. Población	1
<i>Dinámica de la población en México y el mundo</i>	1
<i>Características socioeconómicas</i>	7
<i>La esfera social y el medio ambiente</i>	13
2. Vegetación y uso de suelo	31
<i>Vegetación y uso actual del suelo</i>	31
<i>Cambios en el uso del suelo</i>	32
<i>Procesos del cambio de uso del suelo</i>	40
<i>Deforestación</i>	42
<i>Alteración de bosques y selvas</i>	54
<i>Degradación de matorrales</i>	58
<i>Fragmentación</i>	59
<i>Factores relacionados con el cambio de uso del suelo</i>	62
<i>Población</i>	62
<i>Crecimiento de la frontera agropecuaria</i>	69
<i>Urbanización</i>	73
<i>Gestión</i>	74
3. Suelos	85
<i>Los suelos de México</i>	85
<i>Degradación del suelo</i>	89
<i>Zonas frágiles</i>	93
<i>Las montañas: delicados gigantes</i>	93
<i>Zonas secas: la amenaza de la desertificación</i>	95
<i>Factores asociados a la degradación del suelo</i>	99
<i>Contaminación del suelo: residuos</i>	103
<i>Residuos sólidos municipales</i>	103
<i>Residuos peligrosos</i>	109
<i>Gestión</i>	114
<i>Conservación y restauración de suelos</i>	114
<i>Residuos sólidos municipales</i>	118
<i>Residuos peligrosos</i>	121
4. Agua	129
<i>Variación espacial y temporal</i>	130
<i>Balace de agua</i>	133
<i>Agua subterránea</i>	135
<i>Disponibilidad del agua</i>	137

<i>Usos del agua</i>	138
<i>Calidad del agua</i>	143
<i>Servicios y cobertura</i>	147



5. Aire	155
<i>Inventario de emisiones</i>	156
<i>Normatividad y monitoreo del aire</i>	159
<i>Calidad del aire en ciudades mexicanas</i>	160
<i>Cambio climático y efecto invernadero</i>	167
<i>Agotamiento de la capa de ozono</i>	177



6. Biodiversidad	179
<i>Diversidad de México</i>	179
<i>Amenazas a la biodiversidad</i>	184
<i>Conservación de la biodiversidad</i>	189
<i>Especies prioritarias</i>	189
<i>Áreas naturales protegidas</i>	190
<i>Regiones prioritarias</i>	199
<i>Conservación de tortugas marinas</i>	200
<i>Los cetáceos de México</i>	204



7. Aprovechamiento de la vida silvestre	211
<i>Recursos forestales</i>	212
<i>Recursos maderables</i>	212
<i>Productos forestales no maderables</i>	222
<i>Gestión de los recursos forestales</i>	225
<i>Manejo y conservación de la vida silvestre</i>	228
<i>Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (Uma)</i>	228
<i>Centros de conservación e investigación de la vida silvestre (CIVS)</i>	231
<i>Permisos de caza deportiva, colecta y comercio</i>	233
<i>Recursos pesqueros</i>	236
<i>Panorama mundial</i>	236
<i>Características de la pesca en México</i>	237
<i>Sustentabilidad del manejo</i>	240
<i>Gestión de los recursos pesqueros</i>	245



8. Instrumentos de planeación	267
<i>Evaluación del impacto ambiental</i>	267
<i>Ordenamiento ecológico del territorio</i>	268
<i>Evaluación del riesgo ambiental y bioseguridad</i>	272

RECUADROS

Capítulo

Página

I. Población

<i>La transición demográfica en México</i>	3
<i>Desarrollo humano: el capital de la libertad</i>	10
<i>¿Cuántos pobres hay en México?</i>	12
<i>Tendencias en la marginación</i>	14
<i>La huella ecológica</i>	17
<i>Las huellas del desarrollo</i>	18
<i>Uso indígena del medio ambiente</i>	19
<i>Prácticas indígenas y medio ambiente</i>	21
<i>El cambio de las tecnologías tradicionales</i>	22
<i>Crecer o migrar: ¿y la naturaleza?</i>	23
<i>Disturbio natural, agudo y crónico</i>	27

2. Uso del suelo y vegetación

<i>La vegetación de México</i>	33
<i>Siguiendo los inventarios</i>	37
<i>¿Hacia dónde va el uso del suelo?</i>	45
<i>Los bosques cerrados</i>	48
<i>Precios y medio ambiente: los cafecultores chiapanecos</i>	50
<i>El Niño propicia los incendios forestales</i>	52
<i>Cambios catastróficos</i>	57
<i>Islas, jaguares y ventiscas</i>	60
<i>Un mundo fragmentado</i>	61
<i>La inercia del pasado</i>	63
<i>Ocupación, migración y uso del suelo</i>	64
<i>La pobreza y el estado de la vegetación</i>	66
<i>¿Le damos tiempo a la naturaleza?</i>	67
<i>Efectos de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo</i>	68
<i>El desafío de la sustentabilidad en la ganadería mexicana</i>	71
<i>Cruzada por los bosques y el agua</i>	73
<i>Cambios de uso del suelo autorizados</i>	75
<i>Prevención de incendios forestales</i>	76
<i>Programa Nacional de Reforestación (Pronare)</i>	77

3. Suelos

<i>Suelo: algunas definiciones</i>	86
<i>Los suelos someros</i>	87
<i>¿Cuánta es la degradación?</i>	92

<i>Numeralia montañesa en el mundo</i>	95
<i>La magnitud de la desertificación</i>	98
<i>¿Sólidos o peligrosos?</i>	103
<i>¿Por qué se degradan los suelos en México?</i>	104
<i>Programas de conservación del suelo</i>	116
<i>La basura y la salud</i>	118
<i>¿Cómo se dispone de la basura?</i>	119
<i>Definiciones</i>	120
<i>Residuos peligrosos: marco legal</i>	122
<i>Cinco formas de manejo</i>	124
4. Agua	
<i>Agricultura y agua</i>	139
<i>Medidas del desempeño ambiental</i>	150
<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	153
5. Aire	
<i>Principales contaminantes atmosféricos y sus efectos sobre la salud</i>	161
<i>Programas de gestión de la calidad del aire en las principales ciudades de México</i>	168
<i>¿Qué motiva el cambio en el clima?</i>	172
6. Biodiversidad	
<i>Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias</i>	191
<i>¿Qué es la Conanp?</i>	197
7. Aprovechamiento	
<i>Principales plagas forestales</i>	223
<i>El Niño y la pesca</i>	240
<i>¿Cómo reconocer la pesca sustentable?</i>	242
<i>Rendimientos: unos suben y otros bajan</i>	244
<i>La pesquería del atún</i>	246
<i>La diversidad de la escama</i>	250
<i>Camarón: la riqueza de los mares</i>	252
<i>Pelágicos menores: la pesca más abundante</i>	255
<i>El colapso de Pátzcuaro</i>	256
<i>La problemática de los estuarios</i>	257
<i>El Niño, la sobreexplotación y el abatimiento de las pesquerías</i>	258

ABREVIATURAS

- AMRS.** Al máximo rendimiento sostenible
- AMM.** Área Metropolitana de Monterrey
- ANP.** Área Natural Protegida
- APICD.** Acuerdo sobre el programa internacional para la conservación de los delfines
- CCD.** Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación
- Cecadesu.** Centro de educación y capacitación para el desarrollo sustentable
- Cemda.** Centro mexicano de derecho ambiental
- Cenapred.** Centro nacional de prevención de desastres
- Cenica.** Centro nacional de investigación y capacitación ambiental
- Censa.** Centro nacional de salud ambiental
- Cespedes.** Comisión de estudios del sector privado para el desarrollo sustentable
- CFE.** Comisión Federal de Electricidad
- CIAT.** Comisión interamericana del atún tropical
- Cibiogem.** Comisión intersecretarial de bioseguridad y organismos genéticamente modificados
- Cicoplafest.** Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas
- CICAVS.** Centros integrales para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre
- CITES.** Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora
- CIIH.** Centro de investigaciones interdisciplinarias en humanidades, UNAM
- CIVS.** Centros de conservación e investigación de la vida silvestre
- CNA.** Comisión Nacional del Agua
- CNP.** Carta Nacional Pesquera
- Conabio.** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Conafor.** Comisión nacional forestal
- Conanp.** Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- Conapo.** Consejo nacional de población
- Cotecoca.** Comisión técnico consultiva de coeficientes de agostadero
- COV.** Compuestos orgánicos volátiles
- CP.** Colegio de postgraduados
- LFSV.** Ley Federal de Sanidad Vegetal
- LGS.** Ley General de Salud
- LGEEPA.** Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- MIC.** Manejo integral de los recursos naturales en microcuencas
- NASA.** National Aeronautics and Space Administration
- NMED.** New Mexico environment department
- OCDE.** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- OECD.** Organisation for Economic Cooperation and Development

- RSM.** Residuos sólidos municipales
- RDS.** Red de desarrollo sostenible
- RTTMRP.** Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- SARH.** Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
- Sagar.** Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
- Sagarpa.** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- SAO.** Sustancias agotadoras de ozono
- SCT.** Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Sedena.** Secretaría de la Defensa Nacional
- Semarnap.** Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
- Semarnat.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Senasica.** Servicio nacional de sanidad e inocuidad alimentaria
- Sedesol.** Secretaría de Desarrollo Social
- Siacon.** Sistema de Información Agropecuaria de Consulta
- Sirep.** Sistema de rastreo de residuos peligrosos
- SNIB.** Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad
- SSA.** Secretaría de Salud
- STPS.** Secretaría del Trabajo y Previsión Social
- Suma.** Sistema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre
- TNRCC.** Texas natural resource conservation commission
- Uma.** Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre
- UNAM.** Universidad Nacional Autónoma de México
- UNDP.** United Nations development programme
- UNEP.** United Nations environment programme
- UNESCO.** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- UPM.** Unidad pesquera de manejo
- USGS.** United States geological survey
- WB.** World Bank
- WRI.** World Resources Institute
- WWF.** World Wildlife Fund
- ZMG.** Zona Metropolitana de Guadalajara
- ZMM.** Zona Metropolitana de Monterrey
- ZMVM.** Zona Metropolitana del Valle de México
- ZMVT.** Zona Metropolitana del Valle de Toluca
- Zofemat.** Zona federal marítimo terrestre
- Zofematac.** Dirección General de Zona federal marítimo terrestre y ambientes costeros

Presentación

Durante las últimas décadas México ha sufrido profundos cambios económicos y sociales que han venido acompañados de un creciente deterioro de su medio ambiente y una reducción en sus recursos naturales. A pesar de que el país todavía cuenta con importantes recursos forestales y marinos, una gran variedad de suelos y una alta diversidad de especies y ecosistemas, el modelo de desarrollo y las políticas públicas seguidas en los últimos años han jugado un papel desafortunado, contribuyendo a la pérdida de este valioso capital natural. Afortunadamente, la concepción de desarrollo basada en el crecimiento de la economía ha ido cambiando y ahora se reconoce el valor del capital natural como un elemento indispensable para lograr un crecimiento sustentable.

En la presente administración, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) tiene objetivos muy claramente orientados a la conservación de la biodiversidad, la protección del ambiente y los recursos naturales, así como la promoción del desarrollo sustentable. Para alcanzar estos objetivos es fundamental el contar con información confiable y actualizada acerca del estado del ambiente y de los recursos naturales del país, de manera tal que las estrategias y programas que se formulen estén debidamente sustentados.

Por estas razones, la Semarnat tiene el placer de presentar el ***Informe de la situación general del medio ambiente en México, 2002***. En este informe se hace un reporte sintético del estado actual del ambiente y de los recursos naturales del país, así como de las acciones efectuadas para su mejoramiento, conservación y manejo. Además, se analizan los principales cambios y tendencias que éstos han seguido en los años recientes. Los grandes temas ambientales tratados en el informe son: Población, Vegetación y uso del suelo, Suelos, Agua, Aire, Biodiversidad, Aprovechamiento de la vida silvestre e Instrumentos de planeación ecológica.

El informe se basa en el acervo de información contenido en la obra complementaria ***Compendio de Estadísticas Ambientales 2002***. Estos dos productos son parte de la respuesta de la Semarnat a la creciente demanda de información, cada vez de mejor calidad y en mayor cantidad, sobre la situación ambiental de México. Además, con estas dos obras complementarias la Semarnat cumple el mandato de ley de publicar periódicamente un informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente del país.

La producción del informe ha sido posible, en primer lugar, por el trabajo cotidiano y la participación activa de muchas áreas de la Semarnat y de otras dependencias del gobierno federal. En segundo lugar, el esfuerzo de compilación y edición forman parte de las varias acciones que la Semarnat viene realizando para integrar el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Este sistema ha de constituir, en un futuro cercano, la base de información confiable y oportuna que permita mantener informada a la sociedad del estado que guarda el ambiente y sus recursos naturales.

Víctor Lichtinger Waisman,

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Diciembre 2000- Agosto 2003

Alberto Cárdenas Jiménez

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Septiembre 2003

INTRODUCCIÓN

La importancia de los elementos del medio ambiente en la evolución y sostenimiento de la vida en el planeta fue reconocida mucho tiempo antes de que se tomara plena conciencia de los posibles efectos negativos que su deterioro traería a la humanidad. Fue hasta mediados del siglo XX cuando el tema ambiental cobró dimensiones internacionales a partir del conocimiento y difusión de problemas asociados a la degradación del ambiente, como la muerte de aves y especies marinas debido a derrames petroleros, la afectación de lagos y bosques por la lluvia ácida y la creciente pérdida de especies por la destrucción de sus hábitats, por citar sólo algunos ejemplos.

En México, ante el interés y reclamo de la sociedad por atender y solucionar los problemas ambientales, el gobierno se enfrentó con una realidad: la falta de conocimiento e información sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales que permitiera realizar evaluaciones objetivas, no sólo de los factores que los presionan, sino también de la respuesta de éstos a las acciones que se podrían tomar para tratar de revertir su deterioro.

La complejidad de los ecosistemas naturales es tal que, por ejemplo, la respuesta de un bosque a la presencia de un contaminante puede ser muy diferente si se encuentra estresado por sequía o está afectado por plagas; o bien, la respuesta de un río a la incorporación de contaminantes depende, además de sus características hidrodinámicas y fisicoquímicas, de las comunidades bióticas que en él habitan.

Una forma de abordar el tema ambiental, que además permite evaluar las acciones que se llevan a cabo para evitar su deterioro, es el esquema conocido como presión, estado, respuesta. El presente libro está organizado siguiendo — aunque no de manera explícita— este esquema en varios niveles. En cada capítulo, e incluso en las secciones dentro de los mismos, se exponen los temas de acuerdo con dicha estructura, que también fundamenta, en términos generales, el orden mismo de los capítulos. Así, los dos primeros versan sobre los principales factores que afectan al medio ambiente: la población y el uso del suelo. En los cuatro capítulos siguientes se describe el estado que guardan tanto los

componentes abióticos—suelo, agua y aire— como los bióticos—biodiversidad— del ambiente. Los dos últimos capítulos muestran el manejo que se hace de la biodiversidad y los principales instrumentos de planeación ecológica que se aplican en el país.

En el primer capítulo se examinan las tendencias demográficas y características socioeconómicas de la población mexicana. Además, se hace un recuento de las varias hipótesis propuestas acerca de cómo los cambios en el tamaño o características de la población humana afectan al entorno. En el capítulo dos se describen las tendencias en la forma como se ha venido usando el suelo en México y se analizan procesos tales como la deforestación, la degradación de la vegetación y su conversión hacia usos agropecuarios. En este mismo capítulo se examinan los factores asociados a estos procesos: los incendios forestales o el crecimiento de la población, entre otros. Asimismo, se exponen las medidas que se han tomado para aminorar los efectos negativos del cambio de uso del suelo.

El suelo y su degradación a lo largo del país es el tema analizado en el capítulo tres, con énfasis en las transformaciones que tienen lugar en regiones especialmente frágiles, como son las montañas y las zonas áridas. Además, se detallan los principales procesos que degradan el suelo, como la erosión, y se examinan someramente algunos de sus factores causales. En este capítulo también se hacen observaciones acerca de los residuos sólidos municipales y peligrosos.

En el capítulo cuatro se describe la situación del agua en el país, en términos de la calidad y cantidad de este recurso. Además se examina la cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, así como la infraestructura disponible para el tratamiento de aguas residuales.

El deterioro de la calidad del aire en las principales ciudades del país es una preocupación constante desde hace varios años, al grado que se han venido haciendo esfuerzos muy importantes para mejorarla. En el capítulo cinco se describen las emisiones de contaminantes a la atmósfera y la calidad del aire en aquellas zonas urbanas del país donde se cuenta con información. También se abordan los problemas

derivados del cambio climático y la reducción del espesor de la capa de ozono, ambos de relevancia mundial.

En el capítulo seis se revisa la situación de la biodiversidad en México y sus amenazas más importantes. Asimismo, se examinan algunas de las estrategias generales que se han implementado para proteger a la biodiversidad.

En el capítulo siete se hace una descripción de la forma en que se han utilizado los principales recursos naturales, así como los instrumentos disponibles para su manejo y conservación.

Finalmente, en el capítulo ocho se detallan los instrumentos de planeación ambiental existentes en el país: la evaluación de impacto ambiental, el ordenamiento ecológico del territorio y la evaluación del riesgo ambiental, además se incluyen algunas consideraciones sobre bioseguridad.

La descripción de la situación del medio ambiente en México aquí presentada incluye, en lo posible, una visión retrospectiva con la finalidad de ubicar el fenómeno que se está describiendo en un contexto temporal, además de ofrecer información sobre el mismo tema en el contexto internacional.

A lo largo del libro se ha incluido una serie de recuadros en los que se profundiza en algunos aspectos del ambiente de nuestro país que, por su importancia y complejidad, requieren de una explicación más detallada para su adecuada comprensión. Estos textos pueden omitirse en una primera lectura del libro sin afectar su continuidad, ya que están elaborados para revisarse en forma independiente por aquellos lectores que tengan intereses particulares.

Las estadísticas se presentan sintetizadas en forma de tablas, figuras y mapas, para facilitarle al lector seguir, reafirmar o complementar lo expresado en el texto. Sin embargo, para aquellos lectores interesados en consultar la información a detalle, también se incluyen numerosas referencias a cuadros, recuadros y figuras (*marcadas en color azul*) que forman parte del *Compendio de estadísticas ambientales 2002*; documento que se anexa, en forma de archivos digitales en disco compacto, en la contraportada del libro.

Esperamos que este esfuerzo de compilación e integración de la información ambiental disponible resulte de utilidad para que el público en general pueda tener una visión más completa de la situación ambiental en México. También confiamos en que la enorme cantidad de información recopilada, tanto en el informe como en el compendio de estadísticas, sirva de materia prima a los académicos y personas interesadas en cuestiones ambientales para que, después de analizarla, contribuyan al tema con sus ideas y propuestas, de manera que las autoridades ambientales de México puedan tomar las mejores decisiones sobre el cuidado del medio ambiente y el manejo de nuestros recursos naturales.



I. POBLACIÓN

Dinámica de la población en México y el mundo

La población mundial experimentó un desarrollo sin precedentes durante la segunda mitad del siglo XX: el número de personas en el planeta se incrementó de 2 500 a 6 100 millones. Como resultado del acceso masivo a antibióticos, vacunas e insecticidas, las tasas de crecimiento poblacional alcanzaron cifras inéditas en la historia humana: entre 1965 y 1970 el aumento se mantuvo por encima del 2% anual. No obstante, los avances tecnológicos en materia de control natal, así como diferentes procesos sociales, han logrado revertir la tendencia en los últimos decenios, de modo que hoy en día la tasa de crecimiento poblacional mundial ronda el 1.2% anual y se prevén reducciones importantes en los próximos años (FNUAP, 2000).

Una de las consecuencias generadas por los cambios sufridos en el último medio siglo es que heredamos un mundo donde el número de hijos por mujer se reduce constantemente

y la esperanza de vida es cada vez mayor. Esto es, las tasas de natalidad y mortalidad están menguando. A este fenómeno se le conoce como transición demográfica. Los países más desarrollados viven estas transformaciones desde hace varias décadas, mientras que en el resto de las naciones es un fenómeno reciente.

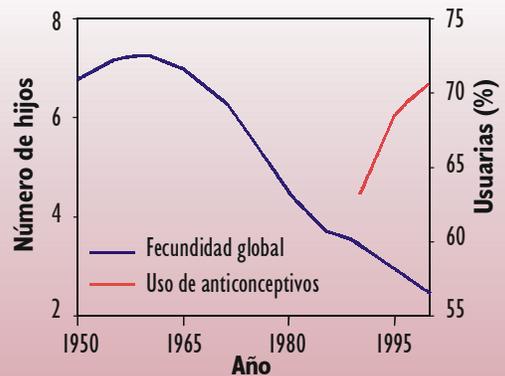
México es el undécimo país más poblado del planeta y el tercero de América (después de Estados Unidos y Brasil). De acuerdo con el censo de 2000, en ese año habitaban nuestro territorio 98.872 millones de personas. Somos la nación que ocupa el duodécimo lugar por su contribución al crecimiento de la población del planeta. La tasa de crecimiento poblacional natural —que no toma en cuenta la migración— se encuentra en 1.68% (Conapo, 2001a), por arriba del promedio internacional de 1.2% y ligeramente superior al promedio para América Latina y el Caribe de 1.56%.

Nuestro país ha seguido los derroteros de la población mundial. Las máximas tasas de crecimiento, por arriba del 3% anual, se registraron entre 1960 y 1970. Si bien el número de mexicanos no ha dejado de crecer, la velocidad con la que lo hace se ha reducido sustancialmente desde entonces (Gráfica I.1.1). La causa fundamental de este cambio ha sido la reducción en la natalidad (Figura I.1, Cuadro I.1.4); de otra manera la población del país sería un 52% superior a su número actual. Además, la esperanza de vida de los mexicanos se ha incrementado para alcanzar hoy un promedio de 75 años (Cuadro I.1.5). En otras palabras, México ha entrado francamente en un proceso de transición demográfica, y se espera que hacia 2040 la población alcance su máximo histórico para después empezar a declinar. Una de las consecuencias palpables de la transición demográfica es la modificación de la estructura de la población. La base de la pirámide de edades se ha empezado a reducir sensiblemente. Sin la reducción lograda en la natalidad, esta base sería tres veces más amplia (véase **La transición demográfica en México**, Cuadro I.1.3).

La población no está distribuida uniformemente en el país. Los estados del norte y de las penínsulas (con excepción de Nuevo León y Yucatán) cuentan con relativamente pocos habitantes, en especial en términos de su densidad (Mapas I.1 y I.2). La densidad poblacional más alta se encuentra en el Distrito Federal y sus alrededores. En términos de la transición demográfica tampoco encontramos una situación homogénea. Mientras que en el Distrito Federal, en el año 2000, la fecundidad global (número de hijos que se espera tenga una mujer a lo largo de su vida de conservarse las condiciones actuales) es menor a 2, en los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas y San Luis Potosí la fecundidad es alta (superior a 2.6, Mapa I.3).

Otro de los fenómenos observados en materia de población en México es la tendencia hacia la urbanización. Mientras que en 1900 las cuatro quintas partes de la población del país habitaban el medio rural, en 2000 el patrón se revirtió por completo: el 74.6% de los mexicanos habitaba zonas urbanas (Figura I.2, Cuadro I.1.1). El crecimiento de la población rural no ha rebasado el 2%

Figura I.1. Evolución de la fecundidad y la anticoncepción en México. La fecundidad global¹ alcanzó su máximo histórico hacia mediados de los sesenta y ha descendido notoriamente gracias al uso de métodos anticonceptivos². El empleo de éstos ha seguido en aumento en la última década.



¹ Fecundidad global: número promedio de hijos e hijas que tendría una mujer a lo largo de su vida de mantener un comportamiento reproductivo acorde a la fecundidad específica de un año determinado.

² Los porcentajes de usuarias de anticonceptivos están referidos al total de mujeres casadas o en unión libre en edad fértil en un año determinado.

Fuente: Conapo, México, 2002.

anual en ningún momento, mientras que en las ciudades se han observado tasas superiores al 5%. En el último lustro del siglo XX incluso se registró una incipiente reducción de la población en el campo (Figura I.3).

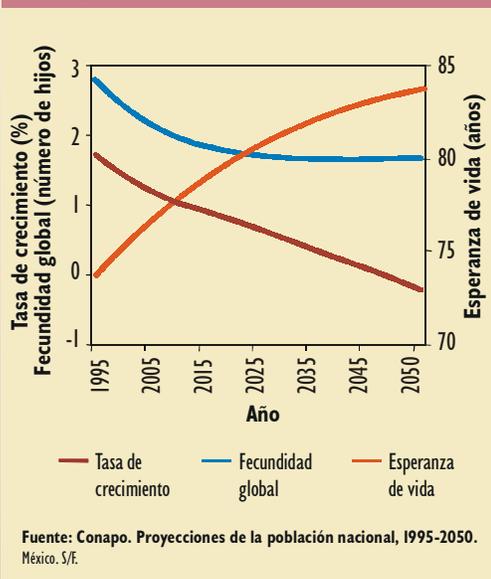
Detrás de este crecimiento urbano está la migración interna. Durante varias décadas la ciudad de México fue el destino de decenas de miles de campesinos y otros centros atrajeron a la población rural en menor grado. Uno de los resultados de este proceso es la inmensa concentración de la población en muy pocas ciudades. La zona metropolitana de la ciudad de México cuenta con 18.3 millones de habitantes, seguida de lejos por las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey, con 3.8 y 3.3 millones respectivamente. Puebla, Tlaxcala, León y Toluca son las otras ciudades que rebasan el millón de personas (Cuadro I.6.1). El conjunto de estas seis ciudades aglomera el 47% de la población urbana de la República. La mayor densidad de ciudades se ubica en una franja que comprende el centro del país y el Bajío (Mapa I.6.1), lo cual no excluye que en otras zonas la mayor parte de la población se encuentre también concentrada en centros

La transición demográfica en México

En los últimos años México ha entrado en un proceso poblacional conocido como «transición demográfica». Éste consiste en el cambio de la dinámica de la población, pasando de un escenario con tasas de natalidad y

mortalidad altas a otro donde ambas son menores. La natalidad se ha reducido desde la década de los años setenta. Entonces, el número de hijos que una mujer tendría a lo largo de su vida bajo condiciones constantes (esto es, la fecundidad global), era de 5.87. Actualmente, el Consejo Nacional de Población (Conapo) estima que se ha reducido drásticamente a 2.4 y, de seguir esta tendencia, nuestro país llegará al final del presente siglo con apenas 1.68 hijos por mujer.

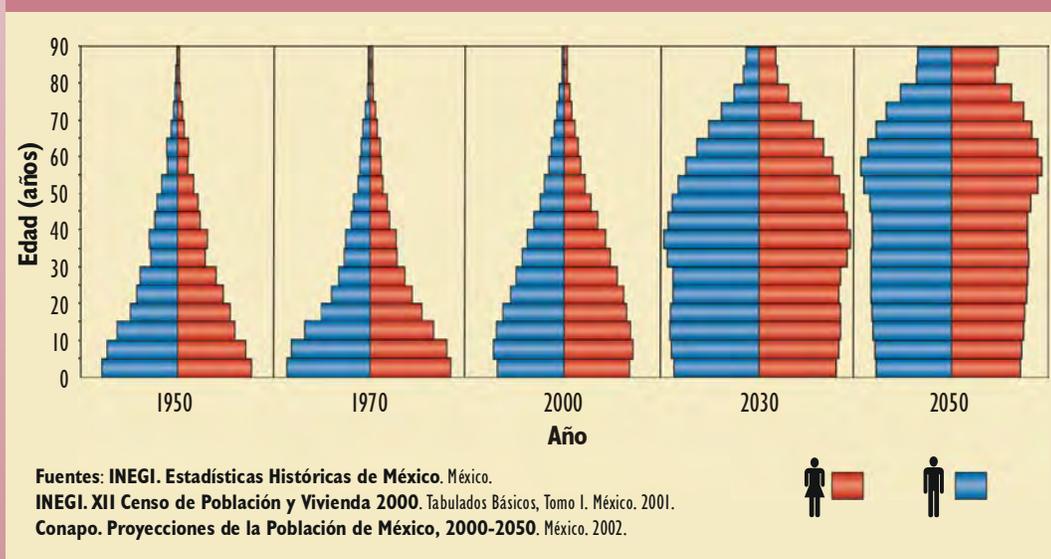
Figura a. Proyección de algunos indicadores demográficos en México, 1995-2050.



La mortalidad también ha sufrido cambios importantes en México. Mientras que en 1930 la esperanza de vida al nacer era de 36 años, hoy en día es de cerca de 75 años y dentro de medio siglo se calcula que podría alcanzar los 84 años.

Los cambios en estas tasas se reflejan en la reducción del crecimiento poblacional. En México, las tasas más altas se registraron durante los años setenta, reduciéndose de manera importante desde entonces. Incluso así, la población sigue creciendo y cada año se suman millones de nuevos habitantes a nuestro país. No será sino hacia el año 2040 que la población dejará de crecer, para comenzar a reducir su número durante la segunda mitad del siglo XXI (Figura a).

Figura b. Pirámides de edades en México, 1950-2050.

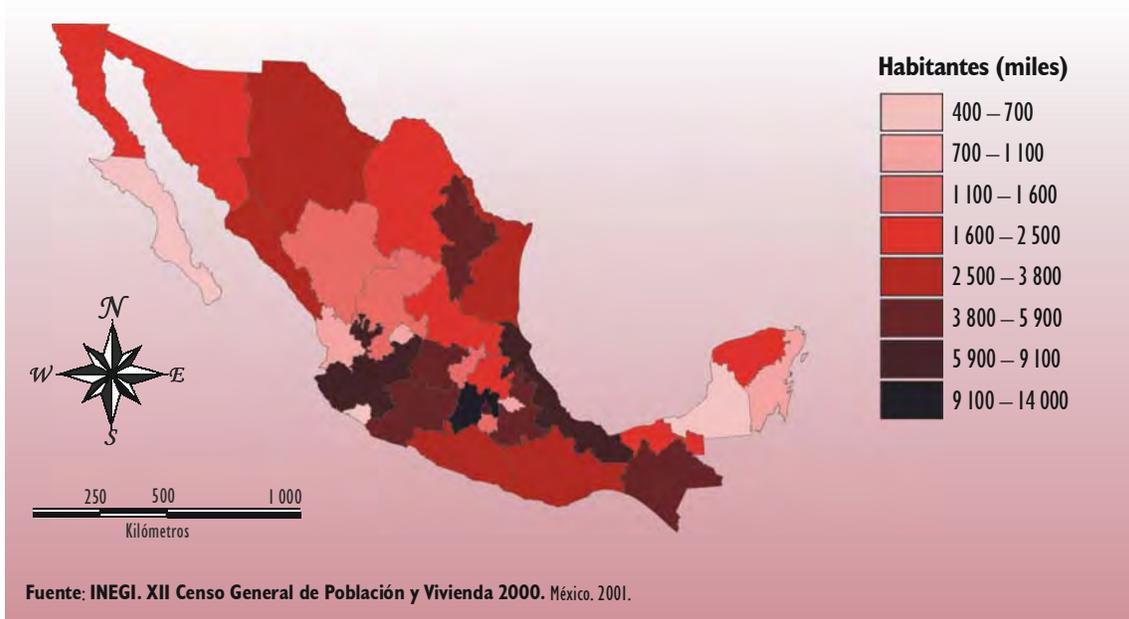


La transición demográfica en México (continuación)

Una de las consecuencias de la transición demográfica es la reestructuración de la población. En la población mexicana, los niños siempre han sido su componente más numeroso. Sin embargo, desde hace unos años el número de niños que se matriculan en la primaria ha comenzado a reducirse, esto gracias a la natalidad reducida ([Cuadro I.1.3](#)). Debido a ello, México disfrutará durante las próximas décadas de un «bono demográfico»,

habrá menos personas dependientes de cada trabajador, lo que puede resultar en un mejor nivel de vida y una mayor productividad. Cabe señalar que el envejecimiento gradual de la población también traerá consigo dificultades, sobre todo en términos de seguridad social, pues habrán muchos más adultos mayores que jamás en la historia, los que alcanzarán edades antes poco comunes (Figura b).

Mapa I.1. Habitantes por entidad federativa, 2000.

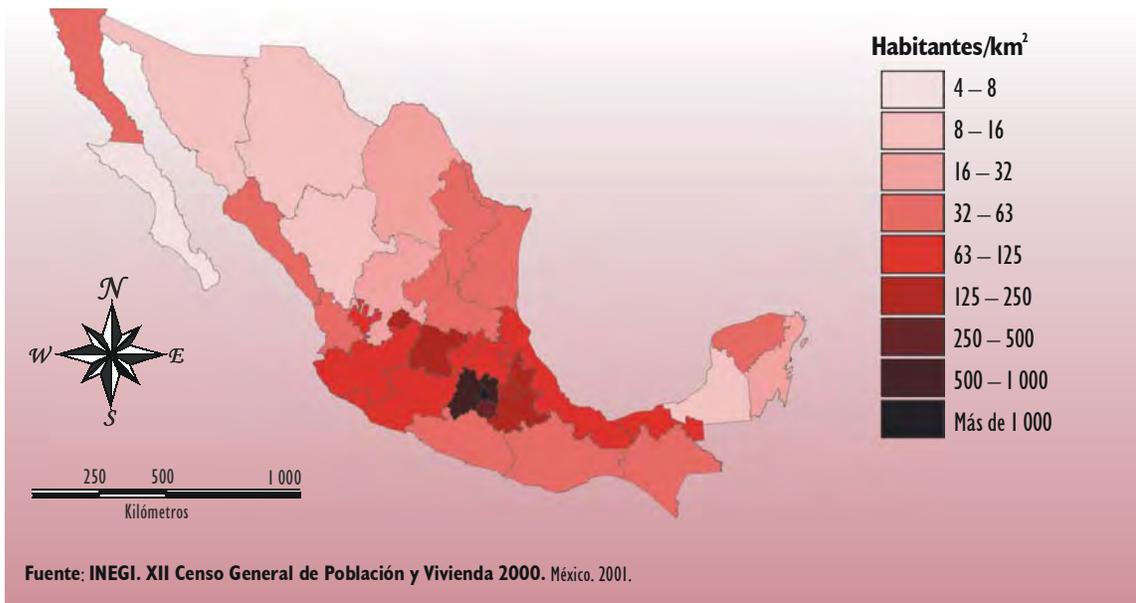


urbanos, como ocurre en el norte del territorio nacional y las dos penínsulas. Por el contrario, en los estados de Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Tabasco y Zacatecas es donde la mayor proporción de los habitantes vive en zonas rurales (Mapa I.4, [Cuadro I.1.2](#)).

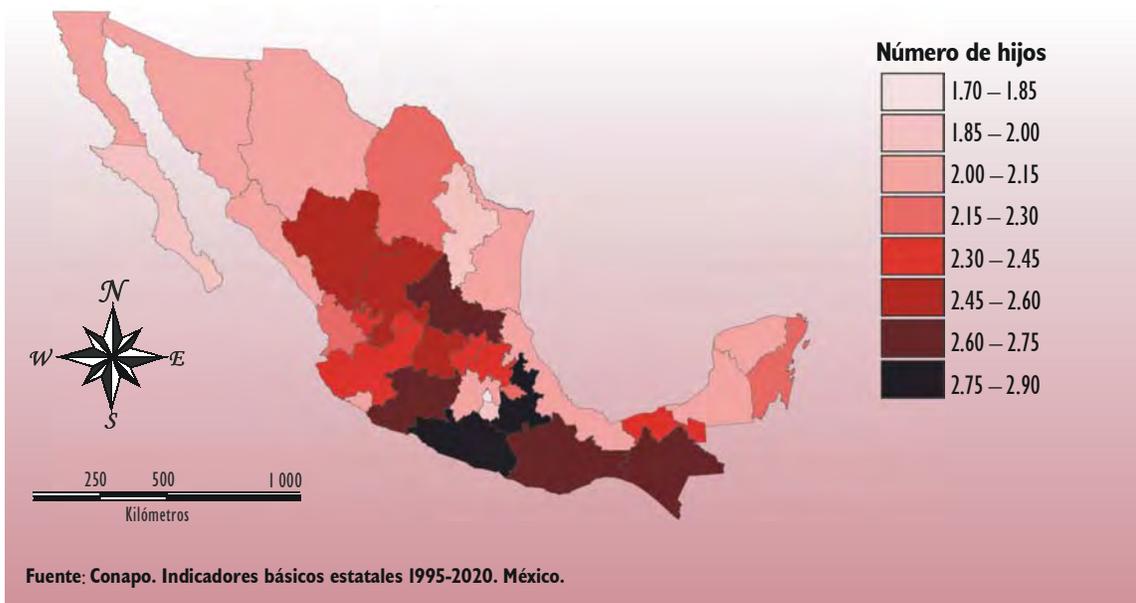
Los mismos fenómenos migratorios que estructuraron semejante sistema de ciudades, hoy lo están modificando. El Distrito Federal se ha convertido en el más grande expulsor de población de la República, mientras que nuevos destinos se han convertido en polos de atracción, principalmente

Quintana Roo y algunos estados que colindan con la frontera norte (Mapa I.5 y [Cuadro I.1.6](#), INEGI, 2001). Si bien la migración rural persiste, ésta se ha reducido sustancialmente, aportando apenas el 18% de la migración interna. En la actualidad, los movimientos migratorios más importantes ocurren entre zonas urbanas. Las grandes metrópolis que en 1990 contaban con más de un millón de habitantes son las que menos han crecido, mientras que las ciudades intermedias de cien mil a un millón de habitantes muestran elevadas tasas de crecimiento poblacional (Figura I.4, [Cuadro](#)

Mapa I.2. Densidad poblacional por entidad federativa, 2000.



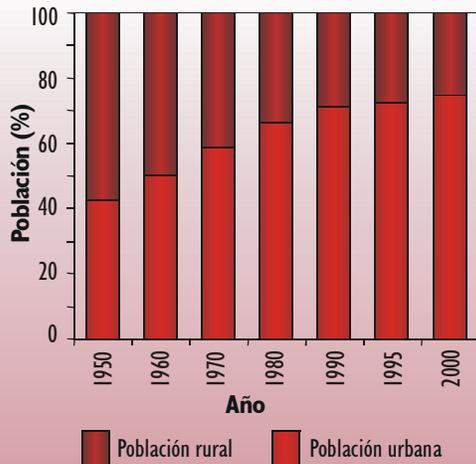
Mapa I.3. Fecundidad global por entidad federativa, 2002.



1.6.1). Entre las urbes que más crecieron en el decenio 1990-2000 se cuentan destinos turísticos de playa (Cancún, 9.1%; Ixtapa, 9.0%; Puerto Escondido, 8.53%; Cozumel, 5.78%), ciudades fronterizas (Ciudad Acuña, 7.5%; Tijuana,

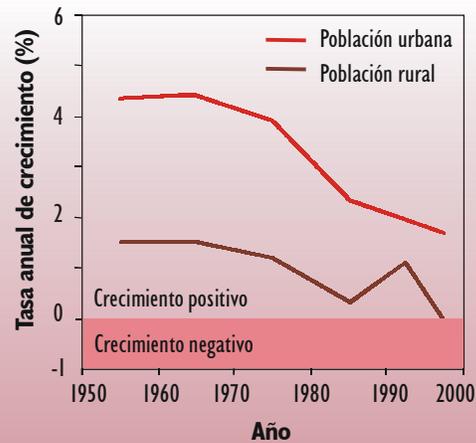
5.5%), poblados chiapanecos (Ocosingo, 7.6%; Palenque, 5.8%) y Purísima de Bustos, Jalisco (7.36%, [Recuadro 1.6.1](#), [Cuadro 1.6.1](#)).

Figura I.2. Evolución de la población urbana y rural en México, 1950-2000.



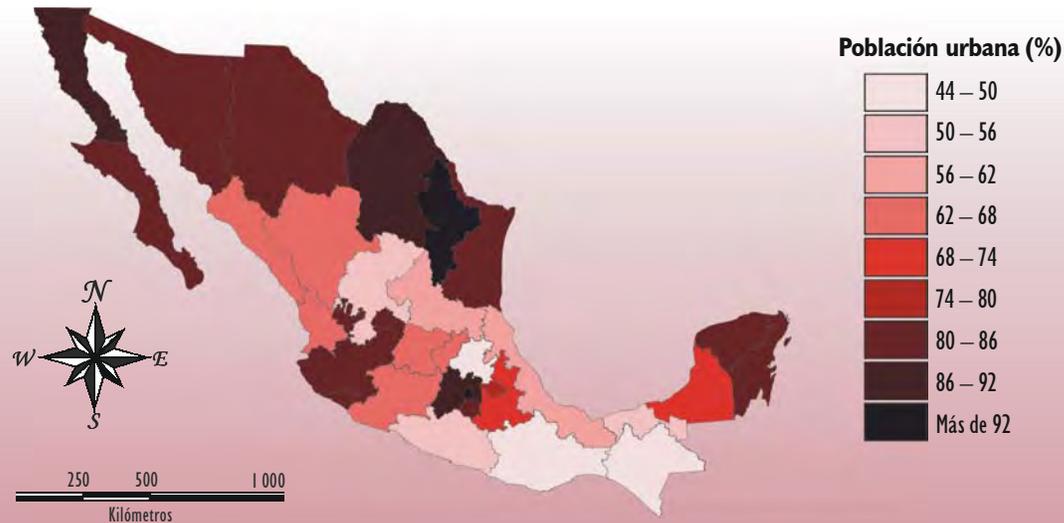
Fuente: INEGI en: Poder Ejecutivo Federal. Segundo Informe de Gobierno 2002. México. 2002.

Figura I.3. Evolución de la tasa de crecimiento de las poblaciones urbana y rural en México, 1955-1997.



Fuente: INEGI en: Poder Ejecutivo Federal. Segundo Informe de Gobierno 2002. México. 2002.

Mapa I.4. Población residente en ciudades, 2000.

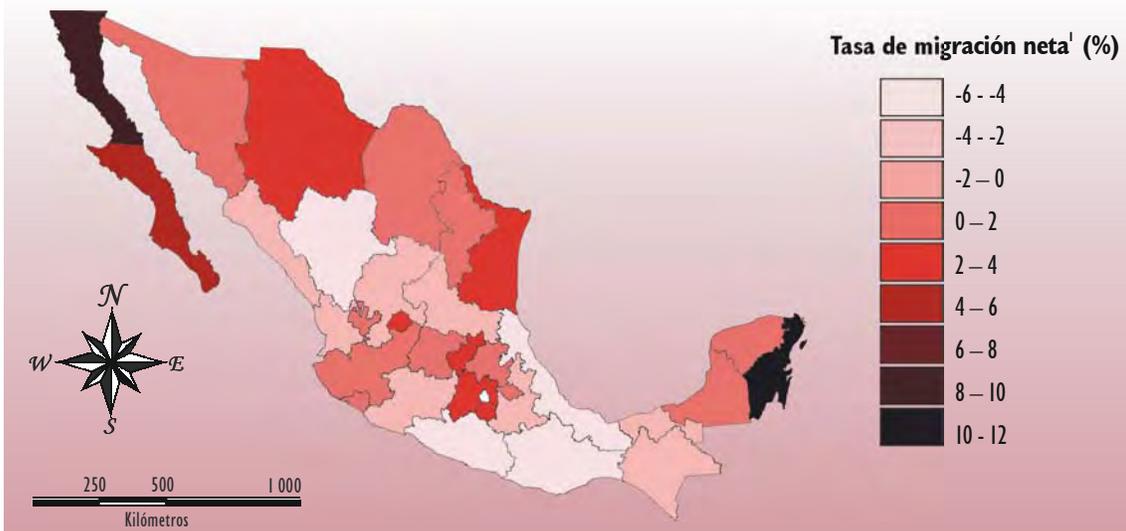


Fuente: Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Segundo Informe de Gobierno, 1º de septiembre 2002. México. 2002.

La migración hacia Estados Unidos es un fenómeno que regula fuertemente el aumento poblacional del país. La tasa de crecimiento natural de la población mexicana de 1.68% anual se reduce a 1.38% gracias a la emigración. El fenómeno se observa actualmente en todo el territorio nacional, si bien en los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato,

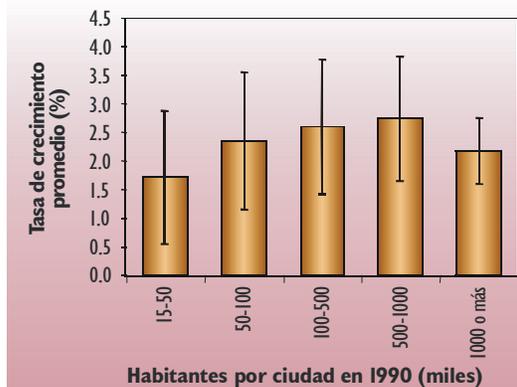
Jalisco, Michoacán y Zacatecas más de la mitad de los municipios registran una intensidad migratoria alta o muy alta. La franja que va del Estado de México al sur de Puebla, así como el norte de Guerrero y Oaxaca, también son tierras de emigrantes (Conapo, 2001a, Mapa 1.6).

Mapa I.5. Tasa de migración neta por entidad federativa, 2000.



¹ Calculada como la diferencia entre la población inmigrante y emigrante.
Fuente: INEGI. Indicadores sociodemográficos de México (1930-2000). México. 2001.

Figura I.4. Tasas promedio de crecimiento de ciudades mexicanas según su tamaño poblacional, 1990-2000. Los intervalos corresponden a las desviaciones estándar.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Conapo. Distribución territorial de la población. Mimeo. México. 2000.

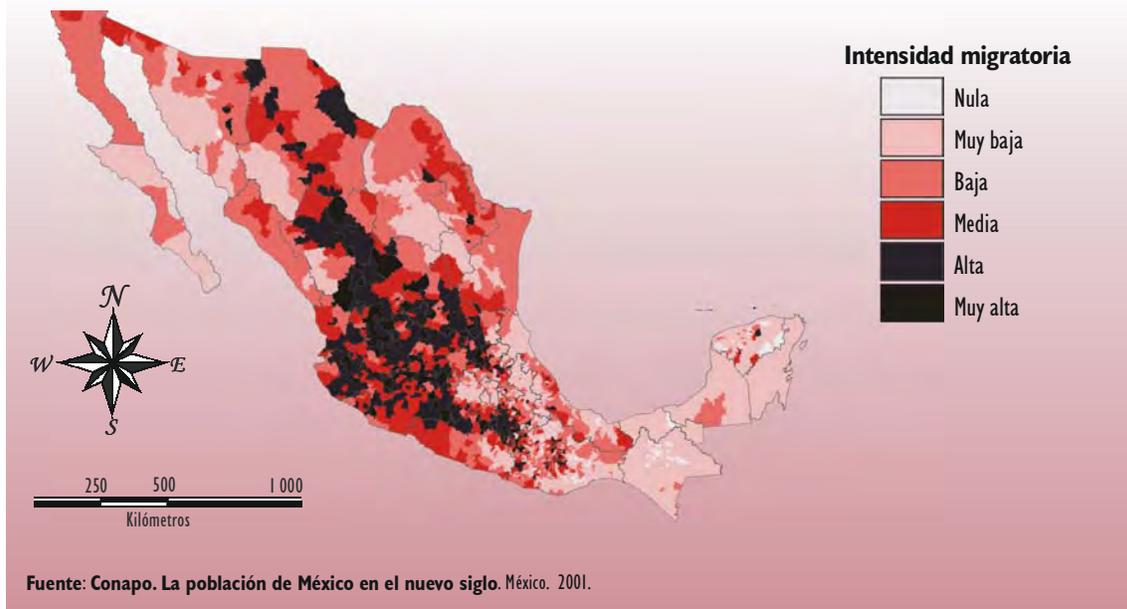
La natalidad, mortalidad y migración determinan el crecimiento demográfico de cada entidad. En ninguna de ellas la población ha disminuido; sin embargo, el crecimiento más lento se registra en el Distrito Federal, Durango y Zacatecas. Los mayores incrementos se presentaron en Quintana Roo, la península de Baja California, el Estado de México y Querétaro (Mapa I.7).

Características socioeconómicas

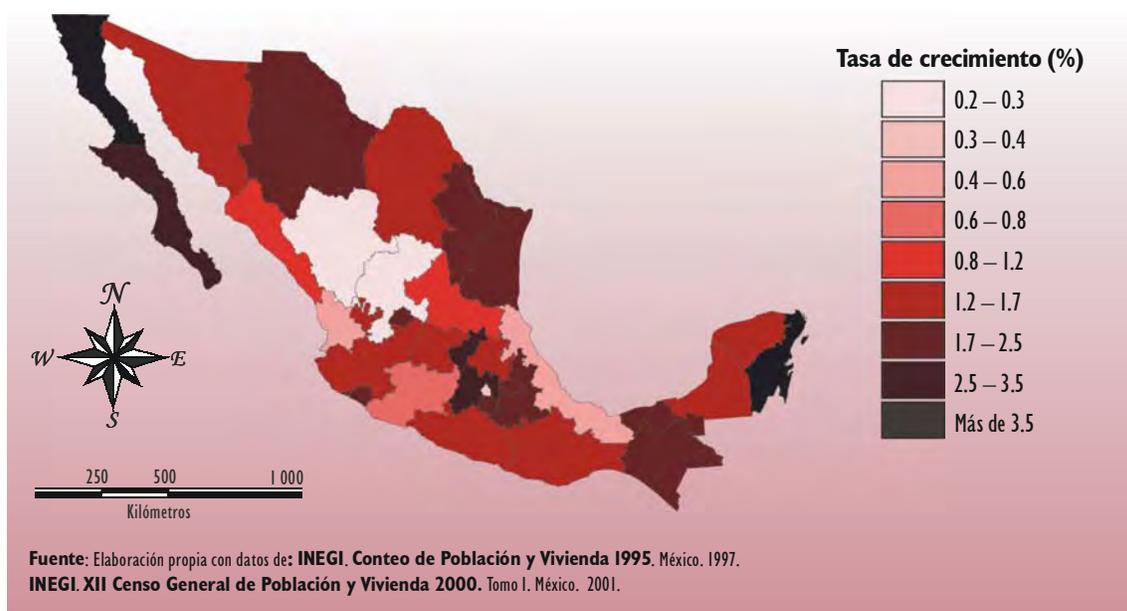
Los atributos demográficos están estrechamente ligados a los socioeconómicos. Por ejemplo, en los estratos más favorecidos de la población la esperanza de vida es mayor y la fecundidad menor. Una manifestación a gran escala de esto es la marcada transición demográfica que experimentan los países desarrollados.

Una de las herramientas que se han introducido para caracterizar una población en función de su prosperidad es el Índice de Desarrollo Humano (IDH). El uso de este indicador, impulsado fuertemente por Naciones Unidas, nos permite efectuar comparaciones internacionales. El IDH surge dentro del ámbito de la economía, cuando se reconoce que más allá del capital económico, la verdadera riqueza de las naciones descansa en sus habitantes. En este sentido, una nación será más rica si sus habitantes son capaces de desarrollar todo su potencial, experimentando vidas productivas y aportando su creatividad (véase **Desarrollo humano: el capital de la libertad**).

Mapa 1.6. Intensidad migratoria a Estados Unidos por municipio, 2000.



Mapa 1.7. Tasa anual de crecimiento poblacional por entidad federativa, 1995–2000.



En 2000 México era el más avanzado de los países con desarrollo humano medio. Dentro de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), que agrupa a las naciones con los más altos índices socioeconómicos del mundo, nuestro país es el penúltimo menos desarrollado. En

América Latina nos encontramos en una situación equiparable a la de Cuba y Panamá, con Argentina, Chile y Uruguay a la cabeza de la región. A partir de las estimaciones del IDH para todos los municipios de México, podemos observar la gran desigualdad en la que vivimos actualmente, con algunos

ciudadanos disfrutando un desarrollo humano semejante al de Japón, mientras que otros experimentan una realidad parecida a la de Etiopía (Conapo, 2001b).

En vez del concepto de desarrollo humano, históricamente en México se ha utilizado el de marginación para describir la situación en que se encuentra una población. La marginación es la exclusión de ciertos grupos sociales del proceso de desarrollo y sus beneficios. Una localidad se considera marginada si no cuenta con servicios de electricidad, agua o drenaje, educación, vivienda adecuada o un ingreso suficiente. El índice de marginación y el IDH reflejan la misma realidad. Los sitios más marginados tienen un bajo desarrollo humano. Ambos índices coinciden en que el Distrito Federal y Nuevo León son las entidades que cuentan con mejores condiciones en el país, mientras que Chiapas, Oaxaca y Guerrero son las más rezagadas (Mapas 1.8 y 1.9, Cuadros 1.5.1 y 1.5.2). La marginación incide igualmente en varios factores que definen el bienestar de la población (Cuadro 1.5.3).

La pobreza es otra expresión del mismo fenómeno. Las comunidades marginadas son las más pobres. Estimaciones recientes sobre la pobreza en México revelan que más de la mitad de la población subsiste con recursos insuficientes para satisfacer las necesidades elementales, como una nutrición adecuada (véase *¿Cuántos pobres hay en México?*, Cuadro 1.5.4).

El acceso limitado a la educación que experimentan los habitantes de las zonas marginadas no sólo influye en su desarrollo personal, sino también en el medio ambiente. Un componente de los nuevos planes de estudio es la educación ambiental (Recuadro 1.3.1), con el objetivo de sensibilizar a la población sobre su papel en el medio ambiente, darle elementos que le permitan analizar la situación del mismo e impulsarlo a modificar las actitudes que han llevado a la crisis ecológica actual. El Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu-Semarnat) ha emprendido varias acciones dentro de este ámbito (Recuadro 1.3.2).

La marginación, la pobreza y el desarrollo humano son condicionantes del comportamiento demográfico. Mientras que en todos los municipios con un muy elevado grado de marginación la mortalidad infantil es alta o muy alta, ésta es baja o muy baja en todos los municipios con muy baja marginación. La fecundidad global es alta o muy alta en el 99% de los municipios con mayor marginación y baja o muy baja en el 65% de los menos marginados de México (Figura 1.5). Esto significa que la marginación está correlacionada con el rezago en la transición demográfica.

Con el fin de tener acceso a servicios básicos como educación y salud, los habitantes de las áreas marginadas se desplazan hacia zonas más desarrolladas del país o del extranjero, aunque en esta última modalidad no juegan un papel importante las localidades de mayor marginación (Figura 1.5). Las elevadas tasas migratorias tienden a compensar las altas tasas de fecundidad, manteniendo el tamaño poblacional relativamente constante. En el Mapa 1.7 puede observarse que, a pesar de los elevados índices de fecundidad (Mapa 1.3), los estados más marginados no necesariamente tienen las tasas de crecimiento poblacional más altas.

La marginación se concentra de manera importante en los municipios con mayor población indígena. De los municipios donde 40% o más de la población habla lengua indígena, 95% muestra índices de marginación altos o muy altos (Tabla 1.1).

Los estados menos desarrollados presentan las mayores concentraciones de hablantes de lenguas indígenas (Mapas 1.8 y 1.10). La situación resulta aún más compleja si consideramos que no todos los indígenas hablan alguna de las más de 80 lenguas indígenas (México se cuenta entre los países culturalmente más diversos del mundo): entre el 11.5 y el 13.1% de la población mexicana puede adscribirse a algún pueblo indio, independientemente del criterio lingüístico.

En el decenio de 1990 a 2000 cambió la estructura de la marginación en el país. En algunos municipios hubo avances,

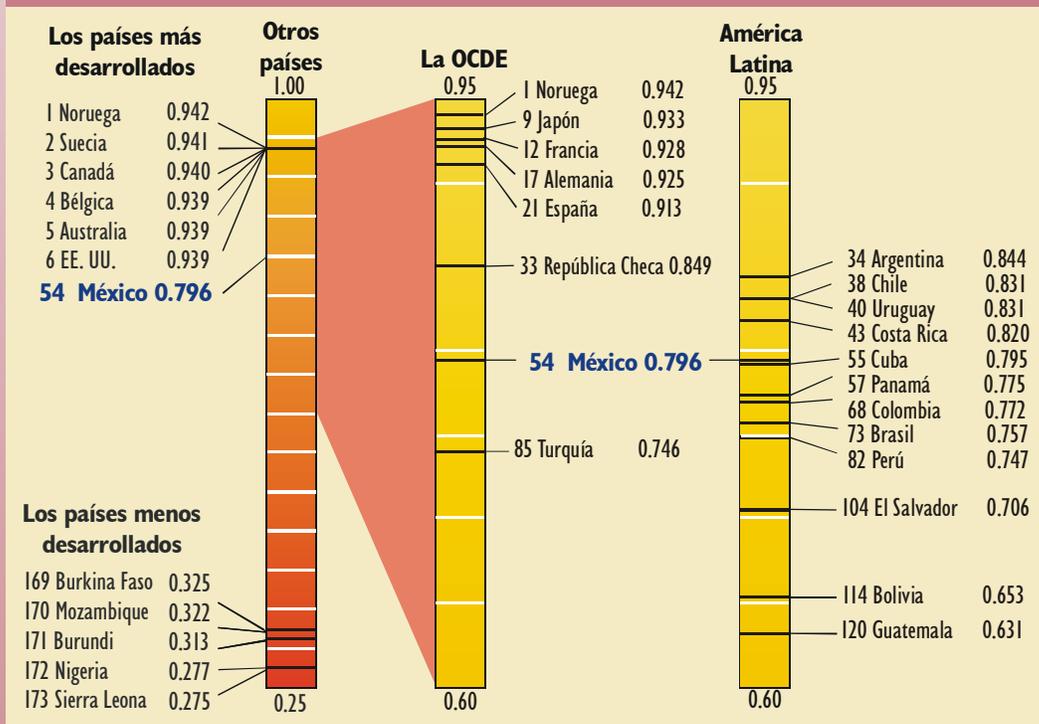
Desarrollo humano: el capital de la libertad

Más allá de la cifra económica, el concepto de desarrollo humano reconoce que la riqueza de las naciones está en sus habitantes. En este sentido, una nación es más rica si sus habitantes son capaces de desarrollar todo su potencial, experimentando vidas productivas y aportando su creatividad a la sociedad. Para desarrollarse plenamente se considera que los ciudadanos requieren de un ingreso digno que satisfaga sus necesidades básicas de una educación apropiada, de una vida larga y saludable, y del reconocimiento y participación en sus comunidades. Además, deben contar con oportunidades para su desarrollo, libertad política y respeto a sus derechos humanos. Si estas condiciones se satisfacen, cada persona está en condición de elegir aquello que más valora y la forma de vida que considere mejor. El desarrollo humano está cercanamente ligado a la libertad.

Para cuantificar el desarrollo humano se desarrolló el Índice de Desarrollo Humano (IDH). Se basa en la esperanza de vida al nacer, el nivel educativo y el poder adquisitivo de una población, que son indicadores de importantes aspectos de su desarrollo humano, si bien no cubren otros aspectos de medición más difícil. Aunque el bienestar económico de un país es sumamente influyente en su desarrollo humano, éste puede incrementarse más rápidamente que el capital monetario. Costa Rica y Cuba, a pesar de contar con economías pequeñas, presentan un IDH equiparable al promedio mexicano.

En 2000 México ocupaba la posición número 54 de un total de 173 países evaluados por la ONU. Con un índice de 0.796, nos encontramos en la línea divisoria de lo que se considera desarrollo humano

Figura a. México en el mundo: Índice de Desarrollo Humano. El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es una medida del potencial del capital humano de una región, basado en la longevidad, la educación y el ingreso. Se muestra la posición de México en el mundo, la OCDE y América Latina.



Desarrollo humano: el capital de la libertad (continuación)

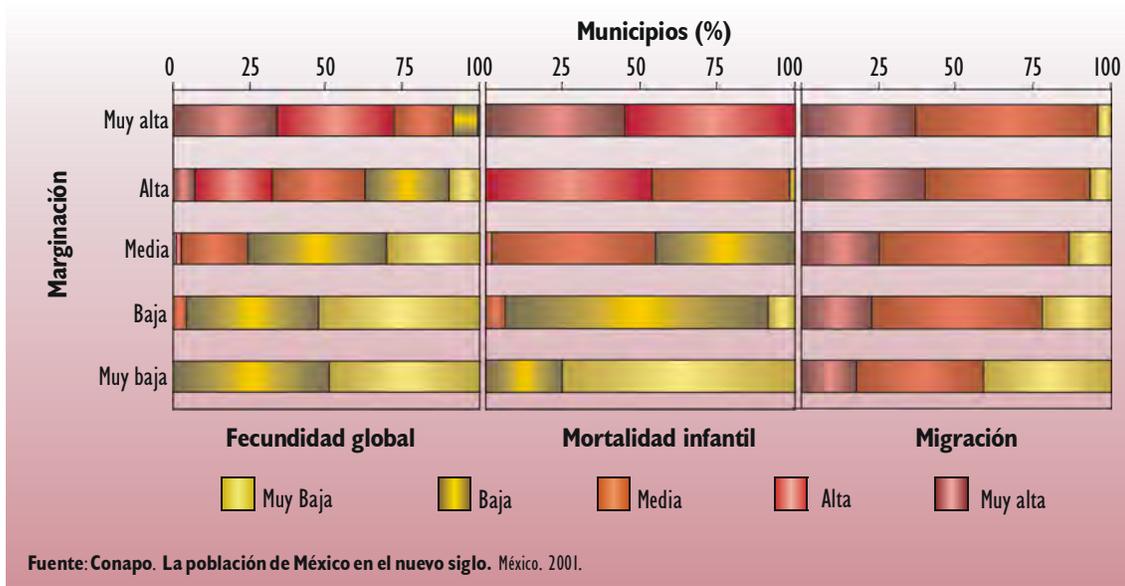
medio y alto (0.800). Los países más desarrollados del mundo pertenecen todos a la OCDE, entre quienes ocupamos el penúltimo lugar sólo por encima de Turquía. Dentro de América Latina nos encontramos en una posición intermedia, con los países del Cono Sur a la cabeza (Figura a).

El IDH nos propociona una estimación del desarrollo promedio de una localidad. Sin embargo, dentro de ella puede haber una variabilidad significativa. México, como otros países latinoamericanos, se distingue por la

desigualdad que sufre su población. De 173 países, el nuestro es el catorceavo más inequitativo (PNUD, 2002). Esto significa que en el territorio conviven realidades muy distintas. El municipio de Coicoyán de las Flores, Oaxaca, tiene un IDH de 0.362, mientras que la delegación Benito Juárez, en el D.F. califica con un 0.930. Esto equivale a la diferencia entre Japón (uno de los países más ricos del globo) y Etiopía (uno de los más pobres).

Fuentes: PNUD. Human development report 2002. Nueva York, 2002. Conapo. Índices de Desarrollo Humano. México, 2001.

Figura I.5. Parámetros demográficos ligados a la marginación.

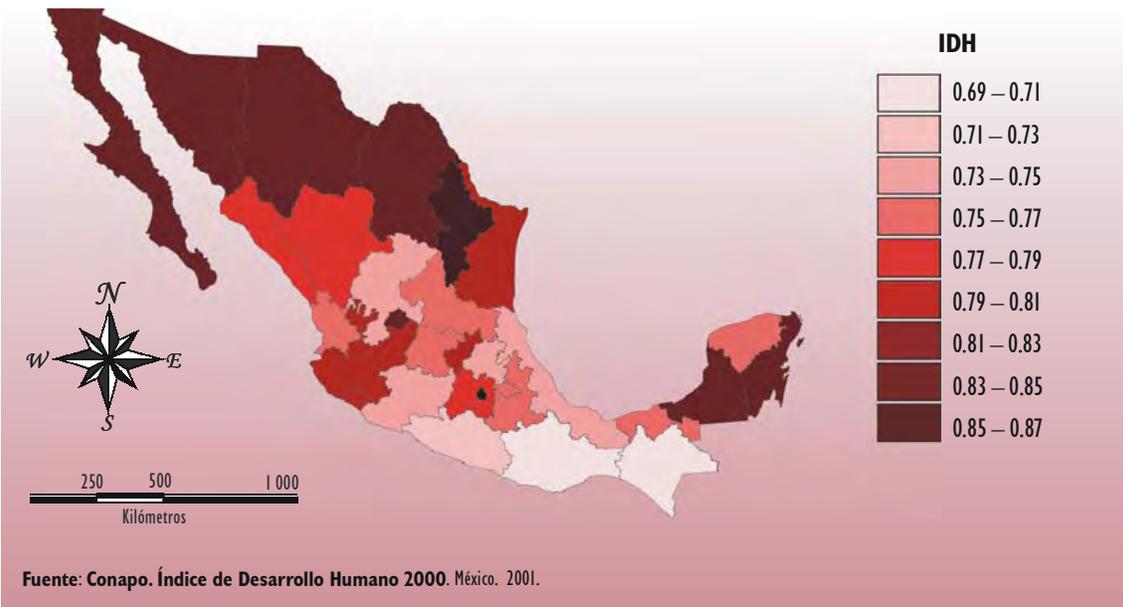


especialmente en los de muy alta marginación, donde el 10% de las demarcaciones mejoraron hacia la clase inmediata inferior. El saldo es poco alentador en las demás categorías, donde el número de municipios en los cuales la marginación aumentó es mayor que aquellos donde ésta se redujo. El caso más extremo es el de los sitios con marginación intermedia en 1990, de los cuales la tercera parte llegó al fin de milenio con un índice alto y apenas el 3% de ellos logró avanzar hacia un índice bajo. De continuar esta tendencia, las

desigualdades en el desarrollo del país se acentuarían, con un crecimiento proporcional en el número de los municipios con muy baja o con muy alta marginación, a costa de aquellos con media y baja marginación. En las zonas indígenas las proyecciones muestran que las pocas localidades que hoy presentan marginación media y baja se incorporarían al grupo mayoritario que presenta índices altos (véase **Tendencias en la marginación**).

En las entidades menos desarrolladas es donde se concentra un porcentaje muy importante de la población

Mapa I.8. Índice de Desarrollo Humano (IDH) por entidad federativa, 2000.



¿Cuántos pobres hay en México?

Las estimaciones más recientes sobre el número de mexicanos que viven en la pobreza señalan que el 53.7% de la población no puede satisfacer sus necesidades de alimentación, salud, educación, vestido, calzado, vivienda y transporte público. Esto es, en el año 2000 vivían en México 54 millones de pobres. Se reconocen tres tipos de pobreza (Figura a):

* *Pobreza de patrimonio*, que engloba la población que gana menos de 28.1 y 41.8 pesos diarios por persona en las áreas rural y urbana, respectivamente, lo que es insuficiente para satisfacer la totalidad de las necesidades mínimas señaladas en el párrafo anterior.

Figura a. Habitantes (1) y hogares (2) de México que experimentan diferentes tipos de pobreza.

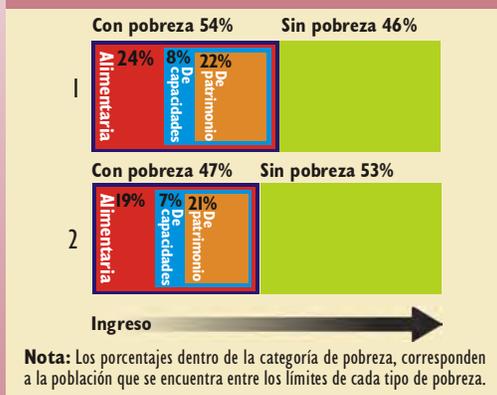
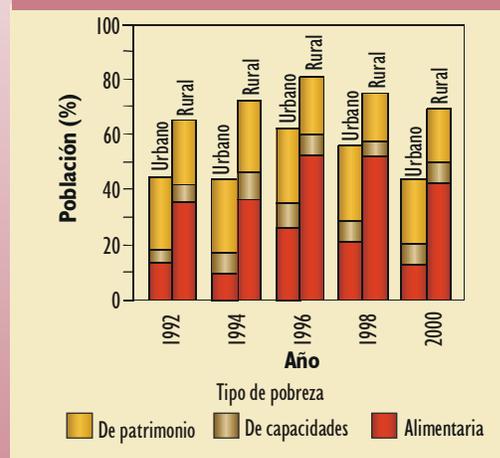


Figura b. Evolución de la pobreza en el medio urbano y rural, 1992-2000.



¿Cuántos pobres hay en México? (continuación)

* *Pobreza de capacidades*, con percepciones inferiores a 18.9 y 24.7 pesos diarios por persona, no pueden cubrir los requerimientos básicos de educación, alimentación y salud.

* *Pobreza alimentaria*, que corresponde a ingresos menores a los 15.4 y 20.9 pesos diarios por persona en las áreas rural y urbana, respectivamente, lo cual les impide cubrir las necesidades básicas de alimentación.

En 2000, casi 25 millones de personas sufrían de pobreza alimentaria. En el campo la situación es particularmente severa, pues ahí el 42.4% de la población

se encuentra dentro de dicha categoría, mientras que en las ciudades la cifra es muy inferior: un 12.6%.

Durante la década de los noventa hubo un serio estancamiento en la política social del país, lo que llevó a que el número de pobres se incrementara. En particular, la crisis de los «errores de diciembre» de 1994 provocó que el porcentaje de mexicanos en la pobreza se incrementara de 52.6 en 1992 a 69.6 en 1996. Para el cambio de siglo aún no se recuperaban los niveles de 1992 (Figura b).

Fuente: Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Segundo Informe de Gobierno, 1º de septiembre 2002. Presidencia de la República, México, 2002.

Tabla I.I. Marginación indígena en algunas entidades federativas, 2000.

Entidad Federativa	Total de municipios indígenas	Marginación			
		Alta	%	Muy Alta	%
Oaxaca	379	185	48.8	153	40.4
Puebla	76	39	51.3	32	42.1
Chiapas	58	24	41.4	32	55.2
Guerrero	23	4	17.4	19	82.6
Veracruz	76	35	46.1	36	47.4

Fuente: Poder Ejecutivo Federal. Programa Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas 2001-2006. México, 2001.

ocupada en el sector primario (Mapas I.8 y I.11), como es el caso de la gran mayoría de los indígenas (Figura I.6). Por ello, una de las consecuencias de la relación pobreza-migración es el cambio de la estructura de la ocupación en el país. Como resultado de la urbanización del país, la población que en 1900 estaba ocupada principalmente en el sector primario (62%) pasó a concentrarse en el sector terciario (58%) hacia el fin de siglo, lo que significó la caída de la población ocupada en el primero de ellos a tan sólo el 16% (Figura I.7, Recuadros I.3.1 y I.3.2). Sin duda, esto modifica las interacciones del hombre con su medio ambiente (Recuadro I.3.1).

La esfera social y el medio ambiente

La dinámica poblacional y la económica son inseparables y ambas afectan el medio ambiente que, a su vez, repercute en ellas. El gran crecimiento de la población y el desarrollo de la tecnología en el siglo XX han potenciado la empresa humana a magnitudes sin precedente en la historia. Esto ha impactado el entorno ambiental en diversos niveles. Para comprender estos fenómenos se debe tomar en cuenta no sólo el tamaño de la población, sino también las características de la misma. Por ejemplo, la población urbana tiene una relación con el entorno muy diferente de la que experimentan los habitantes del campo. El impacto de un estadounidense promedio sobre la naturaleza es de una escala mucho mayor y de un tipo muy distinto al de un indígena tarahumara. De la misma manera, existen diferencias considerables en los efectos que generan pobres y ricos en el medio ambiente.

Los efectos del hombre sobre el entorno pueden evaluarse en términos de su huella ecológica, es decir, de la superficie necesaria para producir los bienes que consume, dotarlo de servicios y absorber o reciclar sus desechos. Con base en la superficie biológicamente productiva de nuestro planeta y

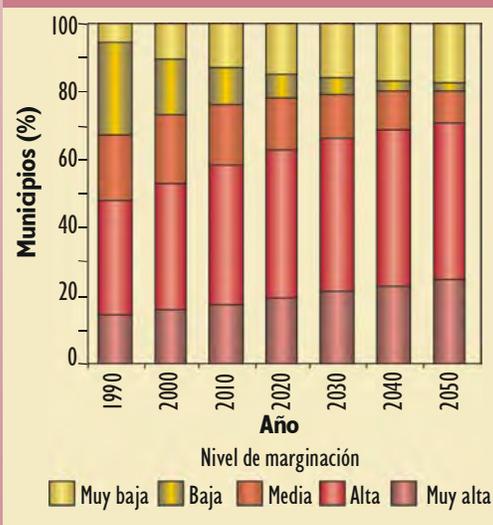
Tendencias en la marginación

Durante la última década, la condición de marginación de diversos municipios del país ha cambiado. De 2 401 demarcaciones, 1 819 permanecieron en la misma categoría entre 1990 y 2000. En 196 casos (8.16%) mejoraron sus condiciones, pasando de tener baja a muy baja marginación. La marginación se incrementó en 386 municipios (16.08% del total), de los cuales el 80% tenía medio o bajo nivel.

Es posible proyectar las tendencias actuales hacia el futuro suponiendo que la proporción de municipios que permanecen en su misma categoría, que logra avanzar o que sufre un incremento en su marginación, se mantienen constantes en el tiempo.

Bajo este escenario, los municipios de baja y media marginación tenderían a incorporarse a los de muy baja o alta marginación, mientras que algunos de estos últimos podrían convertirse en municipios de muy alta marginación (Figura a). Las tendencias actuales nos muestran un país aún más desigual, donde la brecha entre ricos y pobres tiende a crecer. Cabe señalar que ésta es la proyección de las tendencias actuales, las cuales probablemente cambien en el futuro. Históricamente, se ha encontrado que cuando un país comienza una nueva fase de desarrollo, la desigualdad se incrementa en lo que el avance llega a todos los estratos de la sociedad. Si éste fuera el caso, las tendencias podrían revertirse en el futuro. Sin embargo, el marcado incremento en la marginación que se ha observado en la

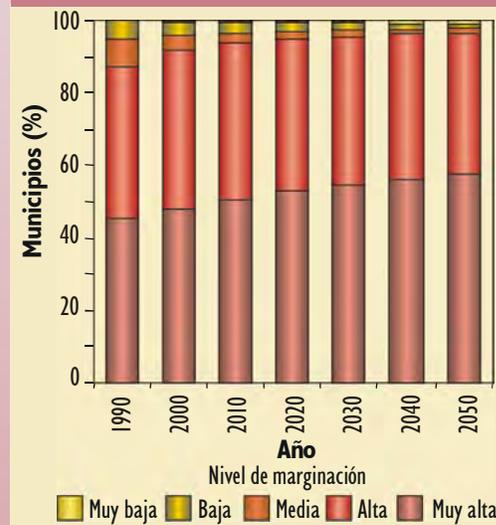
Figura a. Proyecciones de la marginación municipal a nivel nacional, 1990-2050.



última década no sugiere que el modelo sea aplicable a la realidad mexicana.

Considerando solamente a los municipios indígenas (con un porcentaje de hablantes de lengua indígena mayor al 40%), pueden observarse las mismas tendencias: en 4.97% de los municipios la marginación se redujo, mientras que en el 12.52% de ellos aumentó. Efectuando una proyección similar, el número de municipios con marginación muy alta tiende a crecer, mientras que aquellos que hoy gozan de una marginación baja o media probablemente sufran retrocesos importantes en los próximos años. De mantenerse las tendencias actuales, la situación de los pueblos indígenas sólo puede empeorar (Figura b).

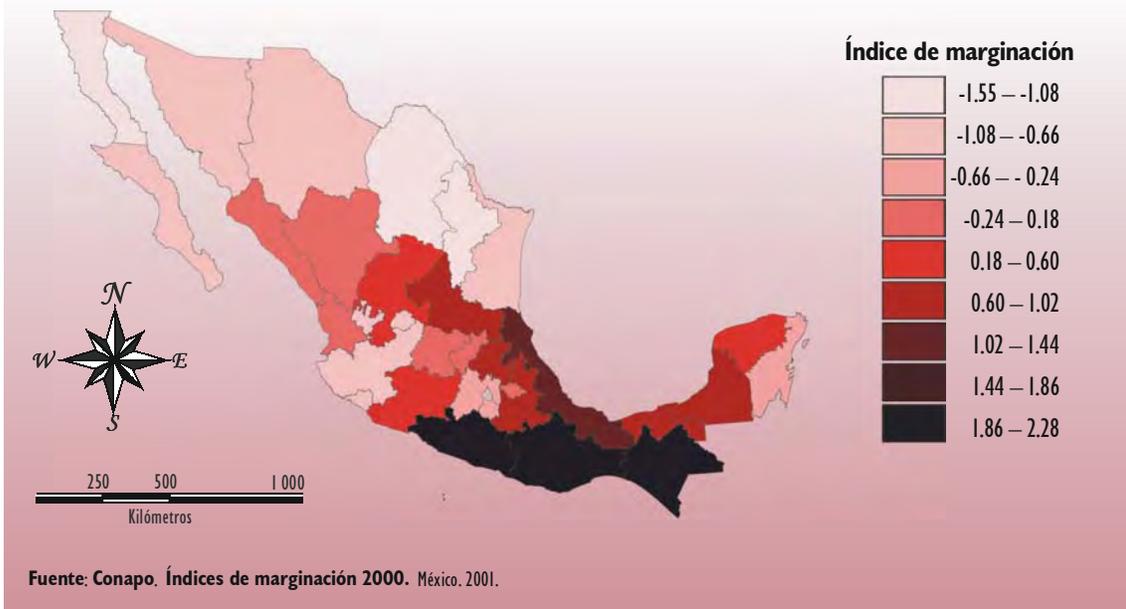
Figura b. Proyección de la marginación de los municipios indígenas en México, 1990-2050. Se consideraron sólo los municipios con 40% o más hablantes de lengua indígena.



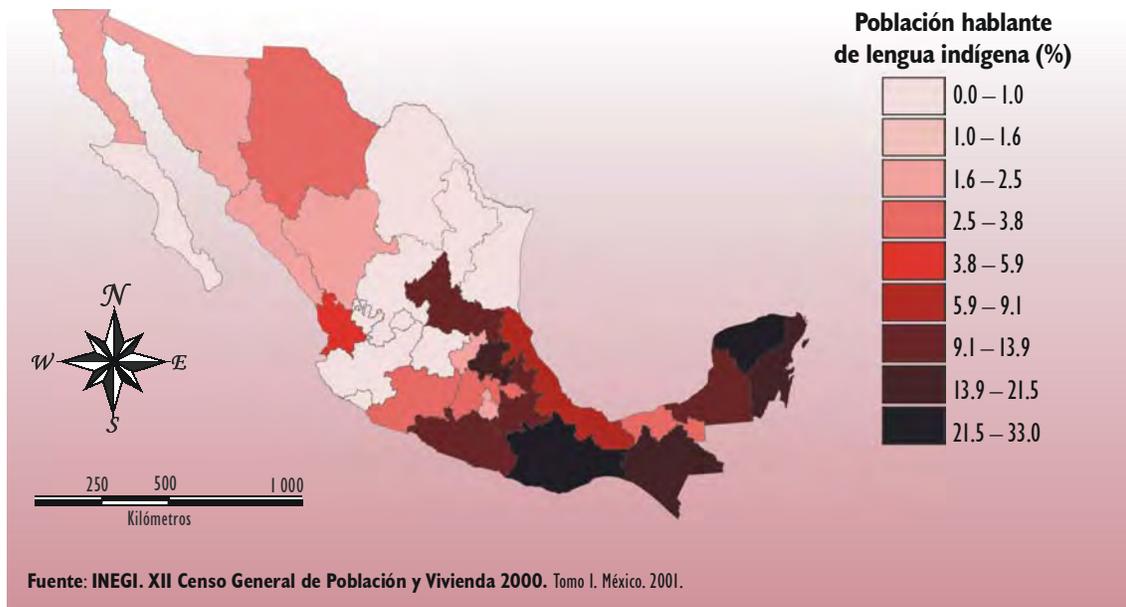
Nota: Para efectuar las proyecciones se calcularon las probabilidades de permanecer en una categoría de marginación o de transitar a alguna otra (superior o inferior). Las proyecciones suponen que estas transiciones permanecen constantes en el tiempo. El cálculo de cuántos municipios se encontrarán dentro de una clase de marginación en un momento dado se efectúa a partir de cuántos de ellos permanecerían en dicha clase desde el periodo anterior y cuántos municipios transitarían hacia dicha clase a partir de otras. Hemos mantenido constante el número de municipios. Como sólo hay una demarcación indígena con marginación muy baja, lo que es insuficiente para una estimación precisa, hubo de suponerse que la probabilidad para dicha categoría es la misma que la media para todo el país (probabilidad de permanencia: 99.24%).

Fuente: Elaboración propia con datos de: **Conapo. Índices de Marginación 2000.** México, 2001.

Mapa I.9. Índice de marginación por entidad federativa, 2000.



Mapa I.10. Población hablante de lengua indígena, 2000.



en el tamaño de la población mundial, hay aproximadamente dos hectáreas de terreno productivo per cápita, mientras que la huella ecológica por persona en 1996 era de 2.8. Esto significa que estamos explotando los recursos a una tasa

superior a la que se generan: una forma de manejo que claramente es insostenible (véase *La huella ecológica*), lo que explicaría en parte la degradación del medio ambiente global.

Figura 1.6. Ocupación de la población mexicana según nivel de indigenismo por localidad.

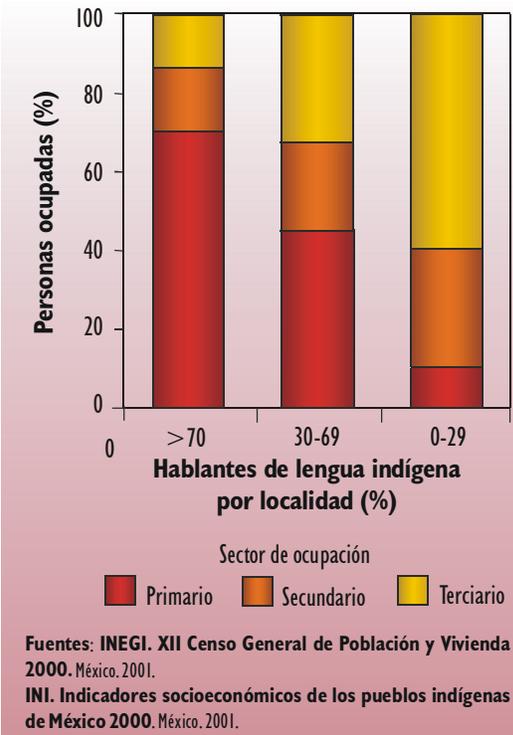
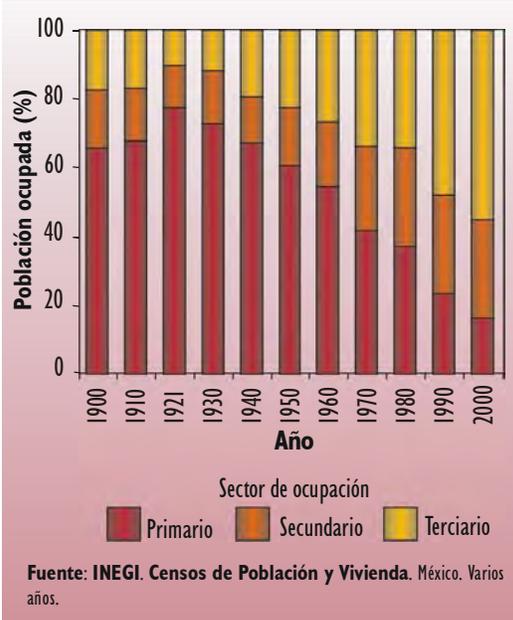


Figura 1.7. Evolución de la ocupación de la población mexicana según sector de ocupación, 1900-2000.



La huella ecológica del mexicano (2.67) también sobrepasa la capacidad biológica de nuestro territorio (1.65). Nuestro país se encuentra entre las 15 naciones que tienen mayores huellas ecológicas en el mundo. Esto se debe no tanto al impacto individual de nuestros habitantes (comparado, por ejemplo, con la huella de un estadounidense, que es de 12.25), sino a su elevado número. No se ha estudiado cómo diferentes segmentos de la población mexicana contribuyen a esta huella ecológica pero, en general, se considera que ésta es mayor para los pobladores de las grandes urbes (véase *Las huellas del desarrollo*). Localmente, los efectos más visibles de las ciudades son el cambio de uso del suelo y la generación de todo tipo de residuos contaminantes, pero existen otros que tienen una magnitud difícil de percibir. La ciudad de México se abastece de agua procedente de los estados de México, Guerrero y Michoacán, y desaloja residuos a través de las corrientes fluviales de Hidalgo y Veracruz; la electricidad que utiliza se genera en zonas tan remotas como Chiapas; consume un mayor volumen de productos generados por nuestros socios comerciales en Norteamérica, y las emisiones de gases de invernadero que generan su industria y transporte podrían contribuir al cambio climático a escala planetaria.

Como resultado de los fenómenos migratorios, la población urbana se aglomera en unas pocas ciudades que crecieron en forma explosiva durante el siglo XX. Esta concentración agrava los efectos ambientales de las metrópolis: acentúa la depredación de los recursos en las zonas circundantes, incrementa el transporte de los mismos desde sitios distantes y agudiza la contaminación local. Las recientes tendencias de migración desde los núcleos más densamente poblados hacia ciudades más pequeñas pueden resultar en la dispersión de estos problemas en el territorio, así como reducir las distancias por las que se deben transportar los insumos desde las zonas donde se producen. También pueden generar conflictos en las regiones de mayor crecimiento, cuya infraestructura está diseñada para un número menor de habitantes.

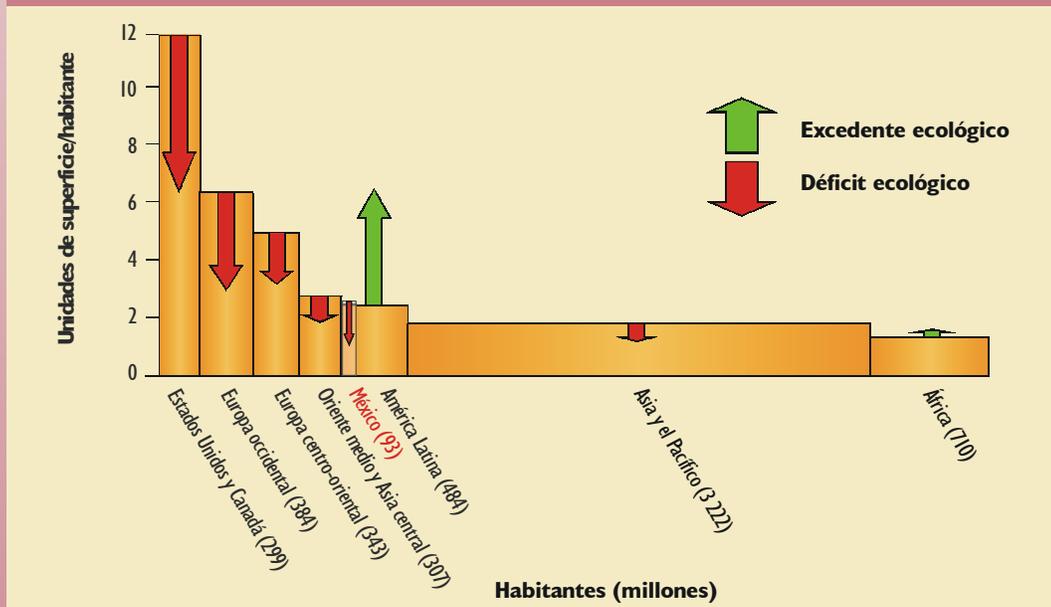
La huella ecológica

El entorno nos proporciona variados recursos y servicios. Teniendo como objetivo su uso sustentable a largo plazo, debemos considerar que para producirlos (o para brindar un servicio ambiental) se requiere de una superficie de terreno productivo. Al medir la huella ecológica se pretende estimar el tamaño del terreno necesario para satisfacer las necesidades de una nación o de un ciudadano de la misma. Los recursos que extraemos de nuestro medio son muy diversos. Es obvio que las producciones agrícola y ganadera requieren de ciertas superficies para crecer las plantas o mantener al ganado, o que el papel o la madera provienen de lotes de vegetación natural, al igual que la caza o las flores que usan las abejas para producir la miel. Menos evidente es que cuando utilizamos combustibles y liberamos bióxido de carbono a la atmósfera, éste debe ser absorbido por el mar y los ecosistemas, si hemos de evitar que se acumule en la atmósfera y contribuya al cambio climático global. Ello compromete cierta superficie de

vegetación. A todo esto debemos sumar el terreno sobre el que vivimos y nos transportamos. Además, debemos preservar una superficie específicamente para la conservación de la biodiversidad del planeta. El área total requerida para cubrir estas —y muchas otras— necesidades es la «huella ecológica».

La huella ecológica se mide en unidades de área, es decir, en hectáreas cuya productividad es la medida mundial. Para cada región se puede estimar, además, su capacidad biológica a partir de la superficie que le corresponde a cada habitante y de la productividad biológica promedio de su territorio. Un territorio árido, debido a su baja productividad, tiene una capacidad biológica menor que, por ejemplo, un bosque. Para asegurar la sustentabilidad, la huella ecológica debe ser menor o igual que la capacidad biológica; de lo contrario, los recursos se explotan a una tasa superior a la que se producen.

Figura a. La huella ecológica de la humanidad. La altura de cada barra corresponde a la huella ecológica per cápita de los habitantes por región, mientras que el ancho representa a la población local. De tal modo que el área del rectángulo es proporcional a la huella ecológica regional. La punta de las flechas indica la máxima capacidad biológicamente sostenible de las tierras en cada zona. Los números entre paréntesis se refieren a millones de habitantes en 1996.



La huella ecológica (continuación)

Los recursos que extraemos de nuestro medio son diversos y cada sociedad hace uso de ellos de manera distinta. Algunas aprovechan intensamente los productos que para otras son poco empleados. Por ello, lo correcto es expresar las dimensiones de la huella a escala nacional, o bien, con respecto a uno de sus ciudadanos.

Los dos países con mayor impacto son Estados Unidos (que requiere de más de 12 hectáreas por habitante) y China, cuyo consumo per cápita es mucho menor, pero impacta de manera similar debido al gran número de habitantes. En general, los ciudadanos de los países desarrollados tienen los requerimientos ecológicos más altos. La huella ecológica por persona en los países de la OCDE ascendía a 7.17 hectáreas, mientras que en las naciones excluidas de este organismo era de apenas 1.81. Excepto por África y Latinoamérica, en todo el mundo la superficie necesaria para mantener a la población humana está por arriba de la capacidad biológica.

En México, la huella ecológica por habitante es de 2.67 hectáreas, ligeramente por arriba del estimado para

Latinoamérica (2.46). A pesar de que esta región cuenta en conjunto con el excedente ecológico más grande del mundo, nuestro país (debido en gran parte a la aridez de más de la mitad del territorio y a la elevada población) cuenta con un déficit ambiental importante. Añadiendo una superficie del 12% para la conservación de la biodiversidad, según la recomendación de «*Nuestro futuro común*», la huella ecológica del mexicano asciende a 3.04, mientras que la capacidad biológica de nuestro territorio es de tan sólo 1.65. Esto significa que para lograr un manejo sustentable de nuestro territorio debemos reducir nuestro impacto per cápita o bien, reducir nuestra población a cerca de la mitad de su tamaño actual. Respecto a los demás países de la OCDE, nuestra huella ecológica es la más pequeña por habitante, pero la octava más grande a escala nacional.

Fuente: Wackernagel, M., A. C. Linares, D. Deumling, M. A. V. Sánchez, Y. S. L. Falfan y J. Loh. *Ecological footprints and ecological capacities of 152 nations: the 1996 update*. Redefining Progress. San Francisco, USA. 2000.

Las huellas del desarrollo

Existe una fuerte correlación entre el desarrollo humano y la huella ecológica. A mayor IDH, mayor es también el impacto sobre el ambiente. En un análisis para cinco regiones en vías de desarrollo se encontró que en cuatro de los casos el desarrollo humano aumentó a costa del deterioro ambiental. La única excepción fue China, donde el IDH descendió mientras la base de recursos naturales registró un aumento.

Los habitantes de las ciudades mexicanas disfrutaron de un mayor desarrollo humano que aquellos de las zonas rurales. Consumen también una mayor cantidad de recursos que proceden de extensas zonas, lo que permite suponer que tienen huellas ecológicas mayores que las de sus coterráneos de zonas rurales. Considerando que nos encontramos ante una situación de déficit ecológico,

y que la población urbana está creciendo en forma acelerada, es probable que las tasas de deterioro ambiental estén acelerándose.

Bajo el actual modelo de desarrollo, el mejoramiento de las condiciones de vida implica la intensificación de una forma de manejo de los recursos que ya es insostenible. Esto señala la importancia de modificar las estrategias para incrementar el desarrollo humano y económico de la nación sin deteriorar su ambiente.

Fuentes: Dasgupta, P. Midiendo la insostenibilidad. *Nuestro planeta* 13: 21-23. 2002.

Páez, A. Desarrollo humano, huella ecológica y exclusión: el regreso de la agricultura. *Mad* (Universidad de Chile) 3: 1-200. 2000.

La población rural mantiene relaciones muy diferentes con su medio ambiente. En el campo las actividades productivas tienen distintas modalidades que afectan al entorno en forma característica. La agricultura y la ganadería tecnificadas que se practican primordialmente en el norte y centro de nuestro país, así como la explotación forestal en gran escala, se caracterizan por la remoción total de la cubierta vegetal natural y están orientadas a la economía de mercado. Por el contrario, un sector importante de la población lleva

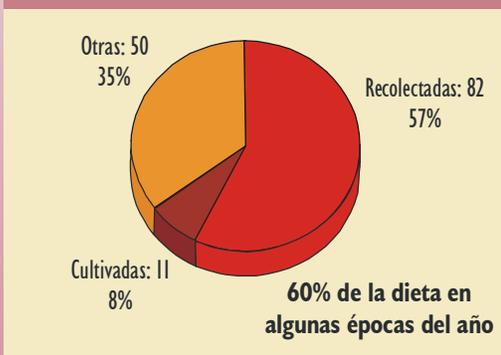
a cabo actividades más bien dirigidas al autoconsumo y sus prácticas productivas a veces implican una menor alteración del medio ambiente en el corto plazo. Este grupo campesino cuenta con un muy importante componente indígena.

Los diferentes grupos indígenas destacan entre los protagonistas del medio ambiente en México. Su modo de vida depende íntimamente de los recursos naturales, ya que en su mayoría son campesinos o ganaderos en pequeña escala

Uso indígena del medio ambiente

Muchos grupos indígenas hacen un uso muy diverso de su entorno para satisfacer sus necesidades. Dentro de la multitud de bienes que obtienen del entorno se encuentran los alimentos. En un estudio de caso en la comunidad de Alcozauca, Guerrero, se encontró que en algunas épocas del año la dieta campesina se compone hasta en un 60% de plantas y animales silvestres. En términos de diversidad, el número de especies que deben recolectarse del monte, o que crecen espontáneamente en zonas afectadas por las actividades humanas, es mucho mayor que el número de plantas cultivadas (Figura a).

Figura a. Número de especies comestibles utilizadas en Alcozauca, Guerrero, según su forma de obtención.



Los recursos silvestres aseguran la subsistencia durante una parte importante del año, en la cual la producción de la milpa empieza a agotarse. Esto por lo general ocurre entre junio y septiembre (Figura b).

De este modo, la producción indígena hace un uso integral de los recursos naturales a lo largo del año. La degradación del medio ambiente, con la consecuente escasez de los productos silvestres, pondría en riesgo la viabilidad de este modelo de producción. Debe recordarse que la naturaleza provee muchos otros bienes además del alimento. En Alcozauca se utilizan más de 422 especies diferentes de plantas: 136 son medicinales, 120 forrajeras, 49 maderables, 51 para leña y otras tantas, más de 100, para diversos usos (p.e. resinas, tintes, venenos y fibras).

Figura b. Disponibilidad de diferentes alimentos según la época del año en Alcozauca, Guerrero. El grosor de la barra es mayor cuando el alimento está disponible en gran cantidad.



Nota: Los productos marcados con asteriscos son silvestres en su mayoría.

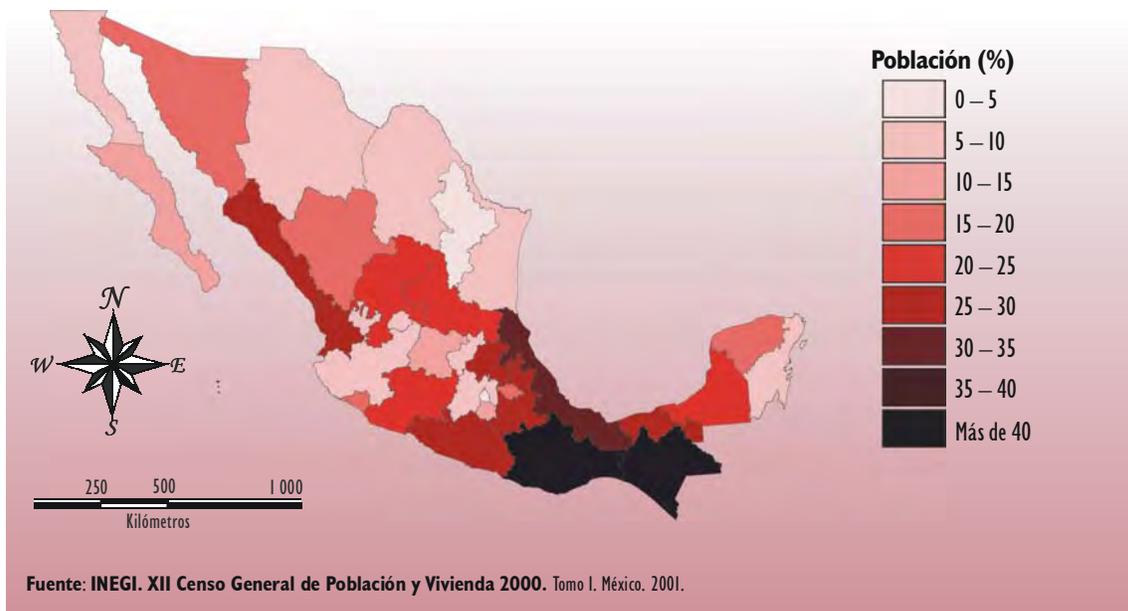
Fuente: Viveros, J.L., A. Casas y J. Caballero. Las plantas y la alimentación entre los mixtecos de Guerrero. En: Leff, E. y J. Carabias (eds.). *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*. CIH-UNAM-Porrúa. México. 625-670. 1993.

(Figura I.6). Aún más, su economía está ligada a la naturaleza para la obtención de otros bienes, tales como alimentos, vivienda, medicamentos y productos de intercambio (véase **Uso indígena del medio ambiente**). Bajo estas condiciones, la supervivencia de los indígenas, así como la continuidad de su cultura, dependen absolutamente de la preservación de los recursos naturales.

Esta situación cobra especial relevancia cuando se toma en cuenta que una parte muy importante de la biodiversidad nacional se concentra en regiones indígenas. Éstas se localizan sobre todo en los trópicos, que son las regiones más biodiversas (Mapa I.10). Dos de cada cinco áreas naturales protegidas se encuentran en municipios con una población indígena estimada de 30% o más. Casi la tercera parte de las regiones terrestres prioritarias para la conservación reconocidas por la Conabio se localizan en regiones con una importante población autóctona (INI-PNUD, 2000). En regiones indígenas se han registrado 103 especies de aves endémicas, así como 620 de las 925 especies de animales protegidas por la NOM-059-ECOL-1994. Se estima que más de la mitad de las especies biológicas endémicas en nuestro país habitan en territorios cuya población es mayoritariamente indígena.

Cerca del 60% de la superficie arbolada que se preserva en México también se encuentra en municipios de población autóctona (Poder Ejecutivo Federal, 2001). Ante este patrón, se ha concluido que el indígena juega un papel favorable, o cuando menos no destructivo, en el medio ambiente. Si bien hay evidencia más o menos fundamentada que apunta en este sentido, en algunos casos también existen hechos que muestran lo contrario (véase **Prácticas indígenas y medio ambiente**). Existen numerosos casos en los que la introducción de elementos tecnológicos ajenos, como el uso de fertilizantes, ha alterado negativamente las prácticas indígenas de producción; aunque también se conocen situaciones donde el efecto ambiental ha sido positivo (véase **El cambio de las tecnologías tradicionales**). Los indígenas, y en general las comunidades rurales, aún se encuentran en fases incipientes del cambio demográfico (Figura I.8). Si bien la propensión de la población campesina es a crecer, la migración tiende a compensar la mayor natalidad. Existen regiones en las cuales la población indígena ha aumentado —como en Yucatán, donde casi no hay emigración— o se ha reducido —como en la Mixteca, donde la migración es muy grande—. El cambio en el número de

Mapa I.II. Población ocupada en el sector primario, 2000.



Prácticas indígenas y medio ambiente

Los grupos indígenas a menudo habitan en zonas con elevada biodiversidad. Esto ha motivado variadas interpretaciones. Algunas de ellas se basan en observaciones sólidas, otras parten de posiciones ideológicas. Son sólo modelos y no necesariamente se aplican a cualquier situación:

1. *Regiones de refugio.* Ante la colonización europea, algunos pueblos indígenas se desplazaron hacia regiones remotas. Los lacandones, procedentes de Campeche, optaron por refugiarse en la selva chiapaneca tras un breve contacto con los españoles en el siglo XVI. Otros grupos resistieron en territorios inhóspitos, como las selvas del sureste de la República, la Sierra Gorda de Querétaro o la Sierra Tarahumara. Tanto las serranías como las selvas tropicales son ecosistemas naturalmente pródigos en diversidad biológica.

2. *Enriquecimiento de la biodiversidad.* Los indígenas promueven la diversidad biológica a través de dos vías, principalmente: a) México es uno de los centros más importantes de origen de plantas cultivadas en el mundo. Se estima que nuestros antepasados participaron en la domesticación de cerca de 80 especies, mientras que la selección de germoplasma sigue su curso en nuestros días. b) La producción indígena se basa en el aprovechamiento diversificado del ecosistema. El paisaje resultante de las actividades tradicionales es sumamente heterogéneo y brinda espacio para un elevado número de especies en terrenos bajo diferentes usos o estadios sucesionales.

3. *Protección de la biodiversidad existente.* Se ha señalado que en los pueblos indios existen fuertes instituciones culturales que protegen a la naturaleza. Entre ellas se cuenta la regulación comunitaria o la creencia en entidades sobrenaturales y lugares sagrados.

Algunas comunidades indígenas han promovido el establecimiento de reservas biológicas, como Wirikuta, en San Luis Potosí, e Isla Tiburón, Quitovak y Los Pinacates en Sonora.

4. *Manejo sustentable.* Se conocen sistemas tradicionales que se han mantenido productivos durante siglos, como es el caso de las chinampas. Algunas prácticas indígenas tienen un impacto mucho menor en el medio ambiente que sus contrapartes tecnificadas. Por ejemplo, los cafetales rústicos que diferentes etnias mantienen en el sur y sureste del país se basan en la preservación de una cubierta de árboles nativos y cultivados. Estos sistemas sirven como refugio a una elevada diversidad de artrópodos, aves, pequeños mamíferos y otros vertebrados. Al mantener la cubierta vegetal se preservan muchos de los procesos ecosistémicos responsables de mantener los suelos, la fertilidad, la humedad, etc. La mayoría de las prácticas agrícolas tecnificadas dependen de la remoción total de la vegetación nativa. La consecuente desaparición de los procesos ecosistémicos naturales hace necesaria la sustitución de los mismos por insumos tales como fertilizantes o herbicidas que a la larga tienen efectos negativos.

No obstante, existen datos que sugieren que ésta no es necesariamente la situación en todos los casos. Las prácticas indígenas usadas hoy día pudieron haber causado verdaderas catástrofes ambientales en tiempos prehispánicos, como se ha sugerido que ocurrió en el área maya o en la Mixteca oaxaqueña. Otras prácticas tradicionales, como la agricultura de roza, tumba y quema no se han adaptado a la realidad moderna, provocando un severo deterioro ambiental en los trópicos del país (véase el capítulo 2).

El cambio de las tecnologías tradicionales

Los sistemas productivos indígenas son frecuentemente modificados para incorporar elementos tecnológicos modernos. Por ejemplo, los campesinos introducen fertilizantes químicos, insecticidas o semillas mejoradas dentro de sus milpas. Frecuentemente estas prácticas han tenido efectos negativos al desestabilizar las técnicas tradicionales, pero también han resultado provechosas en varios sistemas. Veamos ejemplos de ambas situaciones:

En Michoacán se practica tradicionalmente el sistema agrícola de «*año y vez*», en el cual se cultiva la tierra un año y se deja descansar otro a fin de que recupere su fertilidad. Esta técnica se ha reemplazado por la de «*año con año*», que sustituye el año de descanso por el uso de fertilizantes químicos. Debido a las propiedades fisicoquímicas de los suelos de la meseta tarasca, el empleo de fertilizantes inmoviliza los nutrientes naturales del suelo y los deja inaccesibles para las plantas. Como resultado, los rendimientos se han abatido. Desde un punto de vista económico, la pobreza rural se agrava, no sólo por la escasa producción, sino por el gasto efectuado en la compra de fertilizantes (Carabias *et al.*, 1993).

La extracción de leña es una de las actividades a las que más tiempo dedican las comunidades indígenas. Su impacto es considerable en el ambiente, siendo responsable de aproximadamente el 7% de la degradación de los suelos en el mundo. La introducción de electricidad y gas ha proporcionado fuentes alternas de energía. En la reserva del oso panda, en China, la política de conservación ha impedido la instalación de líneas de luz o caminos para surtir energía a las comunidades rurales, mientras que la población fuera de reserva sí cuenta con dichos servicios. Como resultado, la tasa de deforestación es más alta dentro que fuera de la reserva (Liu *et al.*, 2000).

Fuentes: Carabias, J., E. Provencio y C. Toledo. Cultura tradicional y aprovechamiento integral de recursos naturales en tres regiones de México. En: Leff, E. y J. Carabias (eds.). *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*. CIH-UNAM-Porrúa. México. 741-773. 1993.

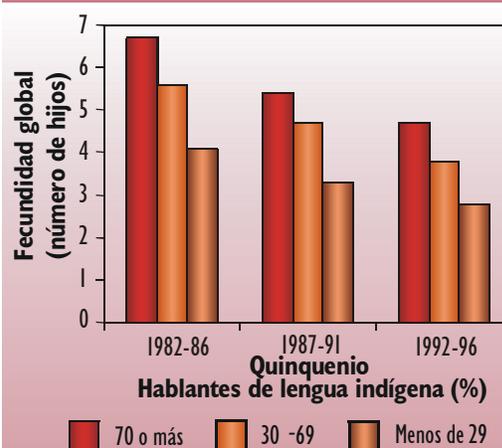
Liu, J., M. Linderman, Z. Ouyang, L. An, J. Yang y H. Zhang. Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science* 292: 98-101. 2000.

habitantes, tanto si éste se incrementa como si descende, altera las relaciones entre el hombre y su medio, y en ambos casos puede resultar en la degradación ambiental (véase **Creecer o migrar: ¿y la naturaleza?**).

La pobreza rural no sólo determina los cambios demográficos. Un modelo que ha recibido mucha difusión propone que la pobreza y la degradación ambiental interactúan acelerándose mutuamente. El deterioro del entorno reduce la disponibilidad de los insumos silvestres necesarios para la subsistencia, por lo que es necesario intensificar las actividades productivas. El resultado es una degradación ambiental cada vez mayor, con lo que se establece un círculo vicioso (Figura 1.9). De ahí que en numerosos foros se haya destacado la importancia del combate a la pobreza dentro del marco de la conservación del medio ambiente. Algunos de los programas gubernamentales de combate a la pobreza comienzan a incorporar el tema del medio ambiente dentro de sus estrategias (Recuadro 1.5.6).

El modelo del círculo vicioso sin duda se aplica en algunos casos, sin embargo estudios recientes han encontrado que se trata de una situación relativamente poco común. La intensificación de la producción a menudo tiene lugar más en el ámbito económico que en el ecológico. Ante la

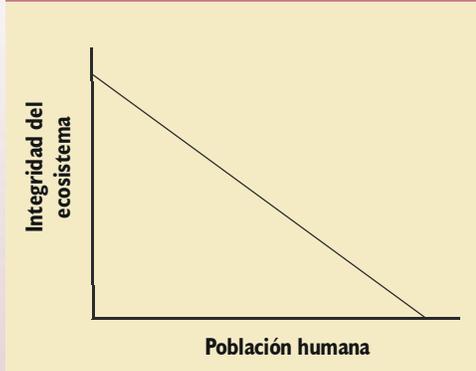
Figura 1.8. Evolución de la fecundidad global según grado de indigenismo por municipio en México.



Fuente: Conapo. Comportamiento reproductivo de la población indígena. México. 2001.

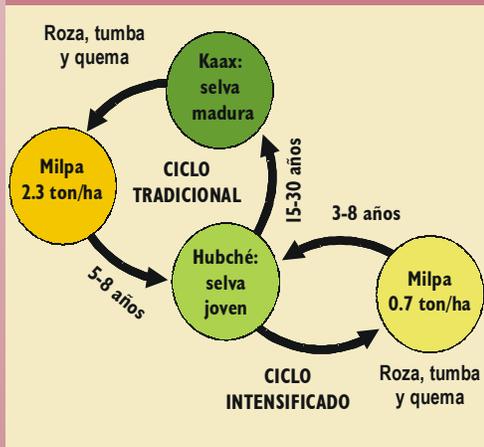
Crecer o migrar: ¿y la naturaleza?

Figura a. Modelo simple de relación población-integridad. El ecosistema se deteriora al crecer la población.



Parece evidente que al crecer la población la tasa de extracción de recursos naturales del medio debe incrementarse también. Generalmente se considera que una mayor población tendrá más efectos negativos sobre el ambiente (Figura a). Sin embargo, bajo ciertas condiciones el resultado puede ser distinto, e inclusive resultar en la destrucción del medio bajo escenarios de despoblamiento. En nuestro país se observan ambos procesos:

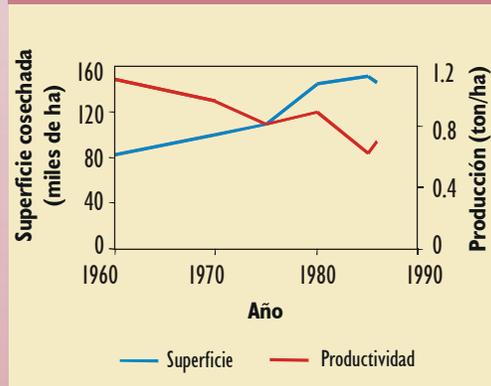
Figura b. Los ciclos de roza, tumba y quema en Yucatán. Los círculos muestran las diferentes etapas de la vegetación y el uso del suelo, así como sus rendimientos productivos.



I. La agricultura de roza, tumba y quema en Yucatán

Los suelos de las selvas yucatecas pierden rápidamente su fertilidad cuando se les cultiva. Por ello, tras dos o tres años de uso son abandonados. Entonces, la vegetación silvestre crece dando origen a una selva joven, llamada *hubché*. Cuando la cubierta vegetal alcanza su máximo desarrollo (*kaax*) la fertilidad del suelo se ha recuperado y es posible volver a cultivarlo. Conforme la población campesina ha crecido, no ha sido posible dejar descansar los terrenos el tiempo suficiente, por lo que ahora las milpas se establecen en *hubchés* que no son completamente fértiles (Figura b).

Figura c. Superficie cosechada y productividad agrícola en Yucatán, 1960-1986.



La producción de una milpa establecida en un *kaax* es de 2.3 toneladas por hectárea. Como resultado del acortamiento en los ciclos de descanso, esta cifra decayó estrepitosamente hacia mediados de los ochenta a menos de una tercera parte (Figura c). A su vez, esto obligó a los productores a incrementar aún más la superficie total cultivada. El resultado ambiental ha sido la degradación de las tierras, la ampliación de la superficie agrícola y el reemplazo de la selva madura y sus especies por vegetación secundaria.

Crecer o migrar: ¿y la naturaleza? (continuación)

II. Los ciclos de erosión en Oaxaca:

Las serranías oaxaqueñas son susceptibles a la erosión. Para prevenirla, en tiempos prehispánicos se establecieron sistemas muy extensos de terrazas que requirieron de grandes cantidades de mano de obra. En otros casos, el maíz se cultivaba mediante la técnica del *cajete*, consistente en plantar la semilla en un hoyo muy profundo para explotar la humedad del subsuelo. Se requieren de 10 a 15 personas trabajando a un ritmo extenuante para sembrar una hectárea de cultivo.

Cuando la población de la zona se redujo, como sucedió tras las epidemias coloniales o en tiempos recientes debido a la migración, ambas prácticas se abandonaron por la escasez de mano de obra. Actualmente se les reemplaza por tractores mecánicos en muchas comunidades. A diferencia de la explotación tradicional, el suelo arado queda flojo y en declive, lo que da lugar a la erosión del suelo. Muchas serranías oaxaqueñas sufren de nueva cuenta un fuerte deterioro como resultado del descenso en la densidad poblacional (García Barrios y García Barrios, 1990).

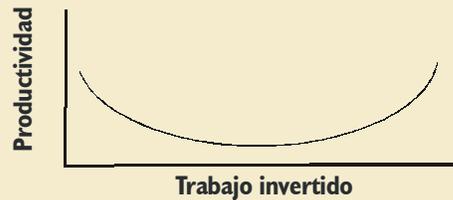
En Yucatán y Oaxaca los efectos del cambio demográfico tienen características distintas: en el primer caso el deterioro sobreviene cuando la población crece, y en el otro, cuando disminuye su tamaño. Para explicar estas diferencias se ha propuesto que la productividad de los sistemas depende de la intensidad con la que se les maneje. Un sistema poco explotado conserva su productividad intacta, puesto que los procesos naturales apenas se han modificado. Si se incrementa la intensidad del manejo, se desencadenan los procesos de degradación ambiental. Como respuesta, las sociedades invierten aún más trabajo en el sitio, construyendo terrazas u otras obras que ayudan a detener la degradación. De esta forma, la producción se recupera (Figura d).

Fuentes: Duch, G. J. *Condicionamiento ambiental y modernización de la milpa en el estado de Yucatán*. 1992.

García Barrios, R. y L. García Barrios. Environmental and technological degradation in peasant agriculture: a consequence of development in Mexico. *World Development* 18: 1569-1585. 1990.

Templeton, S. R. y S. J. Scherr. Effects of demographic and related microeconomic change in land quality in hills and mountains in developing countries. *World Development* 27: 903-918. 1999.

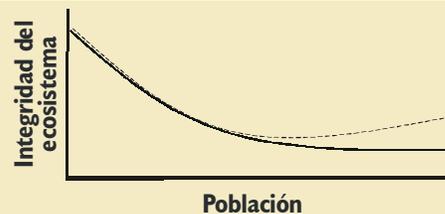
Figura d. Modelo de inversión en conservación. En los sistemas con gran inversión de trabajo, la productividad se recupera al frenarse la degradación ambiental.



Esto se relaciona con el número de habitantes en una zona, puesto que sólo es posible emprender obras de conservación del ecosistema a gran escala si hay suficiente mano de obra. Cuando la población es numerosa, este sistema es factible, puesto que hay una mayor fuerza de trabajo y/o es más barata (Templeton y Scherr, 1999).

Al frenarse los procesos de erosión, la degradación ambiental también se desacelera, logrando que el ambiente en algunos aspectos se recupere (Figura e). Los dos modelos coinciden en que durante las primeras etapas del crecimiento poblacional, cuando el número de habitantes es aún bajo, las consecuencias del incremento serán adversas al ambiente. Un tercer modelo (disturbio crónico) describe un escenario totalmente diferente (véase *Disturbio natural, agudo y crónico*).

Figura e. Modelo de inversión de trabajo en la relación población-integridad. Cuando la población es grande es posible invertir trabajo en la preservación del ambiente. En tal caso se frena la degradación (línea continua) o incluso se revierte (línea punteada).



incapacidad de producir más, el campesino acude al mercado para satisfacer sus necesidades. El papel de las políticas sociales y económicas en la degradación o conservación del medio ambiente es crítico dentro de este modelo. Abundan ejemplos en los cuales las políticas sociales o económicas determinan muy fuertemente la degradación o conservación del medio ambiente (véase **Precios y medio ambiente: los cafecultores chiapanecos** en el capítulo 2).



La producción agropecuaria en gran escala, destinada al mercado, tiene otros efectos sobre el medio ambiente. El más evidente es la remoción total de la cobertura vegetal natural. Grandes extensiones de territorio —principalmente hacia el centro del país— han sido explotadas de esta manera desde hace siglos. En estas zonas se han implementado con mayor éxito los avances que la revolución verde y la mecanización trajeron consigo¹. En muchos casos se trata de actividades agropecuarias que requieren muchos insumos, tales como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, semillas mejoradas y riego. La productividad es más alta que en los sistemas tradicionales y sobre estas zonas descansa, en gran medida, la alimentación de la creciente población urbana. Sin embargo, los impactos que estas actividades tienen en el

largo plazo amenazan la sustentabilidad de las mismas. El uso de sustancias agroquímicas puede contaminar los mantos freáticos o el suelo (véase el capítulo 3), mientras que en las zonas secas se sobreexplotan las aguas subterráneas para emplearlas en el riego (véase el capítulo 4).

La apertura de sitios para el desarrollo de estas actividades agropecuarias especializadas ha tenido efectos muy graves sobre la conservación. Tal es el caso de los bosques tropicales perennifolios de México, que sufrieron la destrucción masiva de miles de kilómetros cuadrados por la siembra de pastos forrajeros. La mayor parte de los 67 mil kilómetros cuadrados de «potreros» de Veracruz, Tabasco y Chiapas procede de bosques tropicales. La situación es particularmente crítica, pues se trata de la devastación de uno de los ecosistemas más diversos del mundo.

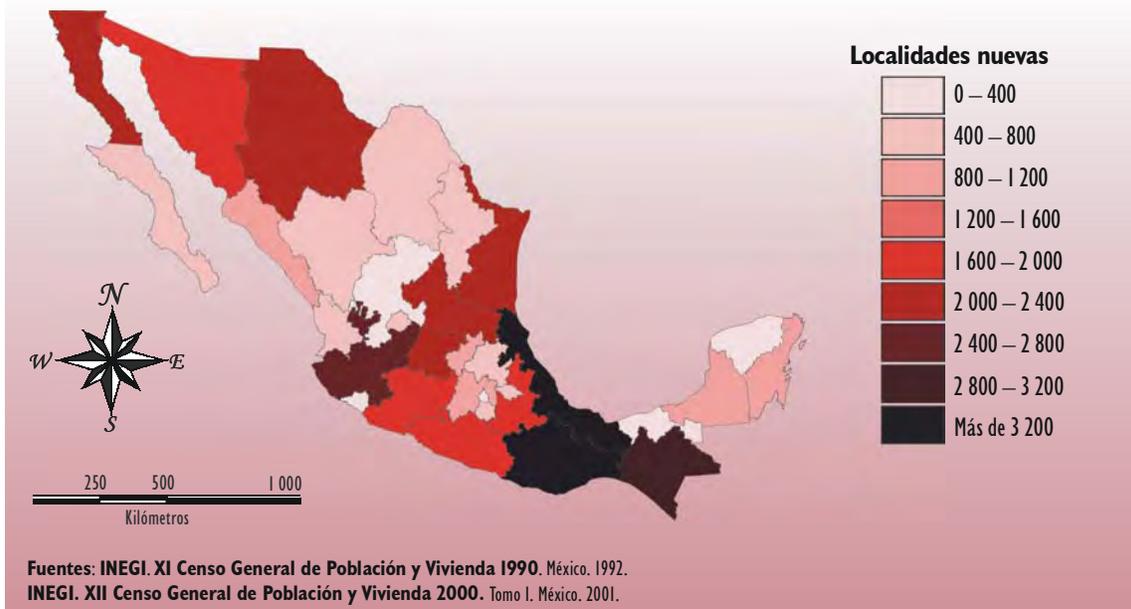
Mientras la tendencia hacia la urbanización prosiga, la producción agropecuaria especializada continuará creciendo para abastecer la demanda ciudadana. La reestructuración del sistema de ciudades, debida a la migración interna, seguramente modificará las pautas actuales de producción en el campo.

La extracción de maderas ha seguido una trayectoria semejante a la agropecuaria. Hemos transitado de la extracción campesina en pequeña escala a la comercial, que modifica totalmente la cobertura vegetal. La remoción de ésta es capaz de alterar el microclima, al grado que la regeneración es sumamente difícil. Esto se ha encontrado especialmente en algunos ecosistemas selváticos (Shukla *et al.*, 1990).

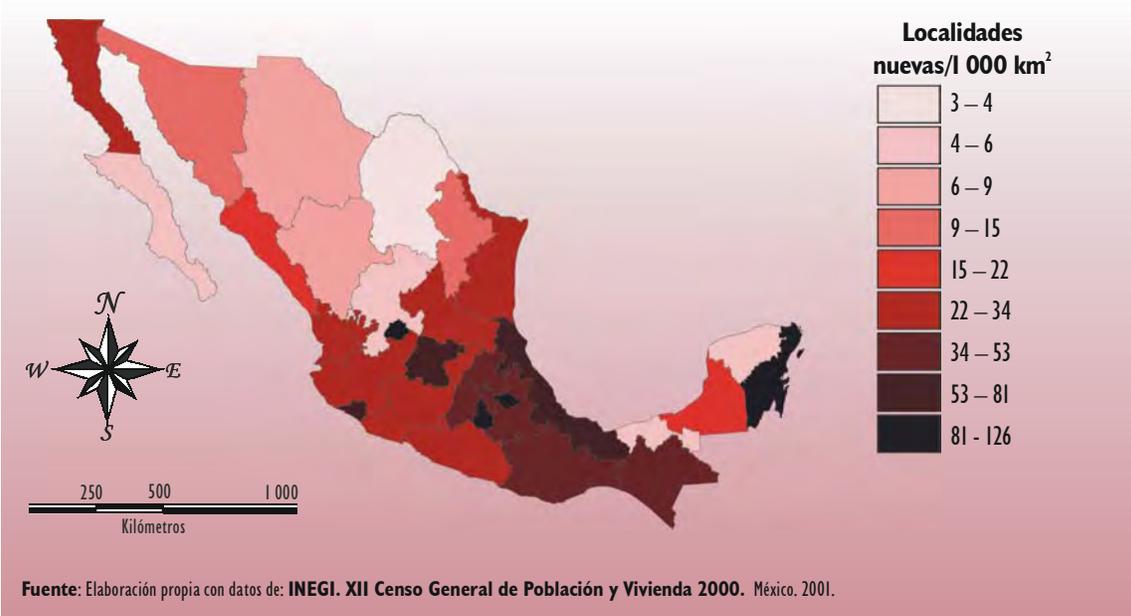
Al comparar las diferentes formas de producción en el campo se distinguen tanto las intervenciones humanas muy intensas, aunque de breve duración, como aquellas de bajo impacto, pero por periodos muy largos. Así, por ejemplo, la extracción comercial de maderas en gran escala corresponde al primer tipo, o disturbio agudo, mientras que el manejo indígena cae dentro del segundo grupo, o disturbio crónico. Este último tipo de perturbación *hormiga* puede provocar alteraciones igualmente graves en el ecosistema e, incluso, resultar más difícil de revertir que el disturbio agudo (véase

¹ Gracias a las cuales se logró duplicar la producción mundial de alimentos entre 1961 y 1996, con sólo un incremento de un 10% en la tierra cultivable.

Mapa I.I2. Localidades nuevas por entidad federativa, 1990–2000.



Mapa I.I3. Densidad de localidades nuevas por entidad federativa, 1990–2000.



Disturbio natural, agudo y crónico). Es posible que en las últimas décadas, este tipo de perturbación haya generado un grave deterioro ambiental en el medio rural marginado.

Uno de los fenómenos demográficos que más afectan a la naturaleza en las zonas rurales es el desplazamiento de la población hacia zonas previamente deshabitadas. Esto implica un crecimiento poblacional en áreas de baja densidad demográfica, lo que se espera tenga efectos negativos bajo

Disturbio natural, agudo y crónico

Los sistemas naturales se mantienen gracias a elementos externos que los perturban con mayor o menor frecuencia. En la naturaleza, agentes como los huracanes, las crecidas de ríos o los incendios espontáneos alteran los ecosistemas. Los organismos que viven en estos lugares están adaptados para colonizar los sitios perturbados y regenerar el sistema a su estado original. Por el contrario, la perturbación humana puede generar condiciones donde la regeneración puede ser más difícil.

Dentro de la perturbación causada por el hombre se pueden distinguir dos tipos: la aguda, caracterizada por la modificación radical del paisaje y típica de los países del primer mundo y de los sistemas tecnificados; y la crónica, en la cual la cubierta vegetal se altera mínimamente por la extracción de pequeñas cantidades de recursos. En el caso de esta última, su impacto en el corto plazo es mínimo. Ésta es la forma en la que muchos grupos tradicionales administran su ambiente (Figura a).

Las consecuencias ambientales del disturbio agudo son evidentes de inmediato: suelos desnudos, ciclos ecosistémicos alterados, erosión y contaminación, entre otros. Los efectos del disturbio crónico son a menudo imperceptibles. Durante largos periodos, el ecosistema no muestra signos de degradación. Incluso, si se incrementa ligeramente la intensidad del uso, los efectos ambientales son mínimos. Sin embargo, los impactos son acumulativos y pueden empujar al ecosistema a cruzar un umbral tras el cual la degradación ambiental se dispara. Esto ocurre si se presiona al sistema el tiempo

Figura b. Deterioro ambiental según el modelo de disturbio crónico.

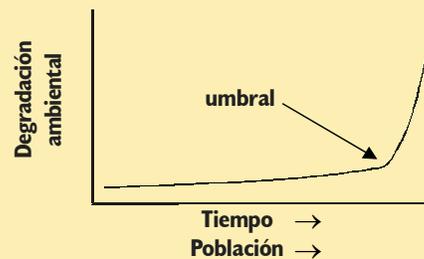
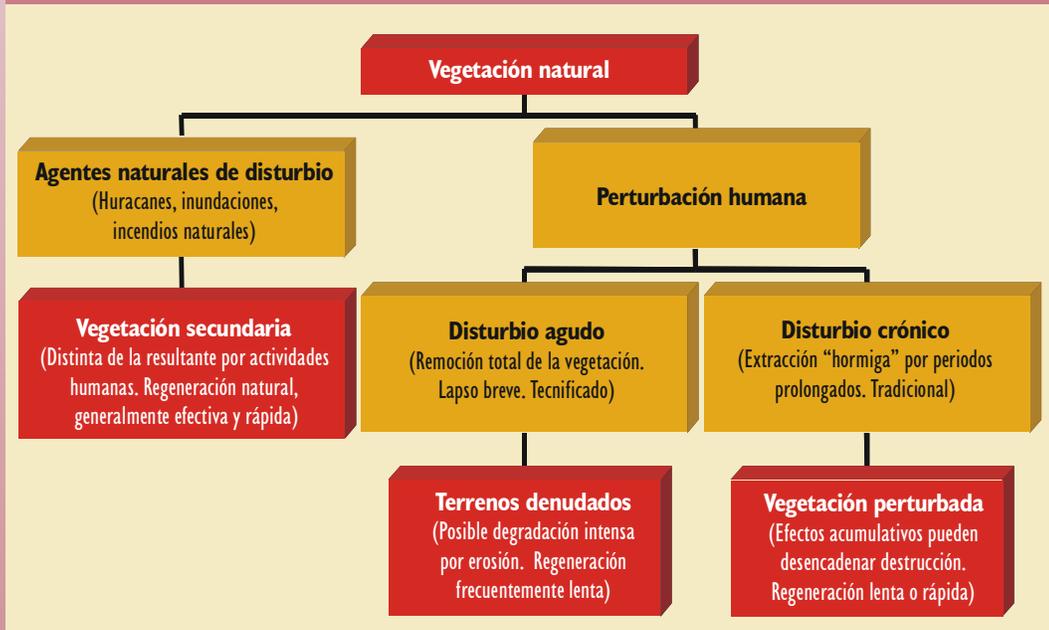


Figura a. Clasificación de las formas de disturbio. En amarillo se muestran los diferentes procesos de perturbación y en rojo sus resultados.



Disturbio natural, agudo y crónico (continuación)

suficiente o si se incrementa, a veces mínimamente, la intensidad con la que se usan los recursos naturales (Figura b, Singh, 1998).

Una vez rebasado el umbral, se desencadena un ciclo acelerado de deterioro ambiental, cuyos efectos pueden ser más difíciles de revertir que los causados por el disturbio agudo. El crecimiento de la población, con la necesaria intensificación de los procesos productivos, puede desatar el cambio ecológico. El modelo de disturbio crónico también puede explicar la aceleración del deterioro en el ciclo pobreza - degradación ambiental (Figura 1.9)

algunos escenarios (Recuadro 1.2.3). Además, generalmente se trata de tierras que han permanecido despobladas debido a que son marginales, esto es, inadecuadas para las actividades humanas dada su fragilidad (por ejemplo, terrenos muy inclinados, pantanosos o áridos). Entre 1990 y 2000 se establecieron más de 42 000 nuevas localidades en el país. Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Jalisco fueron los estados con mayor crecimiento en número de localidades, mientras que la máxima densidad de nuevas localidades se registró en Morelos, Distrito Federal, Tlaxcala, Aguascalientes y Quintana Roo (Mapas 1.12 y 1.13).

No sólo la población humana afecta al medio ambiente, también ocurre lo opuesto. Un entorno ambiental degradado es improductivo, lo que puede resultar en desnutrición. La contaminación daña a la salud humana. Se calcula que cada año hay de 2 000 a 4 000 muertes en las ciudades como resultado de la contaminación y se reportan unos 6 000 casos anuales de campesinos intoxicados por el uso de plaguicidas. Los efectos nocivos de algunos elementos ambientales sobre la salud humana se engloban dentro del área conocida como «salud ambiental» (Recuadro 1.2.3).

El tema de la salud ambiental aún no se comprende en su debida forma, por lo tanto, las acciones que se llevan a cabo para mejorar la salud de la población son todavía

incipientes (Recuadro 1.2.3). Sin embargo, se han dado ya los primeros pasos para desarrollar una política nacional de salud ambiental (Recuadro 1.2.3).

Referencias

- Carabias, J., E. Provencio y C. Toledo. Cultura tradicional y aprovechamiento integral de recursos naturales en tres regiones de México. En: Leff, E. y J. Carabias (eds.). *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*. CIIH-UNAM-Porrúa. México. 741-773. 1993.
- Conapo. *La población de México en el nuevo siglo*. México. 2001a.
- Conapo. *Índices de desarrollo humano*. México. 2001b.
- Conapo. *Índices de Marginación 2000*. México. 2001c.
- Dasgupta, P. Midiendo la insostenibilidad. *Nuestro planeta* 13: 21-23. 2002.
- División de Naciones Unidas para la Población. *World population prospects 2000*. ONU. Nueva York. 2000.
- Duch, G. J. *Condicionamiento ambiental y modernización de la milpa en el estado de Yucatán*. 1992.
- García Barrios R. y L. García Barrios. Environmental and technological degradation in peasant agriculture: a consequence of development in Mexico. *World development* 18: 1569-1585. 1990.
- INEGI. *Indicadores sociodemográficos de México (1930-2000)*. México. 2001.
- INI-PNUD. *Estado de desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de México*. PNUD. México. 2000.
- Liu, J., M. Linderman, Z. Ouyang, L. An, J. Yang y H. Zhang. Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science* 29: 98-101. 2000.

- Páez, A. Desarrollo humano, huella ecológica y exclusión: el regreso de la agricultura. *Mad* (Universidad de Chile) 3: 1-20. 2000.
- PNUD. *Human development report 2002*. Nueva York. 2002.
- Poder Ejecutivo Federal. *Programa Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas 2001-2006*. México. 2001.
- Sedesol. Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Federación* 488(10): 2-60. 1994.
- Shukla J., C. Nobre y L. Sellers. Amazon deforestation and climate change. *Science* 247: 1322-1325. 1990.
- Singh, S. P. Chronic disturbance: A principal cause of environmental degradation in developing countries. *Environmental Conservation* 25: 1-2. 1998.
- Templeton, S. R. y S. J. Scherr. Effects of demographic and related microeconomic change in land quality in hills and mountains in developing countries. *World development* 27: 903-918. 1999.
- Viveros, J. L., A. Casas, y J. Caballero. Las plantas y la alimentación entre los mixtecos de Guerrero. En: Leff, E. y J. Carabias (eds.). *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*. CIIH-UNAM-Porrúa. México. 625-670. 1993.
- Wackernagel, M., A. C. Linares, D. Deumling, M. A. V. Sánchez, Y. S. L. Falfan y J. Loh. *Ecological footprints and ecological capacities of 152 nations: the 1996 update*. Redefining Progress. San Francisco, USA. 2000.



2. VEGETACIÓN Y USO DE SUELO

Vegetación y uso actual del suelo

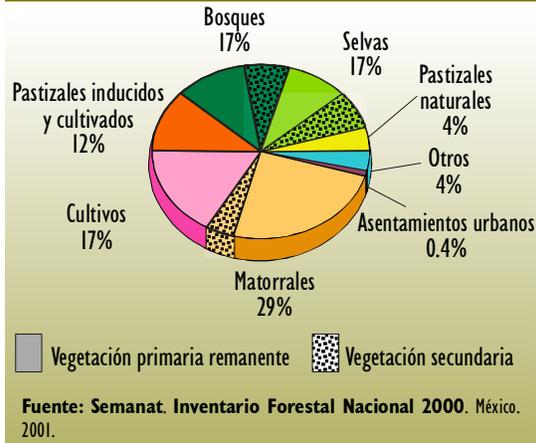
El territorio nacional no se explota con la misma intensidad ni con los mismos propósitos en toda su superficie. Algunas porciones son modificadas profundamente al ser utilizadas con fines agropecuarios o como asentamientos humanos; otras han permanecido relativamente inalteradas por las actividades de la sociedad. Las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conocen como *usos del suelo*.

En los sitios menos modificados, el uso del suelo está determinado precisamente por la vegetación natural del mismo: bosques, selvas y matorrales, que constituyen la categoría «primaria». En las regiones donde una porción de la comunidad biológica ha sido explotada parcialmente o bien se está recuperando después de su remoción, la vegetación es calificada como «perturbada» o «secundaria» respectivamente. Se conoce como «cobertura antrópica» a aquellos lugares donde la vegetación ya es totalmente diferente de la original al ser modificada por el hombre; dentro de esta categoría se incluyen diferentes tipos de cubierta: agrícola, ganadera o urbana.

La más reciente estimación de la superficie ocupada por diferentes formas de uso del suelo en México proviene del Inventario Forestal Nacional del 2000 (IFN 2000). Esta fuente señala que cerca de la mitad del país ha sido afectada severamente por las actividades humanas. El 29% corresponde a cobertura antrópica, es decir, cultivos, pastizales inducidos o cultivados, cuya finalidad es la ganadería, así como asentamientos humanos. Otro 18% se refiere a vegetación secundaria (Figura 2.1, Cuadro III.3.2.1). No debe concluirse de estas cifras que el 53% restante ha permanecido inalterado por el hombre. Por ejemplo, dentro de ese porcentaje se incluyen pastizales naturales y matorrales xerófilos que son utilizados intensamente para la producción ganadera.

A grandes rasgos, la vegetación natural de México puede dividirse en cuatro categorías. Los bosques y selvas están dominados por árboles, si bien los primeros generalmente se restringen a las zonas templadas y las segundas a las de clima tropical; otra diferencia es que en las selvas el número de especies diferentes de árboles es mucho mayor que en los bosques. Los matorrales se caracterizan porque su cubierta

Figura 2.1. Usos del suelo y vegetación en México, 2000.



vegetal se compone principalmente de arbustos y son típicos de las zonas áridas y semiáridas. Por último, los pastizales se distinguen por el predominio de plantas de porte herbáceo, generalmente pastos (véase **La vegetación de México**).

Dentro de la superficie que conserva parte de su cobertura vegetal natural, los matorrales constituyen la forma dominante (29% del total del país). El 15% de los matorrales mexicanos son secundarios, aunque esta cifra probablemente sea mucho mayor (véase «Degradación de matorrales»). La cobertura arbolada primaria y secundaria del país asciende a un 33%, que corresponde casi por igual a bosques y selvas. En ambos casos, cerca de un 40% de la vegetación restante se encuentra alterada en gran medida (Figura 2.1).

Algunos de los estados que conservan vegetación natural en la mayor parte de su superficie son Coahuila, Quintana Roo y la península de Baja California. Por el contrario, en Veracruz, Tabasco, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Morelos y Distrito Federal, la cobertura antrópica (cultivos, pastizales ganaderos y asentamientos) rebasa el 60% del territorio. Los estados que dedican una mayor proporción de su superficie antrópica a la agricultura se encuentran en el centro del país, en particular aquellos cercanos al Distrito Federal. En cambio, los estados del norte, del Golfo de México y Chiapas destinan proporcionalmente una mayor cantidad de su cubierta antrópica a la ganadería (Mapa 2.1).

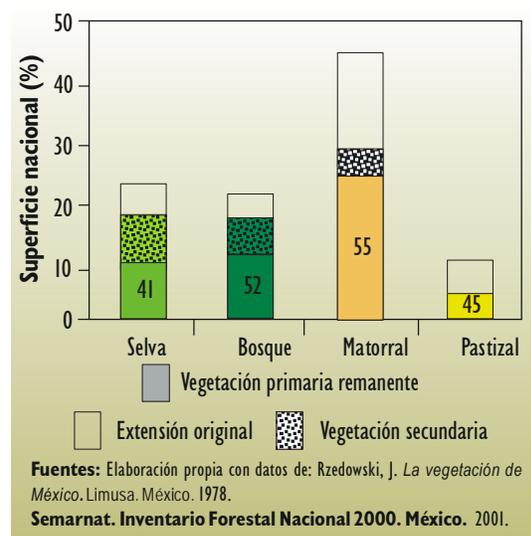
Cambios en el uso del suelo

En los últimos tres siglos, el uso del suelo ha cambiado con una velocidad alarmante en todo el mundo. En México, cerca de la mitad del territorio ha sido modificado intensamente. Al examinar los cambios que han sufrido los diferentes tipos de vegetación a partir de sus condiciones naturales, observamos que sólo 41% de la selva remanente permanece como vegetación primaria, lo que lo hace el ecosistema más afectado por el hombre. Por el contrario, los matorrales primarios actuales corresponden a un 55% de los originales. Ésta es la vegetación conservada en mayor proporción, aunque en términos de extensión absoluta los matorrales han sido los más afectados (Figura 2.2).

El cambio en el uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en las disciplinas ambientales. Constituye uno de los factores primordiales en el cambio climático global, ya que altera ciclos biogeoquímicos como el del agua o el del carbono. También es una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad a nivel mundial y, sin duda, el medio por el que la sociedad resiente las alteraciones en el entorno. No debemos olvidar que a través de los cambios en

Figura 2.2. Extensión original y actual de los principales tipos de vegetación de México, 2000.

El marco negro representa el área de la superficie nacional que probablemente ocupaba cada tipo de vegetación antes de la alteración humana. Con color se muestra la fracción remanente en la actualidad. Los números dentro de las barras corresponden a los porcentajes de vegetación primaria remanente.



La vegetación de México

La vegetación de nuestro país es sumamente heterogénea. En la cartografía de uso del suelo y vegetación del INEGI se distinguen 11 tipos de vegetación natural dentro de los cuales se reconocen 38 comunidades diferentes. Los tipos más ampliamente distribuidos en el país son los siguientes:

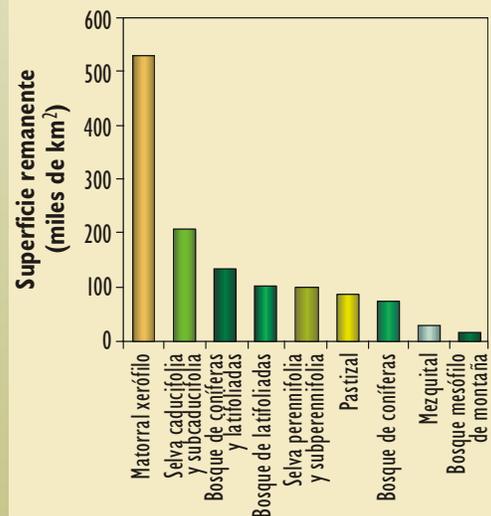
Bosque de coníferas. Vegetación dominada por árboles perennifolios del grupo de las coníferas, entre las que se cuentan pinos (*Pinus*) y oyameles (*Abies*) como los más ampliamente distribuidos, si bien también hay otros géneros importantes como los pinabetes (*Pseudotsuga*), los enebros (*Juniperus*)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

Bosque de latifoliadas. Vegetación dominada por árboles de hoja ancha, la mayoría caducifolios, principalmente encinos (*Quercus*). Se les encuentra sobre todo en climas templados en las montañas, aunque en ocasiones pueden desarrollarse en sitios francamente cálidos. Se les aprovecha especialmente para producir carbón y criar ganado. Estas actividades en general resultan en la degradación de la vegetación e incluso en su desaparición. Puesto que frecuentemente los suelos de los encinares son muy fértiles, las actividades agrícolas son comunes en ellos.

Bosque de coníferas y de latifoliadas. En algunas zonas coexisten los dos grupos de árboles formando bosques mixtos. Comúnmente esto se debe a las actividades humanas. La explotación de estos bosques es similar a la de los de pino o encino.

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

Figura a. Vegetación remanente en México, 2000. Se incluyen la vegetación primaria y secundaria.



Fuente: Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

La vegetación de México (continuación)

Selva perennifolia y subperennifolia.

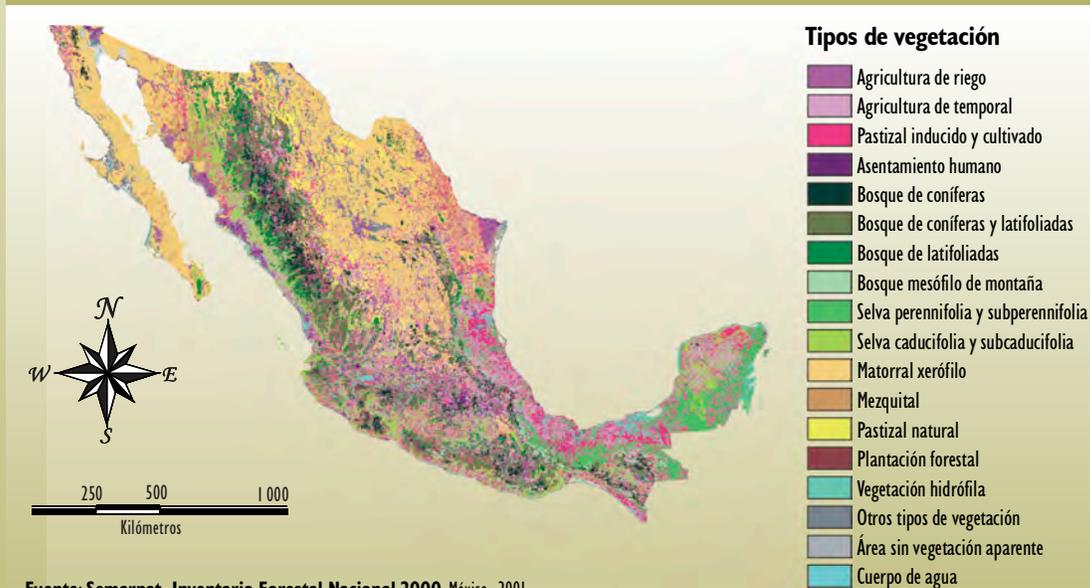
Vegetación dominada por árboles de muchas especies, en climas muy lluviosos y cálidos. La copa puede rebasar los 50 metros de altura y siempre conserva una parte importante de su follaje. Bajo los árboles más altos hay varios estratos de vegetación de diferentes estaturas. Es una de las comunidades biológicas más diversas del mundo. Grandes áreas de este tipo de selvas han sido transformadas en pastizales para la ganadería o están sujetas a diferentes formas de agricultura. La explotación de algunas especies de alto valor comercial, como la caoba (*Swietenia*) o el cedro rojo (*Cedrela*) y de varios productos forestales no maderables, es común dentro de estas selvas.

Selva caducifolia y subcaducifolia. Vegetación dominada por árboles de diferentes especies de hoja caduca, que se desarrolla en ambientes cálidos con

diferencias muy marcadas entre las temporadas de lluvias y de secas. El dosel rara vez rebasa los 15 metros de altura. Muchos de los árboles almacenan agua en sus tallos, como es el caso de los copales (*Bursera*), pochotes (*Ceiba*) y de varias cactáceas columnares. Esta vegetación frecuentemente está sujeta a la agricultura de roza, tumba y quema y a la ganadería extensiva. Estas actividades la degradan fuertemente, por lo que puede ser uno de los ecosistemas tropicales más amenazados del mundo.

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

Mapa a. Vegetación y uso del suelo en México 2000.



La vegetación de México (continuación)

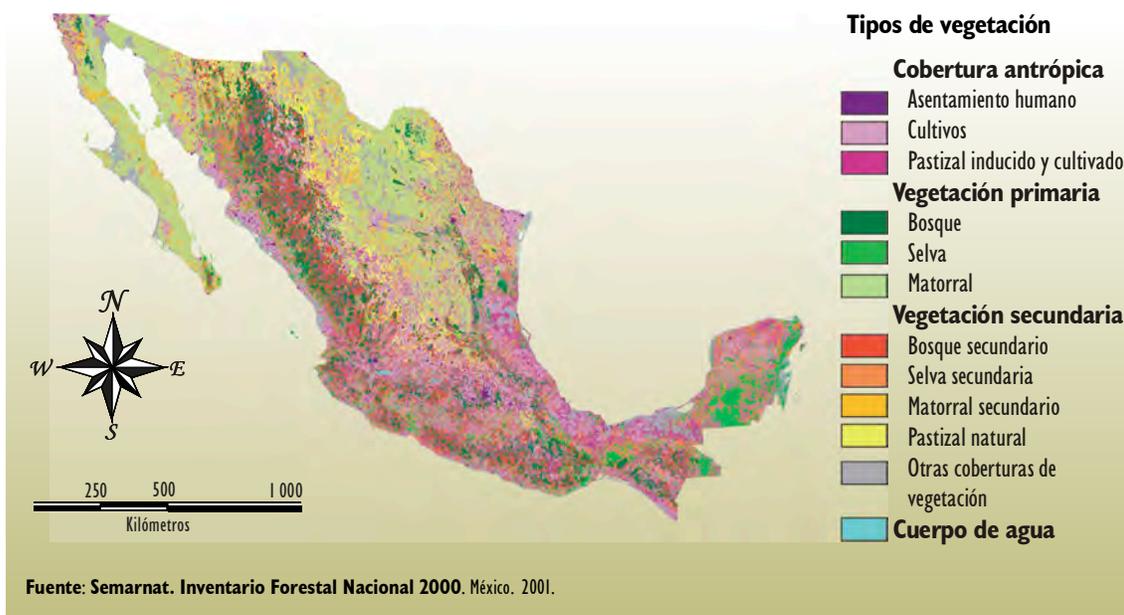
Matorral xerófilo. Vegetación dominada por arbustos, típica de las zonas áridas y semiáridas. Se trata del tipo de vegetación más extenso en México. El número de endemismos en estas zonas es sumamente elevado. Debido a la escasez de agua y a que los suelos son pobres y someros, la agricultura se practica en pequeña escala, salvo donde hay posibilidades de riego. Por el contrario, la ganadería está sumamente extendida, y zonas muy grandes de matorral xerófilo están sobrepastoreadas.

Pastizal. Vegetación dominada por herbáceas, principalmente gramíneas. Se le encuentra en cualquier clima, pero principalmente en las regiones semiáridas

del norte y en las partes más altas de las montañas (por arriba de los 4 000 metros). Casi todos los pastizales de nuestro país se emplean con una intensidad excesiva para la producción ganadera. Otros pastizales fueron bosques o matorrales, y la acción del ganado y el fuego los mantienen en esta forma alterada. A éstos se les conoce como pastizales inducidos.

De la superficie remanente de estos tipos de vegetación en el año 2000, el matorral xerófilo era el más abundante, y el mezquital y el bosque mesófilo de montaña los más escasos (Figura a).

Mapa 2.1. Vegetación primaria y secundaria en México, 2000. El pastizal natural se encuentra sobrepastoreado en un 95% de su superficie, por lo que se le incluye como vegetación secundaria.



el uso del suelo se materializa nuestra relación con el medio ambiente (Lambin *et al.*, 1999).

El uso del suelo también está muy relacionado con el tema de la sustentabilidad. La forma en que cambiamos la

cubierta vegetal determina la persistencia de bosques, selvas y suelos en el futuro, así como de los recursos que nos proporcionan. De ahí que sea fundamental estudiar en detalle los procesos de cambio de uso del suelo. De ello se ocupa una disciplina joven que integra aspectos ecológicos, sociales y

económicos en varios niveles que van desde las decisiones de un campesino en la Selva Lacandona hasta las políticas económicas implementadas por instituciones de carácter mundial.

En México se han realizado inventarios de la superficie bajo diferentes usos desde hace aproximadamente 25 años. En principio, esto permitiría hacer comparaciones periódicas con la finalidad de conocer las tasas y dinámica de modificación del uso del suelo. Sin embargo, tales estudios se llevaron a cabo con herramientas tecnológicas distintas y criterios de clasificación de los usos del suelo inconsistentes. Por ello los datos no son comparables, y temas como el de la deforestación aún son objeto de debate en los diferentes medios. En cualquier caso, debe reconocerse que los datos revelan varias tendencias, con la salvedad de que las estimaciones, por su naturaleza, no son tan precisas como sería deseable.

Las tres fuentes que han examinado los usos del suelo en forma exhaustiva a nivel nacional son la *Cartografía de uso actual del suelo y vegetación serie I*, elaborada con fotografías aéreas realizadas alrededor de 1976, y la *serie II mosaico corregido*, preparada a partir de imágenes satelitales de 1993, ambas producidas por el INEGI (en lo sucesivo, CUSV 1976 y CUSV 1993, respectivamente). La tercera y más reciente fuente es el *Inventario Forestal Nacional 2000* (IFN 2000) basado en imágenes de ese año. Vale señalar que estas fuentes no son del todo congruentes entre sí, lo que dificulta la estimación de las tasas de cambio. Esto es especialmente cierto en lo referente a vegetación secundaria (véase **Siguiendo los inventarios**). De ahí la necesidad de avanzar en la generación de información de campo que permita hacer comparables los datos, no sólo con la finalidad de afinar las estimaciones del cambio de uso del suelo, sino también de obtener una serie de datos que sirva como base consensuada para futuras evaluaciones.

El uso del suelo en México ha experimentado cambios sustanciales. Entre 1993 y 2000 (con base en CUSV 93 e IFN 2000) la vegetación silvestre, tanto primaria como secundaria, se perdió a una tasa de más de un millón de hectáreas anuales: una superficie equivalente al estado de Chiapas durante todo el septenio. La situación es

especialmente grave en el caso de las selvas, que aportan cerca de la mitad de la cifra, y cuya destrucción avanza a una tasa de 1.58% anual, aun cuando se trata de una de las comunidades biológicas más diversas de tierra firme. Por el contrario, los terrenos dedicados a la ganadería (pastizales) y la agricultura se expandieron. Los pastizales promovidos por el hombre aumentan su superficie anualmente a una tasa del 4.07%, lo que representa unas 800 mil hectáreas, dos veces la superficie del estado de Tlaxcala. Las tasas de cambio de uso del suelo entre 1993 y 2000 son más elevadas que las correspondientes al periodo 1976–1993, lo que significa que los procesos se están acelerando. La superficie total que sufrió cambios también se incrementó en los últimos años (Figura 2.3, Tabla 2.1).

Los bosques están desapareciendo a una tasa de 0.79%, o 2 672 km² al año. Aunque en algunos estados la superficie arbolada se ha recuperado, como sucede principalmente a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en otros se observan las tasas más elevadas de deforestación, como los localizados en la Sierra Madre Occidental, el Bajío y el centro del país (Mapa 2.2). Las selvas son deforestadas a una tasa casi del doble (1.58% anual), y en zonas como la Huasteca, Yucatán y Veracruz a una tasa que rebasa el 2.5% (Mapa 2.3). Finalmente, la superficie de matorrales que se desmonta anualmente es igual que la de bosques, aunque en términos relativos es menor (0.48%). Este ecosistema ha resultado más afectado en Sinaloa, Hidalgo, Zacatecas y Tamaulipas (Mapa 2.4). La actividad responsable de la mayor parte de estos cambios es la ganadería, con la consecuente transformación de uso hacia pastizales inducidos y cultivados. Entre 1993 y 2000 se incorporaron a esta modalidad de uso alrededor de 57 mil km², equivalente a una tasa del 4.07% anual. Esta tasa es tan elevada, que los potreros podrían duplicar su superficie cada 18 años. La situación es particularmente grave en los estados de la península de Yucatán y menos severa en los estados del Golfo de México, el centro del país y Oaxaca (Mapa 2.5). La conversión de terrenos para cultivos es otro importante factor de cambio de uso, pues cerca de 3 700 km² de suelos sufrieron este proceso anualmente entre 1993 y 2000. De nuevo, la península yucateca mostró los cambios más profundos, junto con Veracruz, Guerrero y Nayarit (Mapa 2.6). Como tendencias generales, se puede señalar que los estados del sureste son

Siguiendo los inventarios

La información más reciente sobre el uso del suelo en México es el Inventario Forestal Nacional 2000 (IFN 2000). Este trabajo fue diseñado para poder realizar comparaciones precisas con la Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II (CUSV 1993). Sin embargo, la versión de esta última fuente sobre la cual se elaboró el IFN 2000 estaba inconclusa, y fue posteriormente corregida por el mismo INEGI para la versión más exacta con que se cuenta actualmente. Esto generó algunas inconsistencias entre ambas series de datos.

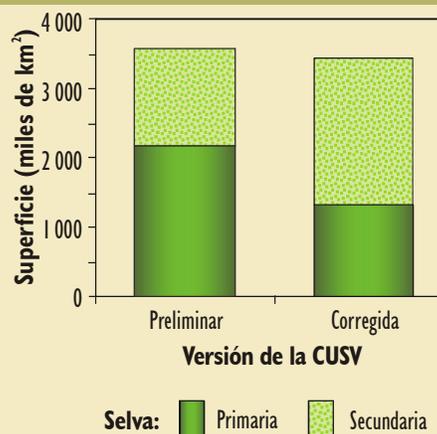
En términos generales, la versión de la CUSV 1993 empleada para la elaboración del IFN 2000 estimaba una mayor superficie de bosques, selvas y matorrales que la serie definitiva corregida por el INEGI. Lo contrario ocurre para la cubierta antrópica. Esto ocasionó las sobreestimaciones de las tasas de deforestación y de degradación de matorrales del «Análisis del cambio de uso del suelo» (Instituto de Geografía, UNAM, 2002) generado dentro de las actividades del propio IFN 2000. Por otra parte, aún no se ha concluido la verificación en campo del IFN 2000, por lo que no se cuenta con una medición del error o de la coherencia existente entre ambas fuentes.

Las discrepancias entre las dos versiones de la CUSV 1993 (la definitiva del INEGI y la preliminar empleada para el IFN 2000) son en general menores al 5% mientras no se efectúe una distinción entre vegetación primaria y secundaria. Si se discrimina entre ambas categorías, las diferencias siguen siendo pequeñas, excepto para las selvas. En este caso, la versión corregida del INEGI muestra una fuerte discrepancia, pues considera que la proporción de selvas secundarias en 1993 era mucho mayor (Figura a).

El IFN 2000 considera una proporción de selvas secundarias en 2000 muy semejante a la de la versión preliminar de la CUSV 1993, lo que sugiere que la

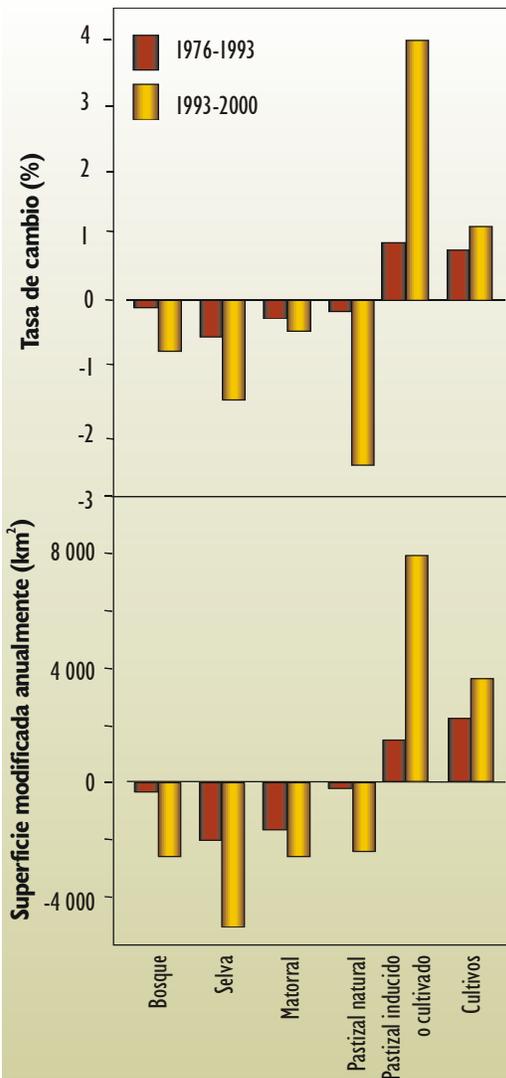
incongruencia entre versiones se debe a una discordancia en los criterios para distinguir tipos de selvas. Por esta razón, en este capítulo no se ha diferenciado entre vegetación primaria y secundaria cuando se comparan los años 1993 y 2000. Para el análisis detallado del cambio de uso del suelo mediante matrices de cambio, se recurrió a los datos del Instituto de Geografía, que emplea tanto el IFN 2000 como la versión preliminar de la CUSV para garantizar la homogeneidad de los criterios. Esto significa que las tasas reportadas en dicha sección posiblemente estén sobreestimadas, por lo que deben emplearse solamente para comparar la importancia relativa de los procesos y no sus valores absolutos. En los demás casos, cuando se trate de vegetación secundaria se emplearon los datos de las CUSV, puesto que cuentan con un extensivo muestreo de campo que revela diferencias más finas entre vegetación primaria y secundaria de las que son perceptibles en las imágenes remotas.

Figura a. Comparación entre las versiones preliminar y corregida de la Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II (1993). La versión preliminar fue empleada para la elaboración del Inventario Forestal Nacional 2000.



Fuente: Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

Figura 2.3. Superficie que sufrió cambios en su uso y tasas anuales de cambio según vegetación o forma de uso, 1976-2000. Las tasas de cambio representan el porcentaje de la superficie bajo un uso específico que cambia de uso anualmente.



Nota: Las tasas se calcularon utilizando la fórmula $r = \left(\frac{s_2}{s_1}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$

donde r es la tasa, s_1 y s_2 son las superficies ocupadas por usos de suelo a los tiempos inicial y final respectivamente y t es el tiempo transcurrido entre ambas fechas.

Fuentes: Elaboración propia con datos de: Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie I 1976 y serie II mosaico corregido 1993 y Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

Instituto de Geografía, UNAM. Análisis del cambio de uso del suelo. México, 2002.

los que más rápidamente están siendo transformados por las diversas actividades productivas; en el norte y occidente del país la ganadería es un factor importante de deterioro ambiental, papel que juega la agricultura en mayor medida en el sur y sureste.

Si se evalúa la proporción de la vegetación que permaneció con el mismo uso entre 1993 y 2000, se puede ver que los terrenos bajo explotación fueron los que menos se modificaron (90% en el caso de los pastizales inducidos y 95% en el de los cultivos). Ningún tipo de vegetación natural se mantuvo sin alteración en una proporción tan grande. La transformación de la vegetación hacia pastizales ganaderos o agricultura siempre es mayor si se trata de vegetación secundaria. Basta señalar que una cuarta parte de las selvas secundarias fue desmontada en su totalidad (Figura 2.4, Tabla 2.2). Sin duda, este fenómeno es responsable en gran medida de la elevada tasa de pérdida de selvas que se experimenta en México.

La transformación en pastizales es el principal proceso de destrucción de todos los tipos de vegetación. Esto señala a la ganadería como la causa más importante de cambios de uso en el país, aun sin considerar la enorme superficie dedicada a la cría de animales y que no necesariamente ha sido transformada a pastizales (véase «Alteración de bosques y selvas»). La ganadería afecta en mayor medida a la vegetación primaria, mientras que la secundaria sufre un cambio relativamente mayor debido a la agricultura. El papel del ganado es más significativo en los bosques, mientras que en las selvas una proporción mayor de la superficie desmontada se dedica a los cultivos. En el caso de los matorrales la influencia de la agricultura es aún mayor (Figura 2.4). La dinámica de cambios entre diferentes usos puede ser visualizada como un flujo de terrenos que pasan de una forma a otra de manejo. En la Figura 2.5 se muestra esto de manera diagramática (ver también Tabla 2.2). En ella, algunos procesos de igual naturaleza han sido homologados (por ejemplo, desmonte de selvas y bosques se considera deforestación). Utilizando este marco conceptual, es posible proyectar lo que sucedería de mantenerse o modificarse las tasas actuales (véase *¿Hacia dónde va el uso del suelo?*). Los análisis muestran que aun cuando se detuviera por completo el cambio de uso del suelo por ganadería o agricultura, nuestras bases de recursos se verían seriamente

Tabla 2.1. Evolución y tasas de cambio de la vegetación y usos del suelo, 1976-2000.

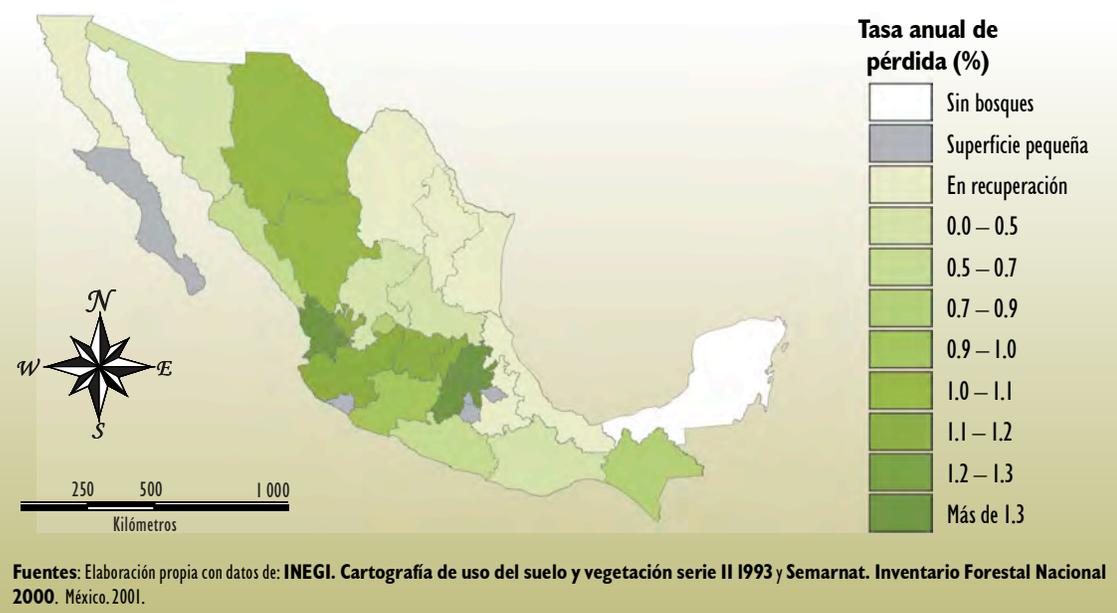
Vegetación y uso del suelo	Superficie (km ²) ¹			Superficie afectada anualmente (km ²)		Tasa anual de cambio ² (%)	
	1976	1993	2000	1976-1993	1993-2000	1976-1993	1993-2000
Bosques	352 323	346 705	328 002	- 330.5	- 2 671.8	-0.09	-0.79
Selvas	378 589	343 641	307 396	- 2 055.7	- 5 177.9	-0.57	-1.58
Matorrales	605 287	576 478	557 416	- 1 694.7	- 2 723.2	-0.29	-0.48
Otros tipos de vegetación	77 453	76 607	84 327	- 49.8	1 102.8	-0.06	1.38
Pastizales naturales	104 907	102 191	85 083	-159.8	- 2 443.9	-0.15	-2.58
Pastizales inducidos y cultivados	150 294	175 732	232 414	1 496.4	8 097.3	0.92	4.07
Cultivos	263 446	302 087	327 587	2 273.0	3 642.9	0.81	1.16
Asentamientos humanos	2 344	11 204	12 419	521.1	173.7	9.64	1.48

¹ La superficie nacional para las diferentes fuentes es ligeramente diferente, por lo que todas se estandarizaron a la superficie promedio de 1 934 645 km² con la finalidad de calcular las tasas. Por esta misma razón las superficies por tipo de vegetación y uso del suelo pueden diferir ligeramente de las reportadas por las fuentes.

² Calculada con la fórmula $(s_2/s_1)^{(1/f)} - 1$, donde s_1 y s_2 son las superficies en los tiempos 1 y 2 respectivamente y f es el tiempo (años).

Fuentes: Elaboración propia con datos de: INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie I 1976 y serie II 1993 y Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México. 2001.

Mapa 2.2. Tasa de cambio de uso del suelo en bosques por entidad federativa, 1993–2000. Las estimaciones para aquellas entidades con menos de 1 000 km² de bosques (en gris) no son fiables.



reducidas. Para lograr mantener en el mediano plazo la cantidad de vegetación silvestre dentro de sus valores actuales, todas las tasas de deterioro ligadas a las actividades del hombre tendrían que reducirse en un 80%. Si bien la

cifra no debe considerarse como exacta, sí nos puede dar una idea de lo lejos que se encuentran las prácticas actuales de aquellas que serían sustentables. El análisis también revela que la alteración (paso de vegetación primaria a

Mapa 2.3. Tasa de cambio de uso del suelo en selvas por entidad federativa, 1993–2000.



Fuentes: Elaboración propia con datos de: INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II 1993 y Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

Mapa 2.4. Tasa de cambio de uso del suelo en matorrales por entidad federativa, 1993–2000. Las estimaciones para aquellas entidades con menos de 1 000 km² de matorrales (en gris) no son fiables.



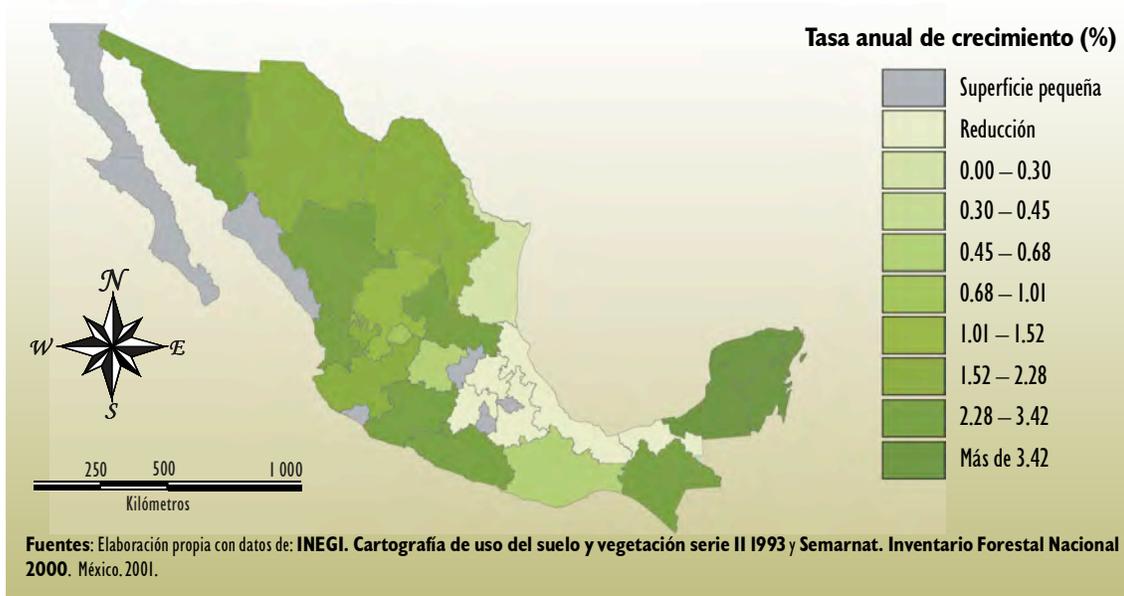
Fuentes: Elaboración propia con datos de: INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II 1993 y Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

secundaria) es un proceso clave que regula la dinámica de todo el sistema.

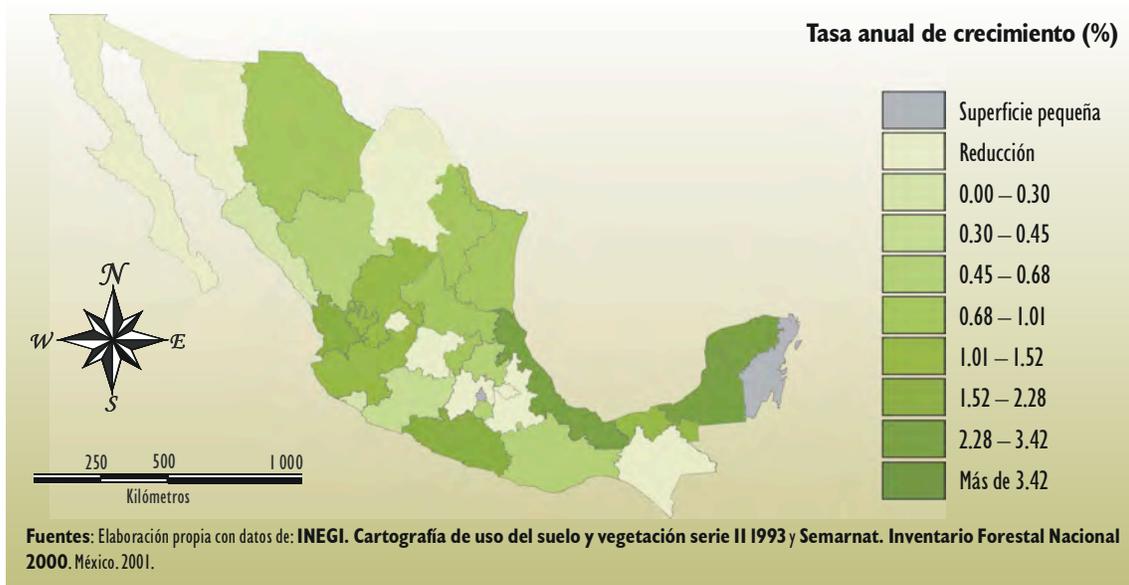
Procesos del cambio de uso del suelo

Algunos de los procesos que determinan el cambio en el uso del suelo han recibido especial atención. Tal es el caso de la

Mapa 2.5. Tasa de cambio de uso hacia pastizales cultivados e inducidos por entidad federativa, 1993–2000. Las estimaciones para aquellas entidades con menos de 1 000 km² de pastizales (en gris) no son fiables.



Mapa 2.6. Tasa de cambio de uso del suelo hacia agricultura por entidad federativa, 1993–2000. Las estimaciones para aquellas entidades con menos de 1 000 km² de superficie agrícola (en gris) no son fiables.



deforestación, que es el cambio de una superficie cubierta por vegetación arbórea o forestal, hacia una que carece de ella. La alteración implica una modificación inducida por el hombre en la vegetación natural, pero no un reemplazo

total de la misma, como en el caso de la deforestación. La fragmentación es la transformación del paisaje, dejando pequeños parches de vegetación original rodeados de superficie alterada. El cambio de uso del suelo en matorrales

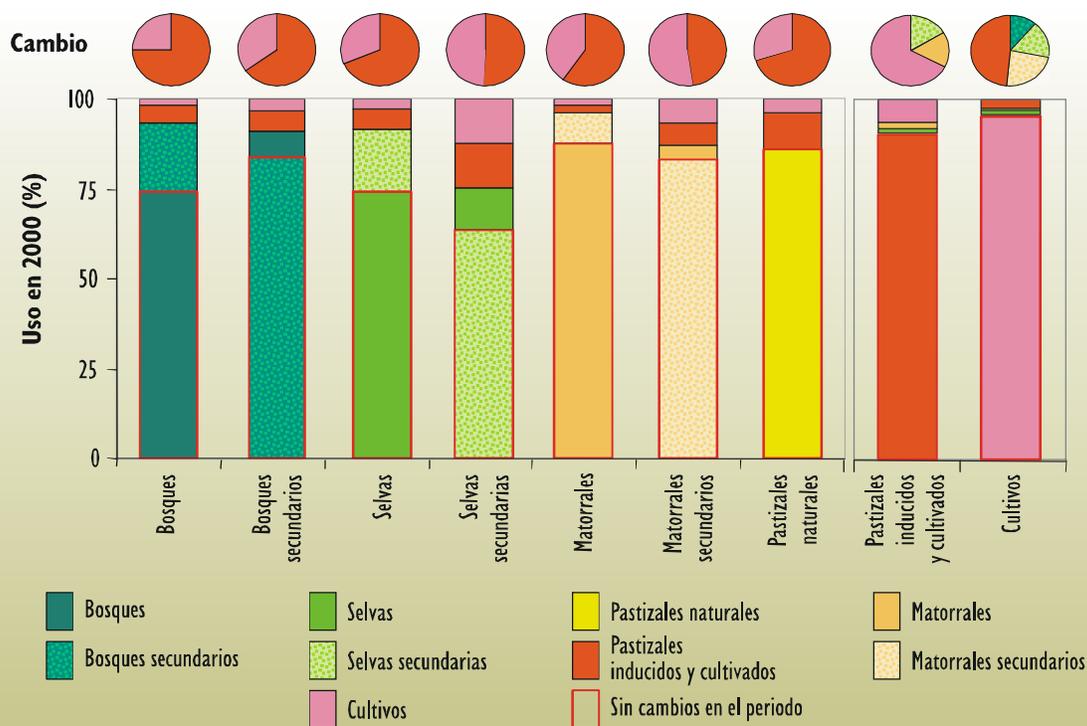
no ha recibido un nombre específico. A veces se le incluye bajo el rubro de desertificación, en el sentido de que se trata de «degradación ambiental en zonas áridas». De acuerdo con la Ley Forestal, los matorrales también son superficie forestal, por lo que bien se podría aplicar el término deforestación; no obstante, diversos organismos internacionales restringen este concepto a las zonas arboladas. Debido a las particularidades de los ecosistemas áridos, así como a los problemas técnicos que conlleva su estudio, aquí se les incluye como tema aparte bajo el encabezado de degradación de matorrales.

Deforestación

La deforestación es el cambio de uso del suelo de una superficie arbolada a otra que carece de árboles. Las selvas y los bosques, por ser vegetación arbolada, son los únicos que pueden sufrir dicho proceso. Los principales motivos de

preocupación en torno a la deforestación mundial se refieren al calentamiento global, a la pérdida de biodiversidad y hábitats y a la extinción de especies. Los bosques y selvas (junto con otras cubiertas naturales) son grandes reservas de carbono en forma de materia orgánica. Al utilizar el fuego para retirar la cubierta forestal, este carbono es liberado hacia la atmósfera, donde contribuye al efecto invernadero. El fuego es el instrumento más frecuentemente empleado para los desmontes agropecuarios en México, y se estima que este proceso constituye una importante fuente de emisiones de gases de invernadero en nuestro país (su participación equivale a la mitad de las emisiones del transporte; Semarnap, 1996). Por otro lado, la cubierta vegetal secuestra el carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis. Este proceso se reduce notablemente cuando se retira la vegetación. Podemos apreciar la excepcional importancia que tienen bosques y selvas para el desarrollo sustentable si consideramos que el

Figura 2.4. Cambios de uso del suelo según tipo de vegetación o uso, 1993-2000. Cada barra corresponde a los tipos de vegetación que en 1993 se encontraban bajo un mismo uso. Las proporciones indicadas en cada barra muestran el porcentaje del suelo que permaneció con el mismo uso (enmarcadas en rojo) o que cambió de uso en 2000. Las gráficas circulares en la parte superior subrayan la importancia relativa que la ganadería (rojo) y la agricultura (rosa) tuvieron en el cambio de uso de suelo.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Instituto de Geografía, UNAM. Análisis del cambio de uso del suelo. México, 2002.

Tabla 2.2. Superficies y tasas de cambio de uso del suelo entre 1993 y 2000.

Superficie (km ²)	Uso del suelo en 2000							Total general
	Bosques	Selvas	Otras	Bosques secundarios	Selvas secundarias	Pastizales	Antrópico	
Uso del suelo en 1993								
Bosques	198 640 ¹	3	9	51 564	22	13 658	4 601	268 464
Selvas		159 768	39		37 796	12 382	5 727	215 673
Otras ⁵			635 470			16 833	13 209	665 513
Bosques secundarios	5 960	3	7	70 700	36	5 063	2 701	84 424
Selvas secundarias		16 191	6		89 313	17 699	17 306	140 509
Pastizales	72 ²	551 ²	3 848	54 ²	1 978 ²	245 700	15 353 ³	267 558
Antrópico	753 ²	403 ²	3 795	728 ²	1 935 ²	6 589 ³	281 856	296 059
Total general	204 600	175 959	643 114	123 871	131 977	317 925	340 753	1 938 200 ⁴
Tasa de cambio (%)	Uso del suelo en 2000							
Uso del suelo en 1993								
Bosques	73.99			19.2		5.09	1.71	
Selvas		74.08			17.52	5.74	2.66	
Otras ⁵			95.49			2.53	1.98	
Bosques secundarios	7.06			83.74		6.00	3.20	
Selvas secundarias		11.52			63.56	12.60	12.32	
Pastizales			1.31	4.68	4.90	83.86	5.24	
Antrópico			1.24	1.75	2.51	2.16	92.34	

Nota: Estas matrices están basadas en el modelo de "ganadería *sensu stricto*" propuesto por el Instituto de Geografía, UNAM y que permite evaluar los efectos de diferentes actividades humanas por separado. Debe notarse que algunas modificaciones menores fueron introducidas:

1: Los colores representan: Permanencia, deforestación antrópica, degradación antrópica, deforestación ganadera, degradación ganadera, sucesión secundaria, alteración, revegetación antrópica, revegetación ganadera y transiciones falsas.

2: Las transiciones de cobertura antrópica y pastizales a bosques y selvas primarios no fueron eliminadas, sino que se consideraron como cambios a vegetación secundaria clasificada erróneamente como primaria. Para calcular la matriz de cambio, las superficies correspondientes fueron sumadas a las respectivas transiciones hacia vegetación secundaria.

3: Las transiciones entre cubierta antrópica y pastizales, que se consideraron "falsas" en la propuesta original, aquí fueron permitidas y se incluyeron dentro de los procesos de degradación correspondientes.

4: El total se calculó sin considerar las transiciones falsas que fueron eliminadas del modelo, con excepción de las señaladas en la nota 2.

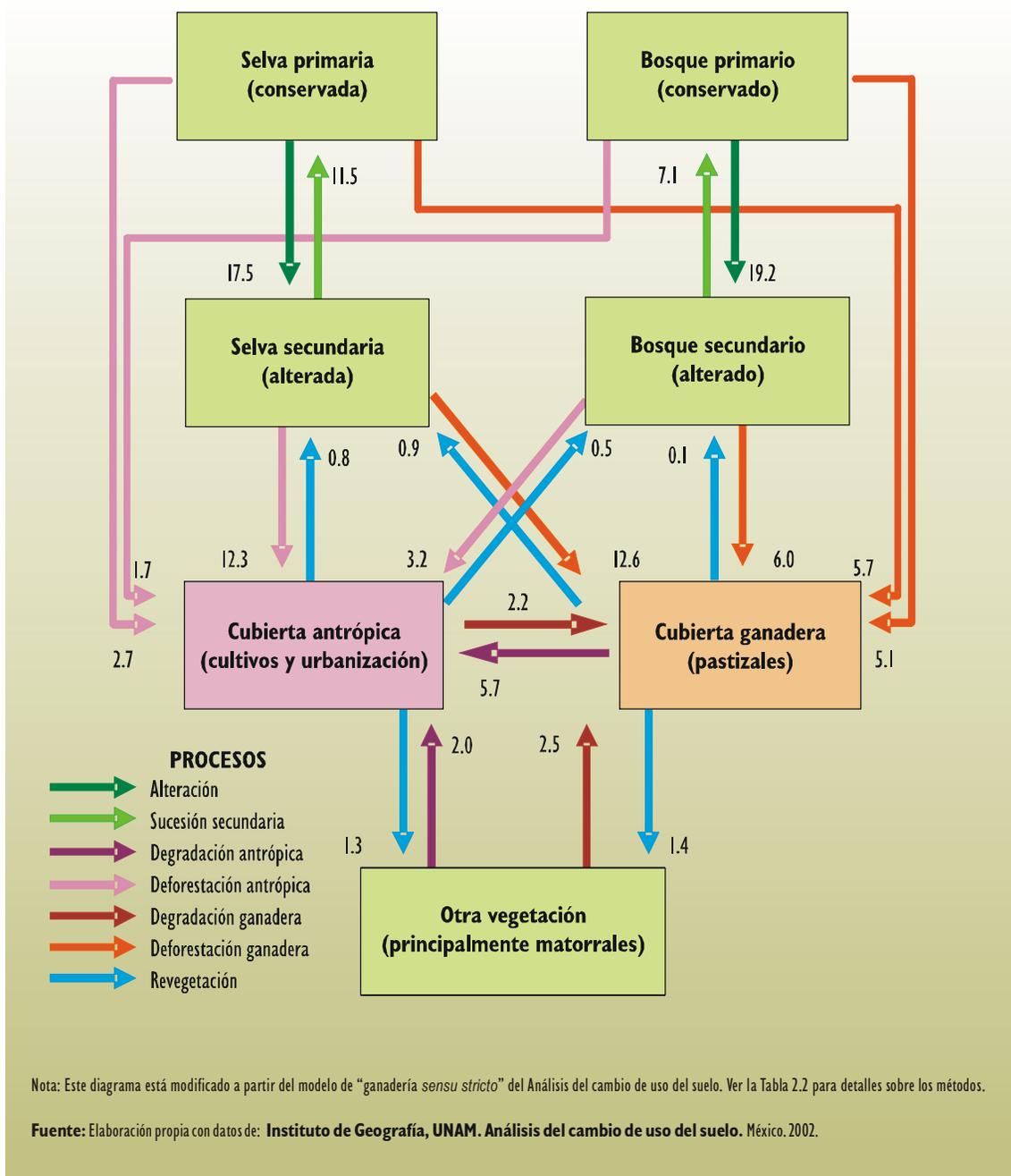
5: Incluye matorrales, vegetación hidrófila, entre otras.

Fuente: Instituto de Geografía, UNAM. Análisis del cambio de uso del suelo. México. 2002.

factor que más contribuye al fuerte «déficit ecológico» mexicano (véase *La huella ecológica* en el capítulo 1) es la carencia de superficie forestal suficiente para absorber nuestras emisiones de gases de invernadero.

La deforestación daña la biodiversidad. Al retirarse la cubierta forestal no sólo se destruyen varias especies de manera directa, sino también se modifican seriamente las condiciones ambientales locales. Muchos organismos son incapaces de sobrevivir en el nuevo ámbito o, en todo caso,

Figura 2.5. Modelo del cambio de uso del suelo. El diagrama muestra las categorías de vegetación y uso empleadas (cuadros), los principales procesos de cambio (con flechas de diferentes colores según el proceso) y las tasas septenales de cambio (en porcentajes, junto a las flechas).



ven desaparecer recursos que eran vitales para su subsistencia.

Los bosques proporcionan servicios invaluable: forman y retienen los suelos en terrenos con declive, evitando la

erosión; favorecen la infiltración de agua al subsuelo, alimentando los mantos freáticos, ríos y lagunas, y purifican el agua y la atmósfera. Por otra parte, brindan diferentes bienes tales como madera, leña, alimentos y otros «productos

¿Hacia dónde va el uso de suelo?

A partir de las tasas con las que terrenos bajo diferentes usos se manejan de otra manera es posible efectuar proyecciones hacia el futuro. En el escenario más sencillo las tasas de cambio actuales permanecen constantes. También es posible modificar algunas de ellas y explorar cuáles serían las consecuencias ambientales si esos cambios se materializaran en el sistema. Para ello se utilizan herramientas matemáticas denominadas «matrices de cambio». En la Tabla 2.2 se muestra la matriz observada para el periodo 1993-2000 y su representación gráfica en la Figura 2.5. Las matrices de cambio consideran simultáneamente todos los procesos. Así, en la Figura 2.5 se puede ver que los bosques primarios pasan a ser bosques secundarios con una tasa superior a aquella con la que éstos se recuperan a su estado original. Lo mismo sucede cuando el bosque es convertido a pastizal o cultivo. El resultado de todas estas transformaciones es desfavorable al bosque primario: de mantenerse constantes las tasas actuales, hacia 2021 apenas quedaría en pie un 53% de los bosques primarios que tenemos actualmente.

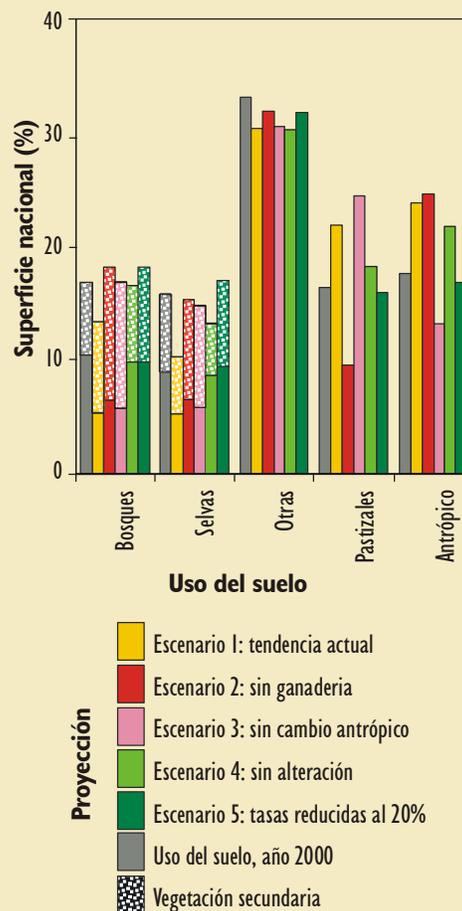
Los datos empleados proceden del análisis de cambio de uso del suelo del Instituto de Geografía, UNAM (2002). El modelo que aquí se presenta está basado en el modelo de «ganadería *sensu stricto*» de dicha fuente, con algunas modificaciones (ver la Tabla 2.2 para los detalles), donde se considera que el ganado sólo afecta el uso del suelo cuando un sitio se transforma en un pastizal, dejando de lado otros efectos que pueda tener el ganado sobre la vegetación natural. Parte del rubro «alteración» (véase la Tabla 2.2) se debe a la ganadería, pero como no es posible cuantificar la proporción de la alteración relacionada con el ganado, se maneja como un proceso independiente. Sin embargo, este estudio sobreestima las tasas de cambio, por lo que los escenarios proyectados para el 2021 en realidad corresponderían a fechas posteriores (para una discusión sobre las fuentes, véase **Siguiendo los inventarios**).

Se efectuaron proyecciones para cinco escenarios manteniendo constantes algunas tasas y modificando otras (para ver qué tasas corresponden a diferentes procesos debe recurrirse a la Figura 2.5):

Escenario 1 : se mantuvieron constantes las tasas actuales.

Escenario 2 : se eliminaron por completo los procesos de destrucción del medio ambiente ligados a la ganadería (degradación y deforestación ganadera). Las tasas de

Figura a. Proyecciones de uso del suelo en México hacia 2021 bajo diferentes escenarios. El porcentaje del territorio bajo diferentes formas de uso depende de las tasas de deforestación, alteración y degradación. Éstas se modificaron según diferentes escenarios (ver texto para los detalles).



Fuente: Instituto de Geografía, UNAM. Análisis del cambio de uso del suelo. México. 2002.

¿Hacia dónde va el uso de suelo? (continuación)

alteración, que probablemente están parcialmente ligadas a la ganadería, no fueron modificadas.

Escenario 3 : igual que el escenario 2, pero respecto al uso antrópico.

Escenario 4 : se eliminaron los procesos de alteración.

Escenario 5 : se redujeron simultáneamente todos los procesos de destrucción del medio ambiente (deforestación, alteración y degradación) a un 20% de sus valores actuales.

Como se aprecia en la Figura a, bajo el escenario 1 la vegetación silvestre tiende a reducirse considerablemente en las próximas décadas. La vegetación primaria sería la más afectada, lo que no se revertiría ni siquiera cuando se detuvieran completamente la deforestación y degradación por ganadería o agricultura (escenarios 2 y 3). Una mejoría notable se percibe suspendiendo sólo los procesos de alteración (escenario 4), lo que muestra que ésta tiene un impacto mucho mayor sobre la vegetación primaria que la deforestación misma. Al reducir la alteración se observa que la pérdida de superficies arboladas —primarias y secundarias, en especial en los bosques— es mucho menor que en el escenario 1, aun a pesar de que no se modifican las tasas de deforestación directamente; por el contrario, detener sólo la deforestación (escenarios 2 y 3) tan sólo serviría para incrementar las superficies de vegetación secundaria.

Para que la vegetación primaria mantuviera su extensión actual durante las próximas décadas no bastaría con atacar ningún proceso en forma aislada, más bien sería necesario reducir todas las tasas simultáneamente (escenario 5). Se encontró que dicha reducción debería de ser de al menos un 80%. Sin embargo, ni siquiera una disminución tan grande sería suficiente para conservar los matorrales y otros tipos de vegetación (incluidos dentro de la categoría «otras»), pero sí redundaría en una recuperación de bosques y selvas. Por otra parte, los escenarios 2 y 3 reducirían considerablemente las superficies ganaderas y antrópicas, lo que generaría problemas dentro de la esfera social,

mientras que sólo el escenario 5 es capaz de estabilizar la extensión agropecuaria actual (Figura a).

Las proyecciones no deben considerarse como predicciones de lo que ha de ocurrir en el futuro. Su utilidad es señalar las tendencias actuales y los efectos de obtener diferentes estrategias de manejo. De los resultados se pueden sacar algunas conclusiones:

- Los cambios futuros más severos en la cubierta arbolada del país pueden no ser perceptibles a nivel de su cantidad sino de su calidad: la cantidad de selvas y bosques primarios se puede reducir muy rápidamente, no así la superficie total de estos tipos de vegetación. El alterar unas pocas tasas de cambio favorecería más a la vegetación secundaria que a los ecosistemas maduros.

- Cuando se toman en cuenta los procesos de alteración en el modelo, la superficie de vegetación primaria se reduce fuertemente. Por ello, dicho proceso constituye la mayor amenaza para las comunidades primarias, por encima de otras transformaciones (deforestación ganadera y antrópica) que también las afectan directamente.

- Reducir la alteración también frena el crecimiento de las superficies dedicadas a la ganadería y la agricultura. Esto probablemente esté relacionado con el hecho de que los terrenos alterados son más frecuentemente desmontados que la vegetación primaria (Figura 2.4)

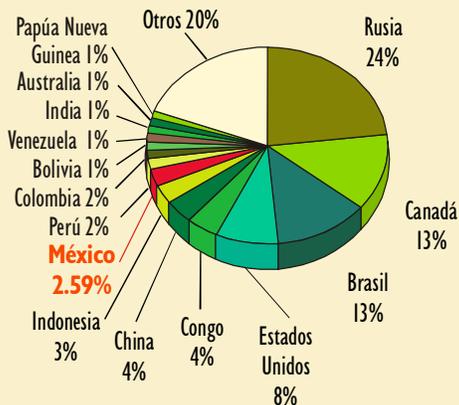
- Por su dinámica, los matorrales son sumamente susceptibles, y aun tasas de cambio de uso del suelo muy reducidas (escenario 5) dañarían fuertemente a estos ecosistemas. En especial se observan mermas importantes en la superficie proyectada cuando se incluye a la ganadería en el modelo.

- La reducción de actividades en un 80% para alcanzar la sustentabilidad es sólo una cifra aproximada. Tan sólo demuestra que debe efectuarse un cambio de gran magnitud en la forma de manejo del territorio si es que no se desea deteriorar más ecosistemas naturales y muestra la necesidad de atender simultáneamente todas las formas de deterioro del medio (deforestación, alteración y degradación) para alcanzar los resultados deseados.

Los bosques cerrados

Los bosques cerrados se caracterizan porque las copas de los árboles cubren el 40% o más de su superficie. Estos ecosistemas cobijan 2 870 millones de hectáreas en el mundo, es decir, el 74% de las áreas forestales totales reconocidas por la FAO. El 81% de esta superficie se encuentra en 15 países, entre los que se cuenta México (Figura a). Se considera que dichos bosques juegan un papel sumamente importante debido a su impacto sobre los ciclos de agua y el carbono. Por ello su permanencia es crítica en cuanto a lo que se refiere al cambio global.

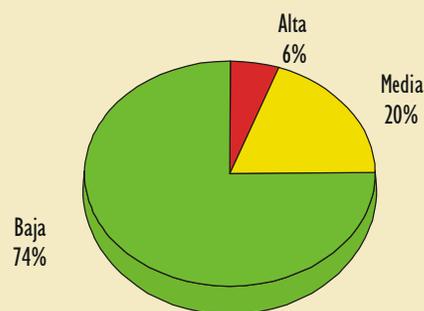
Figura a. Los bosques cerrados en el mundo, 1995. Un bosque cerrado tiene 40% o más de cobertura arbolada. México es el octavo país con más bosques cerrados en el mundo.



Dentro de estos quince países claves, Rusia, Canadá y Brasil destacan por alojar cerca del 50% de los bosques cerrados del mundo. México, en la posición número ocho, abarca el 2.59% de estas comunidades vegetales.

México destaca por ser uno de los países donde la densidad poblacional dentro de los bosques cerrados es más alta, siendo sólo superado por la India y China. Aún así, cerca de las tres cuartas partes de dichos bosques permanecen sujetos a una presión demográfica baja (menos de 25 habitantes por kilómetro cuadrado, Figura b).

Figura b. Presión demográfica sobre los bosques cerrados en México, 1990. Se considera presión demográfica alta si la zona tiene más de 100 habitantes por km², media si hay entre 25 y 100 habitantes, y baja por debajo de 25 habitantes por km². Los porcentajes están referidos a la superficie total de bosques cerrados del país.



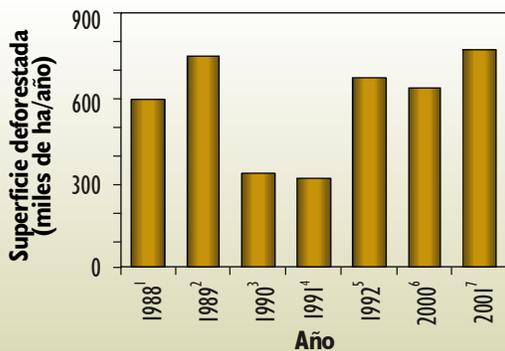
Fuente: PNUMA-NASA-USGS. An assessment of the status of the world's remaining closed forests. Nairobi, Kenia. 2001.

y el Caribe (Figura 2.7). En esta última región, México es el undécimo país con mayor tasa de deforestación, sólo superado por naciones centroamericanas, algunas islas del Caribe y Ecuador. En cuanto a la superficie deforestada, somos el quinto país en el mundo que más superficie forestal pierde al año y el único miembro de la OCDE cuyos bosques se están reduciendo (Figura 2.8).

El tema de la deforestación en México se caracteriza por la gran disparidad en las estimaciones que diferentes fuentes

arrojan sobre el particular. Tan sólo en la última década se han generado cifras que van desde 316 hasta 790 mil hectáreas al año (Figura 2.9, Cuadro III.5.3.10). Esto se debe sobre todo a la diversidad de métodos aplicados. De acuerdo con una cita de la FAO, en México anualmente se deforestan 631 000 hectáreas. Esto representa una tasa de un 1.07% anual. Una cifra similar aporta la comparación de los inventarios nacionales (CUSV 1993 e IFN 2000, véase *Siguiendo los inventarios*), que arrojan una cifra de

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



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

Fuentes: Elaboración propia con datos de: ¹Poder Ejecutivo Federal. Programa Forestal y de Suelo 1995-2000. México, 1996. Con base en la FAO, 1988; ²Castillo *et al.*, 1989; ³SARH, 1990 (modificado para excluir bosques abiertos); ⁴SARH, 1991; ⁵Masera *et al.*, 1992; ⁶FAO. *Global forest resources assessment 2000*. Roma, 2001 y ⁷Lichtinger, V. *Comunicado de prensa del 3 de diciembre del 2001*. Semarnat, 2001.

1.15% anual entre 1993 y 2000. Dichas fuentes sugieren que en ese periodo se perdieron 5 494 777 hectáreas de bosques y selvas, o 784 968 hectáreas al año: más de cinco veces la superficie del Distrito Federal (Tabla 2.1).

La deforestación depende de factores económicos. Por ejemplo, la explotación comercial en gran escala impulsa las elevadas tasas de deforestación en los estados de Chihuahua y Durango (Mapa 2.2). Los bosques de la zona están constituidos por extensas zonas dominadas por una especie, lo que hace que la extracción en cantidades industriales sea redituable a pesar de los precios relativamente bajos de la madera. Los modelos económicos predicen que los precios de la madera promueven el cambio de uso del suelo cuando son altos —se deforesta para vender— o cuando son muy bajos —no hay ningún incentivo para conservar el área forestal. Asimismo, el aumento de los precios de los productos agropecuarios provoca deforestación, debido a que los usos no forestales del suelo son más redituables (Cemda-Cespedes, 2002) o bien el mercado puede incrementar igualmente la superficie arbolada, como en el caso del café orgánico (véase **Precios y medio ambiente: los cafecultores chiapanecos**). De igual forma, un bosque carece de valor

económico cuando la extracción selectiva lo ha desprovisto de los árboles más cotizados. Aunque esta actividad no retira toda la cubierta forestal directamente, su secuela podría ser la deforestación. Los productores perciben un mayor beneficio económico al eliminar los bosques empobrecidos y emprender otras actividades productivas en ellos. Esta lógica puede ser responsable de que los bosques y selvas perturbados sean desmontados en mayor proporción que la vegetación primaria (Figura 2.4).

La alteración seguida de deforestación es la ruta de cambio de uso del suelo más frecuente en México, en especial cuando se trata de selvas (Cemda-Cespedes, 2002). Por otra parte, las zonas de vegetación secundaria en muchos casos están cerca de las poblaciones humanas, son más accesibles y muchas ya fueron cultivadas en el pasado, por lo que son más proclives a ser deforestadas. En contraste, las zonas remotas permanecen poco alteradas hasta que se abren vías de acceso para la extracción de maderas o petróleo, actividades agropecuarias, etc. Los caminos permiten la creación de nuevos asentamientos humanos dedicados a la ganadería y la agricultura, actividades que impiden la regeneración de la vegetación e intensifican la deforestación. En Brasil, por ejemplo, se ha encontrado que el 86% de la deforestación ocurre a menos de 25 kilómetros de los caminos previamente abiertos en un periodo de cinco años (WRI, 2000; Challenger, 1998).

Por todo lo anterior, las actividades agropecuarias están identificadas como las mayores responsables de la deforestación en México (Figura 2.10). Los desmontes ilegales son la segunda causa. Las cifras sobre esta actividad están incompletas en muchos casos (no es sino hasta 1997 que se tiene información de 17 entidades; no hay registros anteriores a esta fecha) y las fuentes son poco congruentes. Los incendios forestales ocupan el tercer lugar entre las causas de deforestación. Prácticamente la mitad de ellos se relacionan con las actividades agropecuarias tales como la roza, tumba y quema o la renovación de pastizales por quema. En los casos donde no se toman precauciones, el fuego puede salirse de control. A menudo, una zona que ha sufrido un incendio no se recupera, ya que es ocupada inmediatamente para otros usos como el agropecuario o el urbano. Es un hecho

Precios y medio ambiente: los cafeticultores chiapanecos

El modelo clásico de que pobreza y degradación ambiental son un círculo vicioso ha sido cuestionado fuertemente. Si bien hay ejemplos donde este ciclo parece aplicarse, recientemente muchos estudios de caso han señalado que a menudo el modelo resulta simplista (Lambin *et al.*, 2001). En efecto, el crecimiento poblacional o las limitantes tecnológicas o ambientales resultan en falta de recursos, pero no necesariamente se recurre entonces a la sobreexplotación. El mercado puede proporcionar los bienes faltantes y para acceder a ellos los campesinos acuden a la producción de cultivos comerciales en vez del autoconsumo. La pobreza sólo interviene haciendo que los campesinos sean más vulnerables ante los cambios económicos (mediados por las acciones institucionales), tales como la apertura de nuevos mercados.

Ésta ha sido la estrategia de los campesinos de Chiapas. La zona experimentó un crecimiento poblacional en el periodo de 1950-1970, acompañado con un incremento en la deforestación y la intensificación de la agricultura de roza, tumba y quema. A partir de entonces, la comunidad de Polhó inició un proceso de intensificación comercial de su producción. Entre 1973 y 1991, el 25% de los cultivos fueron reemplazados por vegetación arbolada secundaria, en la cual se establecieron cafetales. Esto ocurrió a pesar de que la población en la región se duplicó durante el mismo periodo. Como resultado, los ciclos de descanso en la agricultura no se redujeron como en el caso de Yucatán

(véase *Creecer o migrar: ¿y la naturaleza?* en el capítulo I).

La crisis del café desencadenó un segundo proceso de intensificación económica cuando la comunidad enfrentó la caída en los precios, acudiendo a la certificación de su producción como «café orgánico». De este modo fue posible mantener el ingreso familiar sin recurrir al cambio de uso del suelo ni a la degradación ambiental. En este caso, los cambios en los mercados globales son los agentes del cambio en el ambiente: en varias regiones de México se abandonó el cultivo del café, mientras que en otras (que cuentan con «sellos verdes»), el producto a la fecha sigue siendo redituable.

La cafecultura ha demostrado ser una alternativa de intensificación que no sólo no resulta en la degradación ambiental, sino que puede revertir el proceso de deforestación. También nos demuestra el enorme impacto que la economía, mediada por las acciones institucionales, tiene tanto en el medio campesino como en la conservación del ambiente.

Fuentes: Lambin, E. F., B. L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, C. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E.F. Morán, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel y J. Xu. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change* 11: 261-269. 2001.

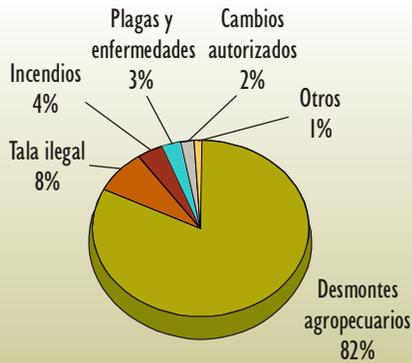
Bandeira, F. P., J. López-Blanco y V. M. Toledo. Landscape management among tzotzil coffee growers of Polhó, Chiapas, Mexico: an alternative to deforestation. Aceptado por *Human ecology*. En prensa.

que buena parte de los incendios son provocados clandestinamente con la finalidad de invadir zonas arboladas protegidas por la ley o las instituciones locales. Por último, los incendios accidentales provocados por personas irresponsables al dejar encendida una fogata o una colilla de cigarro generan un porcentaje importante de conflagraciones (Figura 2.11).

El número de incendios y la superficie siniestrada han aumentado en forma sostenida a lo largo de los últimos 30

años (Figura 2.12, Cuadros III.5.3.1 y III.5.3.2). Cerca de una quinta parte de la superficie afectada se encuentra en bosques y selvas (Figura 2.13, Cuadro III.5.3.3). La intensificación de los incendios se puede atribuir a varios factores: 1) La práctica de prevención de combate al fuego. Paradójicamente, en el intento por prevenir incendios en los bosques se suele acumular material inflamable, como hojas y ramas secas, en cantidades cada vez mayores, de tal suerte que si llega a presentarse una conflagración, adquiere dimensiones incontenibles. 2) Algunos fenómenos

Figura 2.10. Causas de deforestación en México.



Fuente: Semarnat. Cifras de la deforestación en México. S/f. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/produccion/recforestales/inv3.shtml>.

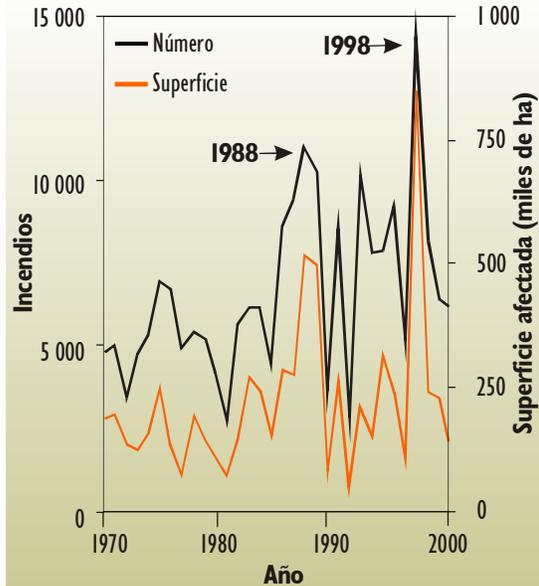
Figura 2.11. Principales causas de incendios forestales en México, 1998-2000.



Fuente: Conabio. Memorandum de país, Documento de trabajo. México, 2002.

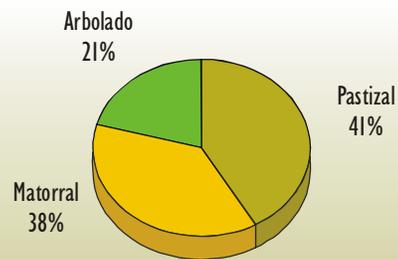
meteorológicos pueden estar relacionados con los incendios. En Yucatán, los huracanes de gran magnitud generalmente van seguidos por siniestros descomunales, como sucedió en Sian Ka'an en 1989 tras el huracán Gilberto (López-Portillo *et al.*, 1990). También de gran importancia es el fenómeno oceánico y meteorológico conocido como «El Niño», que provoca sequías y aumento de la temperatura en México (véase *El Niño propicia los incendios forestales*). El calentamiento global podría ocasionar un recrudecimiento de los incendios forestales en el futuro. 3) Incremento de las actividades humanas que provocan fuegos,

Figura 2.12. Incendios y superficie afectada, 1970-2001. Los años de 1988 y 1998 destacaron por la magnitud de la superficie incendiada. Hay una tendencia a que los años recientes presenten incendios más frecuentes e intensos.



Fuentes: Hasta 1998: Semarnap, Subsecretaría de Recursos Forestales, 1999. Para 1999-2000: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, 2002.

Figura 2.13. Superficie incendiada según tipo de vegetación en México entre 1998 y 2001.



Fuentes: Semarnap. Los incendios forestales de México. México, 1998 y Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental 1999-2001, 2002.

o cambio del régimen de incendios debido a alteraciones humanas del sistema (véase la sección siguiente). Desgraciadamente no se cuenta con estadísticas que nos permitan evaluar la contribución del factor humano al incremento de los incendios.

El Niño propicia los incendios forestales

Cada tres a siete años las corrientes oceánicas del Pacífico sufren alteraciones que modifican el clima mundial. Cuando en las costas de América el océano se calienta se dice que se presenta un año de El Niño. Entre sus consecuencias más dramáticas se encuentran la sequía en el —típicamente— húmedo sudeste de Asia, y las lluvias torrenciales en la —también típicamente— hiperárida costa peruana. Este patrón invertido de lluvias tiene efectos importantes sobre los ecosistemas terrestres. Son los años en los cuales las plantas de los desiertos pueden establecerse, mientras que en los ecosistemas húmedos la reproducción se reduce. En estos últimos sitios es común que se presenten incendios debido a la sequía. La magnitud del cambio climático es tan grande que los incendios del sudeste asiático durante El Niño de 1997-1998 incrementaron sustancialmente la cantidad de bióxido de carbono en la atmósfera del planeta.

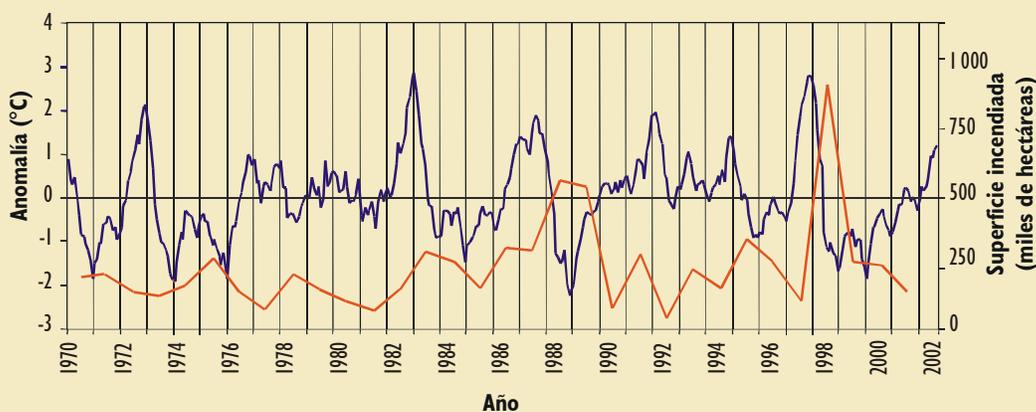
En México se ha sugerido que El Niño es uno de los factores causantes de los incendios forestales. Efectuando un análisis sencillo, parece que la intensidad de este fenómeno (medida como la máxima anomalía mensual

en la temperatura de la región 3.4 en el centro del océano Pacífico) apenas explica un 4% de la superficie incendiada en México. Sin embargo, si se toma en cuenta la intensidad del fenómeno durante dos años consecutivos (medida como el producto de las anomalías) el panorama cambia: El Niño es capaz de explicar hasta en un 42% del por qué en ciertos años los incendios forestales tienen consecuencias mínimas en comparación con otros años en los que consumen cientos de miles de hectáreas (Tabla a).

En los últimos 30 años, los episodios de incendios de enorme magnitud ocurrieron en 1988 y 1998, cuando el océano permaneció caliente durante los primeros meses del año tras un fuerte evento de El Niño en el año previo (Figura a). Esta coincidencia exagera la intensidad y duración de la sequía y puede provocar incendios de proporciones catastróficas.

Algunos investigadores sostienen que el calentamiento global probablemente está detrás de la frecuencia con la que se ha presentado El Niño en los últimos 20 años. De ser así, es previsible que México sufra sequías intensas en el futuro, con los consecuentes

Figura a. Anomalía en la temperatura del Pacífico (en azul) y superficie incendiada en México (en rojo), 1970-2001. Anomalías positivas indican que la temperatura del mar está por encima de lo normal y que se trata de un año de “El Niño”. Nótese como tras una anomalía prolongada e intensa se presentan fuertes incendios, especialmente en los últimos años.



El Niño propicia los incendios forestales (continuación)

incendios forestales. En realidad, éste es un tema sobre el cual aún no hay consenso en el medio científico, por lo que no se pueden hacer predicciones. Aun así, el factor tiempo por sí mismo aporta un 8% adicional de la variación en la superficie incendiada entre años. Esto quiere decir que la tendencia a que los incendios sean cada vez más extensos no se debe sólo a la frecuencia con la que El Niño ha aparecido recientemente. Otros factores también están haciendo que nuestro país sea cada vez más susceptible ante el fuego (véase «Alteración de bosques y selvas»).

Fuentes: Hasta 1998: **Semarnap**, Subsecretaría de Recursos Forestales. 1999. Para 1999-2001: **Semarnat**, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, 2002.
Rojas, E. *Estudio del fenómeno de El Niño*. 2000. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/elnino/>

Tabla a. Evaluación de los efectos del año de El Niño sobre los incendios en México. Los resultados corresponden a un análisis de varianza.

Fuente ¹	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados Medios	F	Significancia ²	Variación explicada (%) ³
Anomalía	86 060	1	86 060	5.95	0.0214	10.81
Efecto acumulativo de anomalías consecutivas ⁴	253 825	1	253 825	17.5	0.0002	31.88
Tiempo (año)	66 247	1	66 247	4.58	0.0414	8.32
Error	390 058	27				

¹Factor que provocaría que la superficie incendiada en un año dado sea grande o reducida.

²Probabilidad de que la correlación entre cada factor y la superficie incendiada en México se deba al azar, y no a una relación causal verdadera.

³Grado en el que cada factor determina la superficie incendiada en un año dado.

⁴Medida como el producto de la anomalía de un año dado por la del año anterior previo.

Mapa 2.7. Porcentaje de la vegetación natural afectada por incendios forestales por entidad federativa, 2000.



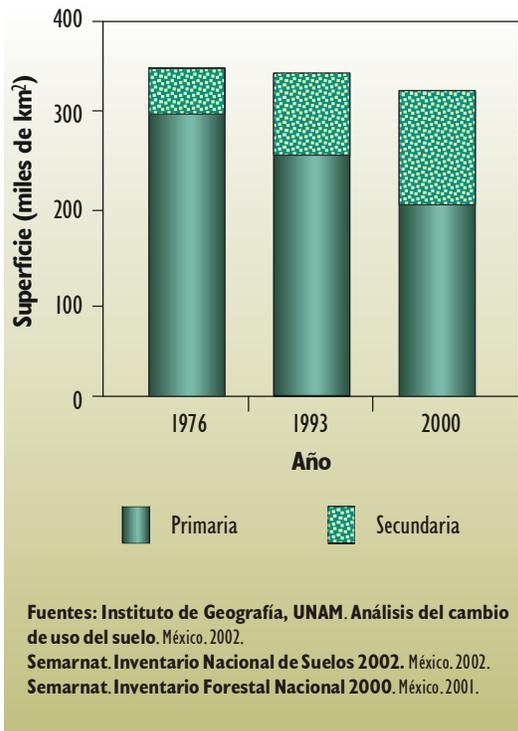
¹Los valores se calcularon como el cociente entre la superficie afectada y la superficie total de vegetación natural remanente del estado en ese año.

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

Las zonas más fuertemente afectadas por los incendios se distribuyen a lo largo de las grandes cordilleras de México, así como en algunas selvas del sureste. En 2000, Durango, Chiapas y Chihuahua fueron las entidades con las mayores

superficies siniestradas, aunque en proporción a la cobertura de vegetación natural por estado, el Distrito Federal, Tlaxcala y México fueron los más afectados (**Cuadro III.5.3.2.**, Mapa 2.7).

Figura 2.14. Cambio en la superficie de bosques primarios y secundarios en México, 1976-2000.



Alteración de bosques y selvas

De acuerdo con el IFN 2000, el 40% de la cubierta forestal del país está perturbada. La CUSV reporta una cifra mayor (43.6%) para 1993. Esto es producto de la falta de congruencia metodológica entre fuentes más que de una reducción efectiva de la vegetación secundaria (véase **Siguiendo los inventarios** en este capítulo para los detalles). El análisis de cambio de uso del suelo generado dentro del IFN 2000 arrojó una tasa de crecimiento de la vegetación secundaria de 1.7% anual, que se mantuvo constante desde 1976. Una comparación de las CUSV de 1976 y 1993 (más confiables cuando se trata de vegetación secundaria) proporciona una estimación muy distinta: con un 3.43% anual, la alteración de bosques y selvas constituye uno de los procesos de cambio de uso del suelo más rápidos de nuestro país.

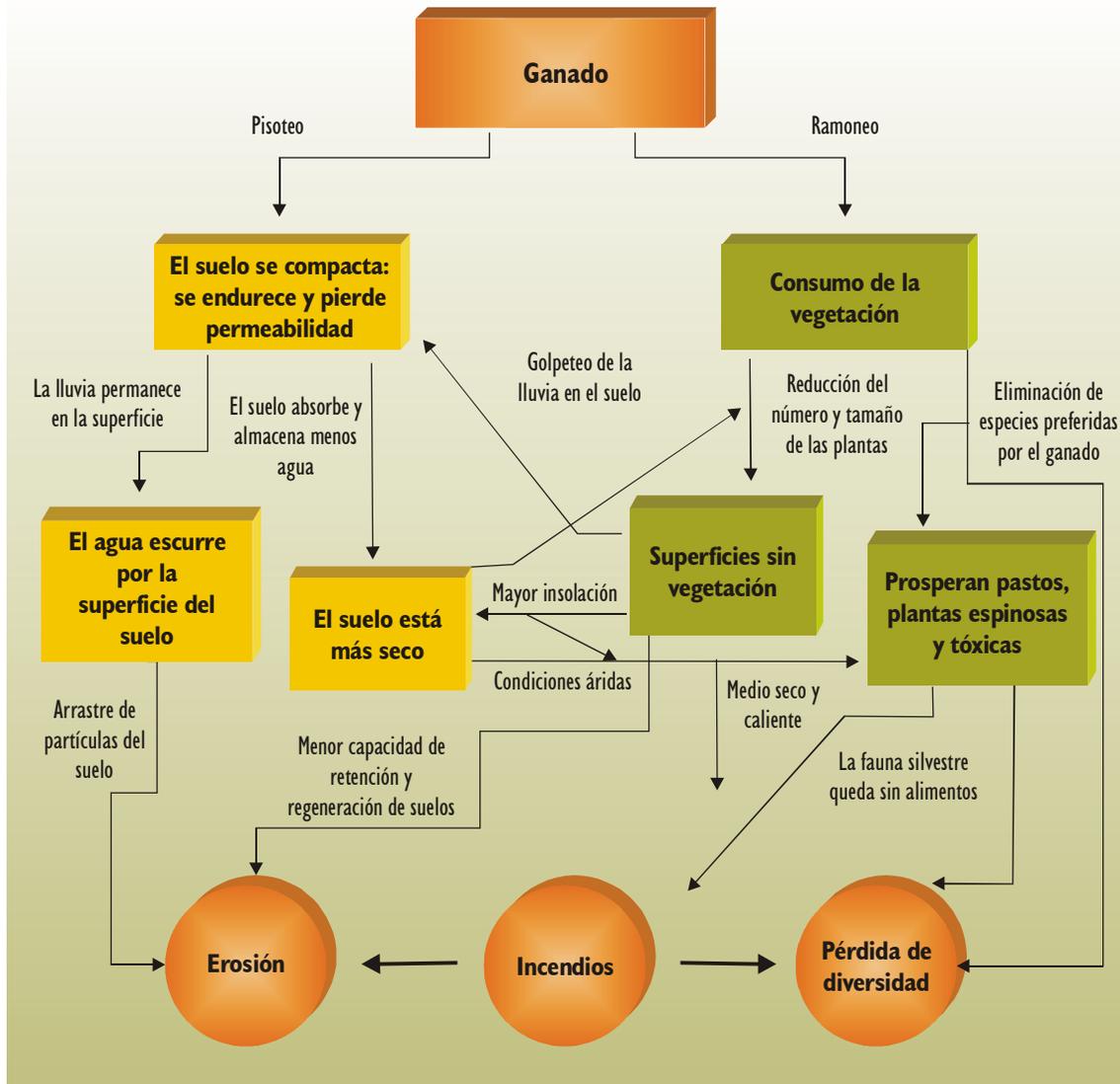
Las cifras de deforestación que se mencionaron en la sección previa no consideran el deterioro de la vegetación. Cuando en una localidad boscosa hay cada vez menos árboles, no se registra el cambio de uso mientras la cobertura arbórea

se mantenga por arriba de un valor crítico (por ejemplo, el 10% para la FAO). Cuando el umbral es rebasado, entonces se dice que la deforestación tiene lugar. Tomemos como ejemplo las bajas tasas de deforestación de bosques entre 1976 y 1993 (Figura 2.3). Mientras que la superficie boscosa total casi no se redujo en el periodo, la superficie de bosques primarios sí se vio muy menguada (Figura 2.14). La tasa anual de deforestación y alteración combinadas fue de 0.93% anual entre 1976 y 1993, cifra diez veces superior a la tasa de deforestación *sensu stricto*, de 0.09%. Para el periodo 1993-2000 ocurre algo semejante, con tasas anuales de 0.79% (sólo deforestación) y 3.24% (deforestación y alteración). Estas tendencias nos muestran el enorme impacto que los procesos de alteración tienen sobre nuestro territorio. A pesar de ello, normalmente no se les da la importancia debida.

Una porción considerable de la vegetación perturbada que reportan los inventarios de uso del suelo es resultado de la regeneración de sitios que fueron deforestados. En los demás casos, la vegetación primaria se ha ido deteriorando sin que los árboles hayan sido removidos de manera simultánea. Desafortunadamente, no hay datos sobre la importancia relativa de cada vía para el crecimiento de la superficie alterada. Debido a que la primera es producto de la deforestación, analizada en la sección previa, aquí nos concentraremos en la alteración paulatina.

La forma de alteración más parecida a la deforestación es la extracción selectiva de maderas. A diferencia de los bosques templados, en las selvas coexisten decenas de especies de árboles por hectárea. La mayoría de ellos carecen de mercado, por lo que su aprovechamiento es incosteable. Dispersas entre estos árboles crecen maderas preciosas como la caoba (*Swietenia*) y el cedro rojo (*Cedrela*), que son taladas sin derribar las plantas circundantes. No obstante, se estima que durante el proceso de tala de un árbol como la caoba se daña entre 30 y 50% de la vegetación adyacente (Kartawinata, 1979, en Challenger, 1998). Otra forma de explotación de la madera es la extracción de árboles o ramas para obtener leña. A pesar de que la prohibición local de cortar leña en pie es común en México, la práctica subsiste debido a la necesidad del combustible. La quinta parte de

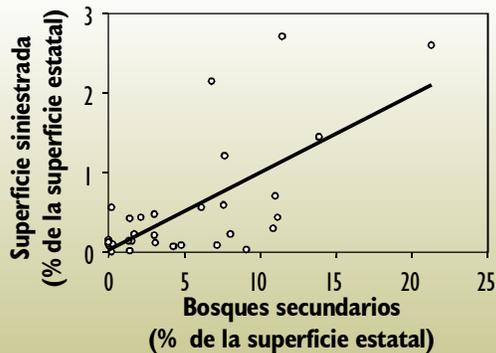
Figura 2.15. Efecto de la ganadería sobre la vegetación natural. A través de una cadena de efectos que interactúan, la alteración por ganado puede provocar erosión, incendios y pérdida de diversidad.



los mexicanos utiliza leña para cocinar y consume cerca de 36 millones de metros cúbicos anualmente (64% de la producción maderera del país, según Conafor, S/F). La superficie de la cual se extrae tal cantidad de energéticos debe ser enorme. La extracción de leña y maderas preciosas no sólo afecta directamente a esos recursos, durante el proceso de tala de un árbol como la caoba se daña entre el 30 y 50% de la vegetación adyacente (Kartawinata, 1979 en Challenger, 1998). Además, ambos procesos implican la apertura de caminos que son la puerta de entrada para actividades como la ganadería o la agricultura.

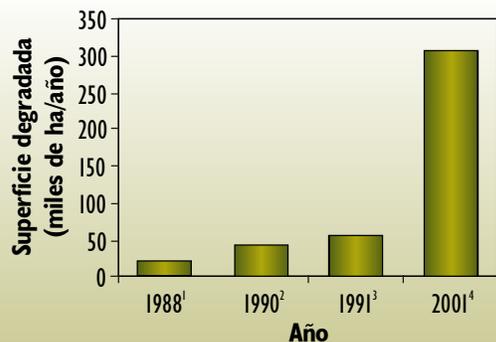
Hasta aquí los pastizales han sido señalados como indicadores de uso ganadero debido a que son fácilmente cartografiables y se conoce con precisión su extensión. Sin embargo, la ganadería extensiva también tiene lugar dentro de los bosques y selvas, alterando grandes superficies. El ganado afecta directamente estos ecosistemas a través del pisoteo y el consumo de las plantas silvestres que ahí crecen. Estas alteraciones perturban a su vez el ciclo hidrológico, el suelo y la vegetación en su conjunto, desembocando en erosión, pérdida de biodiversidad e incendios (Figura 2.15).

Figura 2.16. Relación entre la alteración de los bosques y selvas y los incendios en México, 1998. Los estados sin bosques o selvas alteradas apenas sufrieron los efectos de El Niño de 1998; por el contrario, las entidades con más vegetación secundaria fueron las más afectadas.



Fuentes: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.
Semarnat, Subsecretaría de Recursos Forestales. 1999.
Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. 2002.

Figura 2.17. Estimaciones de las tasas de degradación de matorrales en México, 1998-2001.



Fuentes: Elaboración propia con datos de: Poder Ejecutivo Federal. Programa Forestal y de Suelos 1998-2000. 1996, con base en la ¹FAO, 1988; ²SARH, 1990 y ³SARH, 1991.
⁴Lichtinger, V. 2001. Comunicado de prensa del 3 de diciembre del 2001. Semarnat.

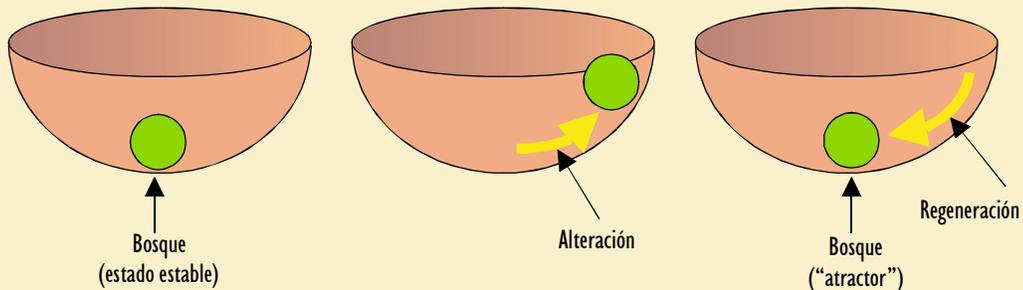
Uno de los efectos de la alteración es la modificación del microclima, que se vuelve más seco y caliente. Esto se debe, en gran medida, a que la cubierta vegetal reducida

permite tanto el paso del viento (que generalmente es más seco fuera de las zonas arboladas) como de la radiación solar hacia el interior de la zona forestal. Si a esto se suma que actividades como la obtención de leña incrementan la cantidad de materia combustible en el suelo, las condiciones están dadas para los incendios forestales. Durante el evento de El Niño de 1997-1998 en Indonesia se pudo corroborar que la vegetación alterada se incendió espontáneamente con mucha mayor frecuencia que las selvas primarias (Page *et al.*, 2002). Esto mismo ocurrió en México, la superficie estatal que fue afectada por los incendios asociados al evento de El Niño de 1997-1998 estuvo determinada en un 46.5% por la cantidad de bosques secundarios en la entidad. Aquellos estados que carecían de bosques secundarios prácticamente no sufrieron los efectos de El Niño (Figura 2.16). Lo más grave es que una vez que una zona se incendia se vuelve más susceptible a siniestros posteriores, los cuales además pueden ser más intensos debido a la acumulación de materia vegetal muerta tras una conflagración (WRI, 2000). De este modo, la alteración humana de los bosques puede generar un «círculo vicioso» donde los incendios forestales son cada vez más frecuentes e intensos. Es muy importante determinar el papel de este proceso en la creciente frecuencia de las conflagraciones en México (Figura 2.12).

En todos los procesos que se han citado hay un denominador común: la alteración acarrea más degradación. Así, la vegetación secundaria es deforestada más rápido que la primaria (Figura 2.4), los accesos abiertos para la extracción de maderas preciosas permiten a campesinos y ganaderos colonizar nuevas zonas, la ganadería extensiva provoca erosión, la corta de leña promueve incendios y la vegetación perturbada es mucho más susceptible a las catástrofes naturales (como huracanes, sequías o incendios) que la vegetación primaria. Todo esto se debe a que los procesos de alteración interactúan unos con otros en forma sinérgica. Sus resultados pueden ser despreciables en un inicio, pero la sinergia acelera las tasas de cambio, hasta que se desencadenan procesos de deterioro irreversibles. A esto se le conoce como «cambios catastróficos», y es precisamente en el ámbito de la ganadería que se han documentado con más detalle (véase **Cambios catastróficos**).

Cambios catastróficos

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



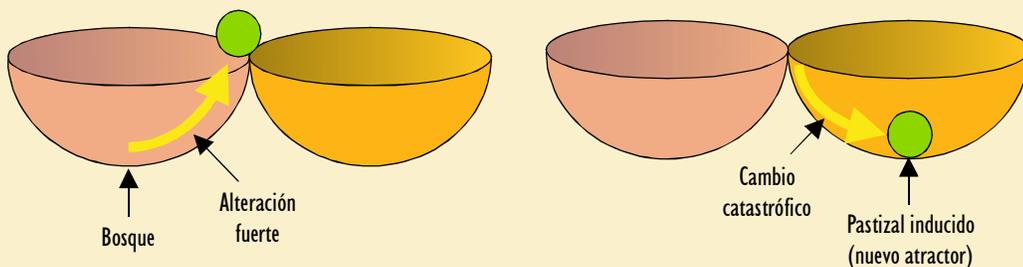
Las comunidades biológicas pueden ser visualizadas como canicas en un cuenco. Cuando están en el fondo del cuenco se encuentran en un estado estable. Este podría ser el caso de una comunidad «clímax» como un bosque maduro, el cual no cambia sensiblemente a lo largo del tiempo. Las actividades humanas alteran a la comunidad y la sacan de su estado estable. Sin embargo, cuando la presión cesa, la canica regresa naturalmente a su estado inicial, que por ello se conoce como «atractor». Así, la sucesión secundaria se encarga de devolver la vegetación a su estado clímax de bosque maduro (Figura a).

Una alteración sumamente fuerte es equivalente a alejar al ecosistema de su estado inicial. En estos casos se corre el riesgo de sacar la canica del cuenco y hacerla entrar en otro distinto. Una vez que esto sucede ya no importa si se sigue empujando la canica, ésta continuará desplazándose hasta llegar al nuevo atractor (Figura b). A este proceso se le conoce como cambio catastrófico,

pues el ecosistema llega a un nuevo estado estable, totalmente diferente del original: tal vez un pastizal en vez de un bosque. Además, ya no importa si se suspenden las actividades que generaron la alteración en un principio: la canica no volverá por sí sola al cuenco original. Estamos ante un cambio irreversible.

Este modelo ha sido validado para el caso de las sabanas africanas. En México, éste puede ser el caso de los pastizales del sur de Campeche. Se cree que éstos fueron selvas que en tiempos prehistóricos fueron sometidas al fuego durante siglos. De esa manera, era más sencillo acorrallar a las presas durante la cacería. La selva fue sustituyéndose por un pastizal que ahora es capaz de incendiarse espontáneamente sin la intervención del hombre. Bajo estas condiciones, los árboles no pueden volver a colonizar la zona. Varios investigadores creen que éste puede ser el destino de muchos pastizales que se han inducido en las selvas mexicanas a fin de criar ganado.

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



Mientras que la deforestación es típicamente una forma de disturbio agudo, la alteración corresponde a la forma crónica, cuyos efectos son acumulativos, sinérgicos y cada vez más veloces, hasta volverse irreversibles (véase **Disturbio natural, agudo y crónico** en el capítulo I). Cabe señalar que el disturbio crónico está ligado a los sistemas productivos tradicionales y que éstos están sufriendo procesos importantes de intensificación (véase «La esfera social y el medio ambiente» en el capítulo I). Es necesario poner especial atención a los cambios que en este sentido se están desarrollando en el campo marginado de México.

Degradación de matorrales

Los matorrales, huizachales y mezquiales que caracterizan las zonas áridas y semiáridas de México también han sido deteriorados por la acción humana. Sin embargo, en muchos casos la degradación de esta vegetación no recibe la importancia debida, puesto que se le considera más un problema que un recurso. Es frecuente la concepción errónea de que los desiertos son un producto indeseable de las actividades humanas. De hecho, a menudo se habla de «convertir el desierto en un vergel» a fin de remediar sus pobres condiciones. La realidad es que los desiertos mexicanos

son ecosistemas ricos en especies, muchas de ellas endémicas y con importancia económica y cultural a escala local y regional.

Las estimaciones de la tasa con la cual los matorrales son transformados a otros usos del suelo son más variables que en el caso de la deforestación. A pesar de que a lo largo del tiempo los datos sugieren una aceleración en las tasas de destrucción (Figura 2.17), es probable que ello sea más el resultado del uso de diferentes métodos que un reflejo de la realidad. De acuerdo con los inventarios nacionales, los matorrales constituyen la vegetación que está siendo transformada más lentamente (Figura 2.3). Se trata del ecosistema que se preserva en mayor proporción como vegetación primaria (85% de la superficie remanente). Al mismo tiempo, es el ecosistema que ha sido afectado más ampliamente. Considerando en conjunto tanto los matorrales primarios como los secundarios, ambos abarcan apenas 64% de su extensión original (Figura 2.2).

El matorral adquiere una gran diversidad de formas aún dentro de un espacio reducido. La vegetación que es resultado de la alteración en un sitio puede ser perfectamente natural en otro. Por ello es sumamente difícil reconocer cómo debió ser la vegetación primaria de un sitio dado o si se trata de

Mapa 2.8. Intensidad del pastoreo en matorrales y pastizales naturales.

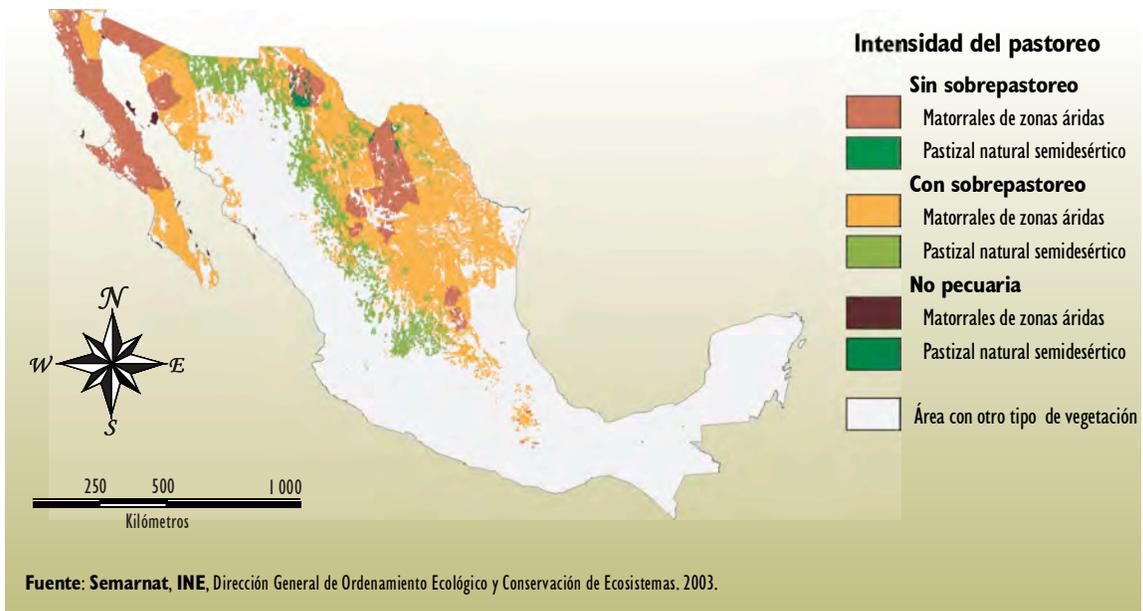
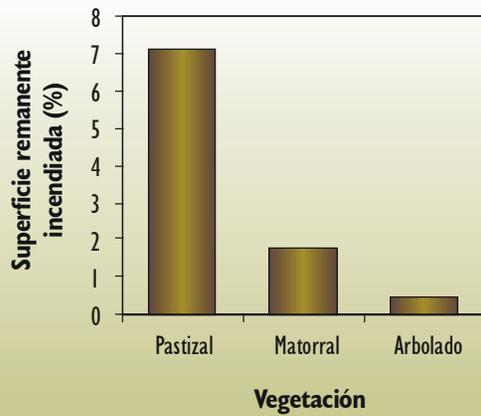


Figura 2.18. Proporción de la vegetación remanente que se ha incendiado entre 1998 y 2001, según tipo de vegetación.



Fuentes: Semarnat. *Inventario Nacional de Suelos 2002*. México. 2002. Semarnap. *Subsecretaría de Recursos Forestales, 1999*. Semarnat. *Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, 2002*.

una localidad con vegetación secundaria. Si se emplea percepción remota la situación es más complicada todavía. Por esta razón se han abordado técnicas alternativas para determinar si una zona está degradada o no. Considerando que la gran mayoría de los matorrales se emplean para la ganadería, un análisis realizado por el INE muestra que el número de cabezas de ganado rebasa la capacidad máxima del ecosistema en muchos municipios. De acuerdo con estos datos, 70% de los matorrales están sobreexplotados y, por lo tanto, en proceso de degradación. Esta cifra es muy diferente del 15% reportado en el IFN 2000 o el 13% de la CUSV 1993. Según el estudio del INE, sólo los matorrales del oriente de Coahuila, el desierto de Altar y la porción central de la península de Baja California no están sobrepastoreados. El sobrepastoreo afecta 95% de los pastizales naturales de México, que de manera predominante crecen en el norte árido de la República (Mapa 2.8).

Cuando se habla de incendios generalmente se piensa en las imágenes de bosques en llamas que los medios difunden. Sin embargo, en nuestro país los pastizales y los matorrales son los más afectados por el fuego (Figura 2.13). Además, el porcentaje de la vegetación dañada es mucho mayor que en las zonas arboladas (Figura 2.18).

Los matorrales son ecosistemas sumamente frágiles. Así lo revela el hecho de que, en las regiones de clima seco, es el tipo de vegetación más afectado de cuantos ahí crecen (véase «Zonas secas: la amenaza de la desertificación» en el capítulo 3). En especial, la ganadería tiene un efecto muy destructivo sobre los matorrales, puesto que cuando se elimina este factor de deterioro en las proyecciones de uso del suelo se obtienen las menores reducciones en la superficie de matorrales (véase *¿Hacia dónde va el uso del suelo?*). El ganado, como la mayoría de los procesos de alteración señalados antes, tiene un efecto muy similar sobre las zonas áridas. Sin embargo, los ritmos ecológicos de los desiertos se cuentan entre los más lentos del mundo. Así, los efectos de las actividades humanas tardan mucho tiempo en ser borrados por el ecosistema, por lo que las consecuencias de nuevas perturbaciones se van acumulando. Consecuentemente, la vegetación de las zonas secas es muy susceptible a los procesos de alteración, ya que la aceleración y sinergia típicos del disturbio crónico son muy intensos; de hecho reciben un nombre especial: desertificación. Generalmente la desertificación se cuantifica a partir de sus efectos sobre el suelo, por lo que el tema se trata más ampliamente en la sección «Zonas secas: la amenaza de la desertificación» del capítulo siguiente.

Fragmentación

Cuando la vegetación original de una zona es retirada, con frecuencia quedan pequeños manchones intactos inmersos en áreas sumamente degradadas. Las barrancas y las cúspides de montañas y cerros constituyen los únicos remanentes de vegetación que quedan en muchas regiones de México. Estas «islas» de vegetación generalmente albergan menos especies que una superficie equivalente incluida dentro de una gran extensión de vegetación ininterrumpida. Algunas especies no pueden vivir en los fragmentos pequeños y numerosos procesos de degradación tienen lugar en los bordes (véase *Islas, jaguares y ventiscas*).

Por todo esto, cuando se busca conservar la vida silvestre no basta conocer la superficie que abarca la vegetación. No es lo mismo contar con una gran masa selvática de 100 000 hectáreas que con cien fragmentos de mil hectáreas cada uno. Sin embargo, se han hecho pocos esfuerzos para conocer

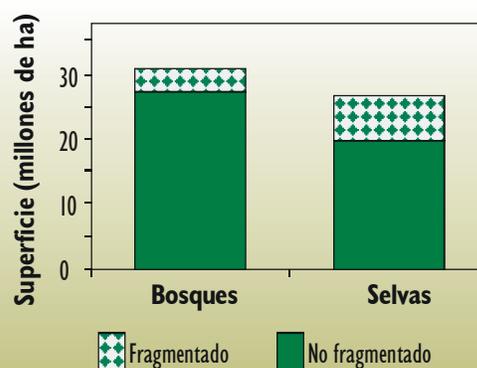
Islas, jaguales y ventiscas

Los fragmentos remanentes de vegetación natural son como islotes de ambiente benigno inmersos en un océano de cultivos y potreros que pueden resultar hostiles para la vida silvestre. Por ello puede aplicarse un modelo ecológico desarrollado para las islas oceánicas conocido como «teoría de biogeografía de islas». Una de las predicciones de este modelo es que el número de especies que habitan en una isla depende de su tamaño, siendo los sitios más grandes los que albergan mayor biodiversidad. Cuando una porción de vegetación queda aislada, el número de especies que habitan en ella declina hasta alcanzar el máximo que la nueva «isla» puede sostener dadas sus dimensiones reducidas.

Algunas especies requieren áreas de vegetación muy grandes para subsistir. El caso típico es el de los grandes depredadores, como el jaguar. Este felino patrulla territorios muy extensos (de unos 30 km² en la península yucateca, por ejemplo), los cuales le sirven como cotos de caza. La fragmentación del hábitat elimina por completo esta posibilidad. Además, la probabilidad de encontrar pareja para aparearse disminuye, lo cual puede provocar el empobrecimiento de la variabilidad genética de las poblaciones de estas especies.

Otra consecuencia de la fragmentación es el denominado «efecto de borde». En un paisaje fragmentado, un gran número de organismos se encuentra cerca del margen de los fragmentos, donde las condiciones son más secas y se establecen numerosas especies que estarían ausentes en la vegetación natural. Entre los efectos de borde conocidos pueden citarse dos que producen el lento retroceso de la frontera de las selvas: 1) Los fuegos empleados en varias prácticas agropecuarias que a menudo se extienden metros adentro de la zona arbolada, matando a las plantas e insectos. 2) Debido a que la velocidad del viento es mayor en los terrenos despejados, los árboles que crecen en los bordes son derribados por las ventiscas con mayor frecuencia que los del interior de la selva.

Figura 2.19. Fragmentación de bosques y selvas en México, 1994. La fuente considera sólo los sitios donde la vegetación forma un mosaico intrincado de pequeñas parcelas en diferentes estadios sucesionales y no considera fragmentos grandes.



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

la magnitud del problema. Un trabajo pionero ha presentado las primeras estimaciones para selvas y bosques a nivel mundial. Las cifras son alarmantes: apenas 35% de la superficie arbolada no está fragmentada (formando zonas continuas de más de 80 km²) ni sufre efectos de borde (se encuentra a más de 4.5 km de un borde). Si bien en Norte y Centroamérica la proporción es mayor (45%), tomando sólo los datos para los tipos de vegetación que hay en México, la cifra desciende a 33%. Las selvas constituyen los ecosistemas más fragmentados (Ritters *et al.*, 2000; véase **Un mundo fragmentado**).

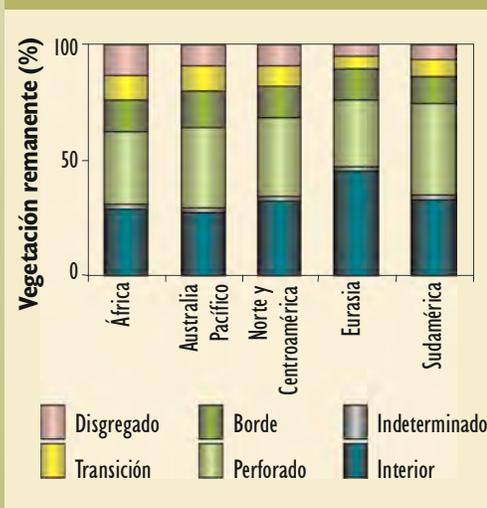
Los datos más detallados sobre fragmentación para el caso de México proceden del Inventario Forestal Nacional Periódico de 1994. De acuerdo con dicha fuente, 18% de las masas forestales mexicanas está fragmentada (Figura 2.19) y las selvas son las más afectadas. La diferencia entre el IFNP 1994 y el estudio de Ritters y colaboradores se debe con seguridad a que el primero clasifica como fragmentadas aquellas zonas donde los fragmentos son muy pequeños y se encuentran muy entremezclados, dejando de lado los fragmentos medianos y grandes, que sí son considerados en el segundo trabajo. El valor de los datos del IFNP es que nos permite comparar regiones dentro de México. En general, los estados del sur y sureste del país son los más afectados (Mapa 2.9).

Un mundo fragmentado

La fragmentación de los ecosistemas tiene diversos efectos negativos sobre la vida silvestre. Sin embargo, apenas se han dado los primeros pasos para determinar la magnitud del problema. En 2000 se publicó la primera evaluación mundial, para la cual se dividió la superficie de bosques y selvas en cuadros de 9×9 km. Cada cuadro se clasificó según la fragmentación de su vegetación remanente en seis categorías:

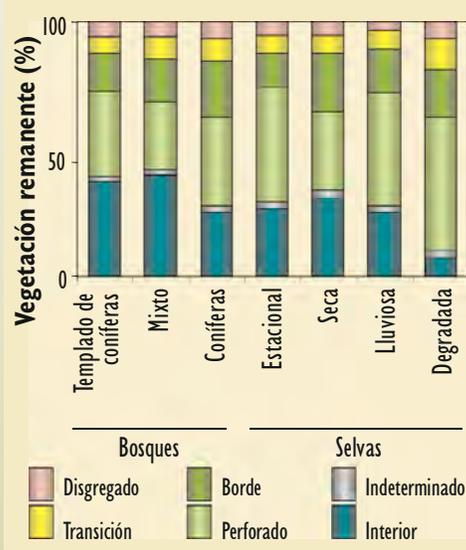
1. Bosque interno: superficies forestales que cubren totalmente el cuadro.
2. Borde: la superficie forestal forma uno o pocos bloques bien concentrados, generalmente bordes de bosques mayores.
3. Bosque perforado: la masa forestal es continua con algunos claros abiertos en su interior.
4. Bosque disgregado: superficies con bosque disperso en dos o más lotes.
5. Transición: situación intermedia entre las tres categorías previas.
6. Indeterminado: situación intermedia entre las condiciones de borde y perforado.

Figura a. Vegetación remanente que sufre diferentes formas de fragmentación en diferentes regiones del mundo. Sólo los bosques del interior no sufren fragmentación o efecto de borde.



De acuerdo con este esquema, sólo la categoría bosque interno no sufre fragmentación ni efectos de borde. Sólo una tercera parte de los bosques y selvas en el mundo cae en esta categoría. África y Oceanía son los continentes donde la vegetación está más fragmentada (Figura a).

Figura b. Fragmentación de los tipos de vegetación que se reconocen para México. Las estimaciones corresponden a toda Norte y Centroamérica.

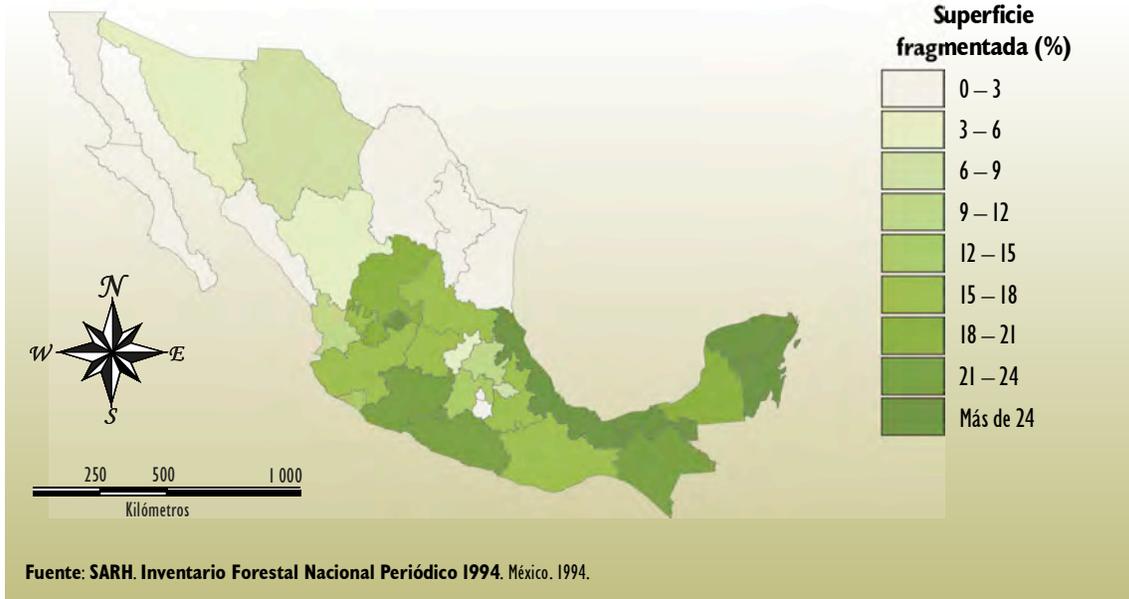


En Norteamérica, donde se encuentra México, la fragmentación global es menor. Sin embargo, los bosques boreales aportan un porcentaje importante de las masas ininterrumpidas de árboles en la región. Seleccionando sólo los tipos de vegetación que se distribuyen en México, se encuentra que están fragmentados en un 67% (Figura b).

Los datos para los bosques abarcan partes importantes de Estados Unidos y Canadá, mientras que las selvas abarcan partes importantes de Centroamérica, por lo que los datos pueden estar sesgados. Los autores del trabajo no reportan para países individuales.

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

Mapa 2.9. Grado de fragmentación de bosques y selvas por entidad federativa, 1994.



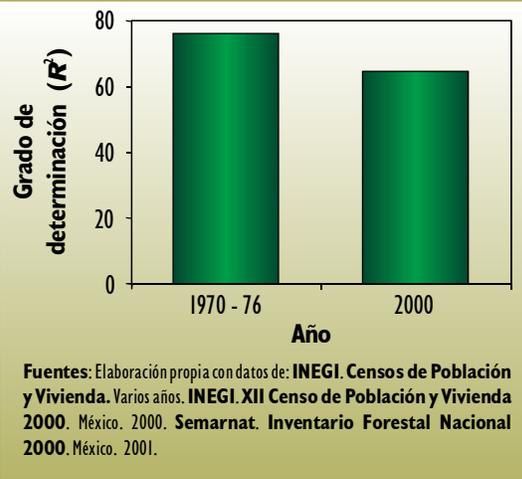
Factores relacionados con el cambio de uso del suelo

Se han señalado diferentes procesos como responsables del cambio de uso del suelo. Los modelos más simplistas indican que el crecimiento poblacional es el responsable del incremento de la superficie cultivada o destinada al ganado, puesto que es necesario alimentar a cada vez más población. Sin embargo, en las últimas décadas la superficie agropecuaria creció más lentamente que la población mundial debido en parte a que la producción es más eficiente. Vale la pena entonces analizar los efectos del crecimiento de la llamada «frontera agropecuaria» sobre los procesos de cambio de uso del suelo. Finalmente, el crecimiento de las ciudades es otra fuente destacada de modificaciones en esta materia.

Población

Sin duda, la población es decisiva por la magnitud del territorio que es utilizado por el hombre. En México, la cobertura antrópica (potreros y cultivos) de los estados está determinada en un 65% por la densidad poblacional actual. Sin embargo, la correlación es más fuerte con la densidad poblacional en el pasado que con la densidad presente. La

Figura 2.20. Grado de determinación de la superficie agropecuaria por la densidad de población, 1976-2000. Al reducirse la población ocupada en el campo, se han desacoplado la densidad poblacional y el uso del suelo.

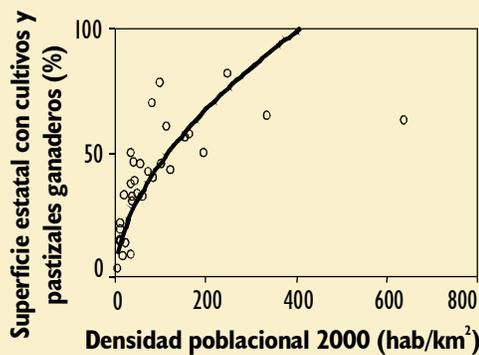


situación demográfica en 1950 determina en un 75% la cantidad de terrenos utilizados actualmente (véase *La inercia del pasado*). Este desfase histórico en el uso del suelo es, en parte, el resultado de los cambios en la estructura de la ocupación de la población. Conforme una

La inercia del pasado

Diversos modelos señalan que debería existir una correspondencia entre la densidad poblacional y la intensidad con la que el suelo es empleado. Dicho fenómeno se comprueba en México, donde los estados más densamente poblados destinan una mayor proporción de su superficie a las actividades agropecuarias (Figura a).

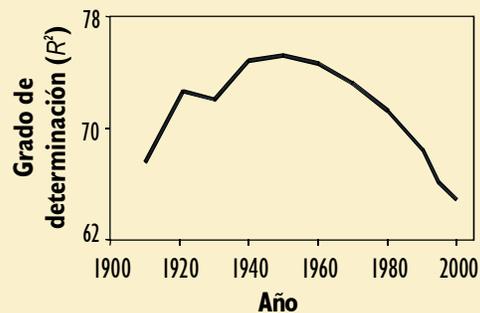
Figura a. Relación entre la densidad poblacional y la superficie dedicada a fines agropecuarios, 2000. Los estados más poblados destinan más superficie a la producción ($R^2=65\%$).



Sin embargo, la densidad poblacional es uno entre varios factores que definen el uso del suelo. De hecho, la superficie agropecuaria está determinada en un 35% por otros agentes. Sin embargo, al utilizar datos históricos se encuentra que la densidad poblacional en el pasado determina más fuertemente (hasta en un

proporción menor de mexicanos se dedica al sector primario, se va desacoplando la densidad poblacional y la cantidad de suelo que se emplea para agricultura y ganadería. Por ello en 1976, cuando la población se empleaba en el campo más que hoy en día, los datos de uso del suelo estaban determinados mucho más fuertemente por la densidad poblacional de aquel entonces de lo que ocurre actualmente (Figura 2.20). Por lo tanto, la densidad de personas ocupadas actualmente en el sector primario debiera corresponder mejor con la cobertura de cultivos y pastizales ganaderos que la

Figura b. Grado de determinación de la superficie agropecuaria actual por la densidad poblacional en el pasado, 1910 - 2000.



75% para 1950) la superficie agropecuaria actual (Figura b).

Esto quiere decir que los estados que en 1950 tenían una mayor densidad poblacional hoy tienen una mayor superficie destinada a uso agropecuario, lo que ocurre, hasta cierto punto, en forma independiente de la situación demográfica actual. Esto significa que la densidad de personas puede encontrarse desfasada en el tiempo de sus manifestaciones en el medio ambiente.

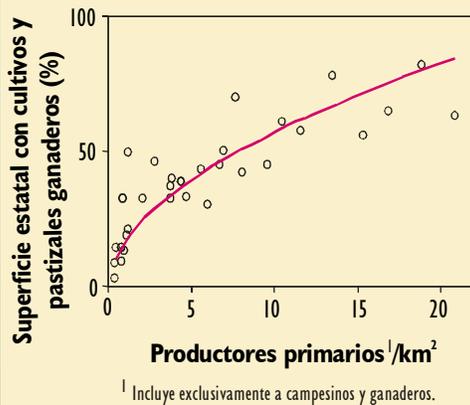
Fuentes: Elaboración propia con datos de: INEGI. Censos de Población y Vivienda: Varios años. INEGI. Censo de Población y Vivienda 1995. México, 1996. Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México, 2001.

densidad poblacional total. De hecho, así sucede (coeficiente de determinación = 75%), aunque aún se percibe cierta inercia histórica (véase **Ocupación, migración y uso del suelo**). Estos datos sugieren que los cambios que hoy sufra la población campesina no se manifestarán sobre el uso del suelo sino hasta dentro de unas décadas. A pesar de que la población rural ha dejado de crecer recientemente (Figura 1.3), se puede esperar que la inercia histórica mantendrá a la frontera agropecuaria en crecimiento por varios años. El aumento de la población urbana sin duda ejercerá también

Ocupación, migración y uso de suelo

La población rural está más cercanamente ligada a los usos agropecuarios del suelo. La densidad de personas ocupadas en el sector primario determina en un 75% la cobertura agropecuaria del suelo, bastante más que la densidad poblacional global (Figura a, y véase también *La inercia del pasado* en este capítulo).

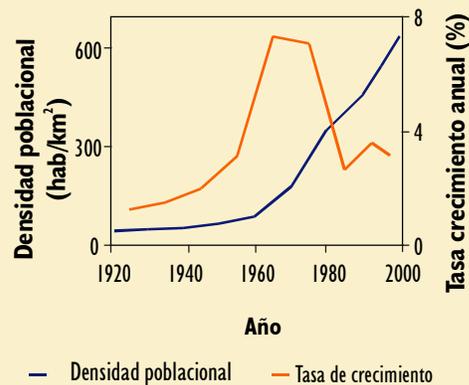
Figura a. Relación entre la densidad de personas ocupadas en el sector primario y la superficie dedicada a fines agropecuarios, 2000. Los estados con más campesinos y ganaderos destinan más superficie a la producción ($R^2=75\%$).



El mexicano ha abandonado el campo para ocuparse en el sector terciario (Figura 1.7), lo que sin duda ha modificado la relación entre la población y su efecto en el uso del suelo. El Estado de México es un ejemplo de ello. Después de 1950 la tasa de crecimiento poblacional en la entidad se elevó cuantiosamente debido a la migración hacia la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de México (Figura b). Esto elevó la densidad poblacional del estado, pero no su número de agricultores y ganaderos (éste creció a una tasa de 1.32% anual en los últimos 30 años, mientras que la población total lo hizo a una tasa de 4.18%).

Puede observarse cómo hasta 1950 la población de la entidad guardaba una relación con el uso del suelo parecida a la de los demás estados. Si el Estado de México siguiera comportándose actualmente como las demás entidades estaría cubierto en su totalidad por cultivos y pastizales. Sin embargo, apenas el 63% de su superficie se destina a tales usos (Figura c).

Figura b. Densidad poblacional y tasa de crecimiento poblacional en el Estado de México, 1920-2000.



A pesar de que el desfase temporal entre la densidad poblacional y el uso del suelo (véase *La inercia del pasado*) puede explicarse por el cambio en la ocupación del mexicano, si se considera solamente a los productores primarios también se observa un efecto histórico. En este caso, la densidad de personas ocupadas en dicho sector en 1970 determina en mayor medida (un 82%) el uso actual del suelo que la densidad actual de productores (Figura d).

Los estados con mayor número de productores en el pasado conservan una mayor superficie agropecuaria, a

Ocupación, migración y uso de suelo (continuación)

Figura c. Relación entre la superficie agropecuaria actual y la densidad poblacional en 1950 y 2000 ($R^2 = 0.75$ y 0.65 respectivamente). Nótese como el Estado de México se comportaba en forma análoga al resto de la República antes de que la migración alterara la estructura de la ocupación en la entidad.

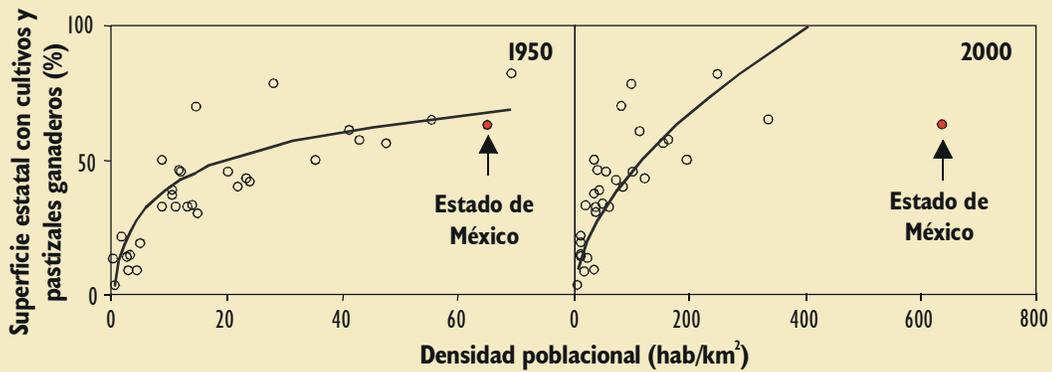
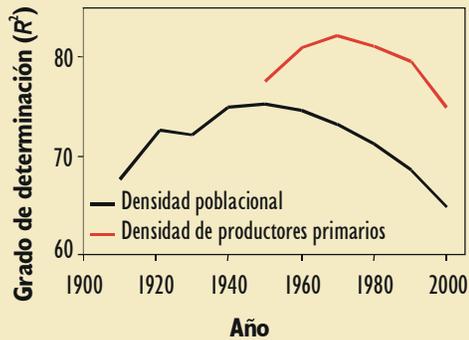


Figura d. Grado de determinación de la superficie agropecuaria actual por la densidad poblacional y la densidad de personas ocupadas en el sector primario en diferentes fechas. Nótese como la densidad de productores primarios (campesinos y ganaderos) siempre determina en mayor medida la superficie productiva de un estado. Existe también un desfase histórico, aunque no es tan largo como en el caso de la densidad poblacional total.



pesar de que se haya reducido la cantidad de personas que los explotan. Por el contrario, en las entidades donde ha crecido la población ocupada en el sector primario la superficie agropecuaria aún se encuentra por debajo de lo que correspondería a la población actual¹. Esto implica que los cambios demográficos tardan décadas en manifestarse en el uso del suelo.

1. Esto puede evaluarse comparando el cambio en la densidad de productores primarios con los residuos de la regresión entre densidad de productores primarios y superficie agropecuaria. El patrón es significativo al 0.0024.

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

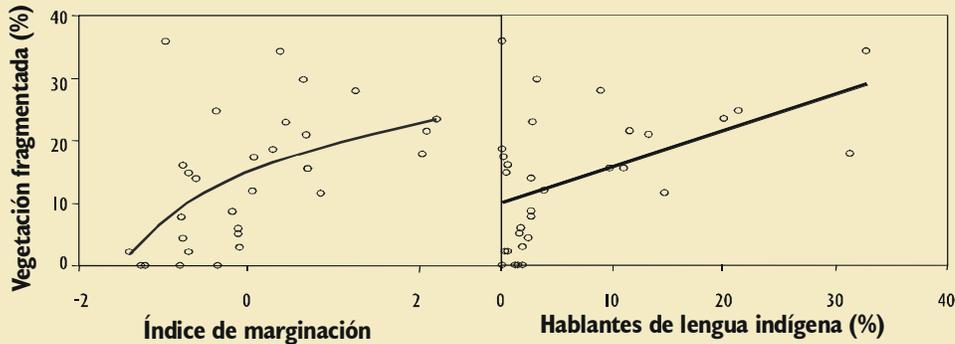
una presión sobre el uso agropecuario del suelo, aunque su efecto no se manifieste necesariamente a escala estatal.

La cobertura forestal remanente se encuentra fuertemente concentrada en las zonas indígenas del país, que son poseedoras del 60% de los bosques de México (Poder Ejecutivo Federal, 2001). Una superficie importante de las

zonas críticas ambientales para la protección de los recursos forestales se localiza en zonas de extrema pobreza, especialmente en la Sierra Madre Oriental y la Selva Lacandona (Mapa I.5.1); aunque cabe señalar que la concordancia observada en este mapa no es casual, ya que uno de los criterios para la definición de las zonas críticas fue precisamente la marginación de sus habitantes. En los

La pobreza y el estado de la vegetación

Figura a. La vegetación fragmentada está determinada por la marginación y el indigenismo. Los estados más pobres y con mayor proporción de hablantes de lengua indígena tienen significativamente mayor superficie de vegetación fragmentada ($R^2=28$ y 25% respectivamente).



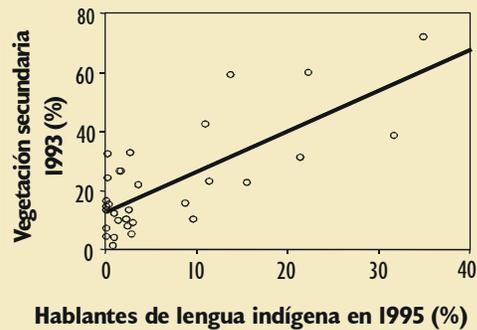
A menudo se considera que la pobreza tiene consecuencias adversas sobre el medio ambiente; al mismo tiempo se ha especulado sobre las diferentes bondades del manejo que los indígenas hacen del medio ambiente, siendo uno de los sectores más pobres de la población (véanse Figura 1.9 y **Prácticas indígenas y medio ambiente** en el capítulo I). Estos procesos debieran de manifestarse en el uso del suelo. Efectuando un análisis a nivel estatal es posible encontrar algunos patrones.

En los estados más marginados, la superficie forestal se encuentra más fragmentada que en los más desarrollados. Lo mismo sucede en aquellas entidades donde una mayor proporción de la población es indígena (Figura a). Utilizando la superficie ocupada por vegetación secundaria en 1993 (véase **Siguiendo los inventarios** en este capítulo), se encuentra que la proporción de hablantes de lengua indígena determina en un 56% esta forma de uso del suelo (Figura b).

Los datos hablan de un paisaje muy dinámico, donde diferentes parcelas de terreno son desmontadas para luego ser abandonadas y cubiertas por vegetación secundaria, la cual se emplea con varios fines productivos (véase **Prácticas indígenas y medio ambiente** en el capítulo I). Como resultado, las actividades productivas se van desplazando rápidamente por el territorio, como sucede con la agricultura de roza, tumba y quema.

No hay evidencia (al menos a nivel estatal) de que la marginación o la presencia de pobladores indígenas estén ligados a procesos de perturbación aguda, tales como la deforestación; sin embargo, los procesos crónicos (véase **Disturbio natural, agudo y crónico** en el capítulo I) como la alteración y la fragmentación sí son promovidos. La alteración tiene el papel clave sobre la dinámica de cambio de uso del suelo (véase «Alteración de bosques y selvas» en este capítulo).

Figura b. Relación entre indigenismo y alteración. Los estados con mayor proporción de hablantes de lengua indígena tienen mayores superficies de vegetación secundaria ($R^2=56\%$).

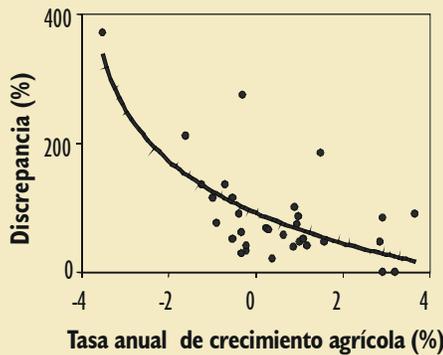


Fuentes: Elaboración con datos de: **Conapo**. Índices de marginación 2000. México, 2001. **INEGI**. Censo de Población y Vivienda 1995. México, 1996. **INEGI**. XII Censo de Población y Vivienda 2000. México, 2000. **SARH**. Inventario Forestal Nacional Periódico 1994. México, 1994. **Semarnat**. Inventario Nacional de Suelos 2002. México, 2002.

¿Le damos tiempo a la naturaleza?

La estimación que el IFN 2000 hace de la superficie que ocupan los cultivos en el país es de 32.8 millones de hectáreas, 60% por arriba de las 20.2 millones de hectáreas que Sagarpa apunta como cultivadas ese año. Entre las razones de esta discrepancia se encuentra el descanso y abandono de terrenos de cultivo, en los cuales la sucesión vegetal aún no ha tenido tiempo de generar una cubierta secundaria. En varios casos son los mismos campesinos quienes impiden que la regeneración natural actúe, manteniéndolos desmontados a fin de asegurar su tenencia sobre el suelo.

Figura a. La discrepancia entre la superficie agrícola y cultivada está relacionada con el crecimiento de la superficie cultivada entre 1980 y 2000. En sitios donde la zona cultivada se ha reducido, la discrepancia es mayor, debido a que los cultivos abandonados no han desarrollado vegetación ($R^2 = 55\%$).



Nota: Las tasas se calcularon utilizando la fórmula $r = \left(\frac{s_2}{s_1}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$, donde r es la tasa de crecimiento, s_1 y s_2 son las superficies ocupadas por un uso de suelo al tiempo inicial y final respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre ambas fechas.

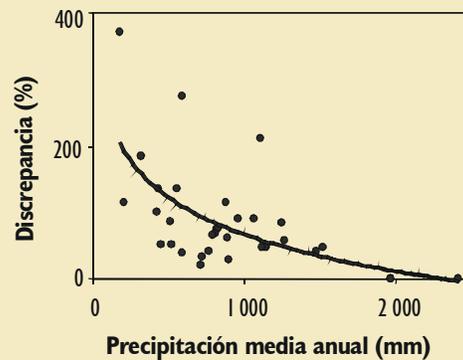
Lo anterior concuerda con los datos que muestran cómo en los estados donde la frontera agrícola ha retrocedido más rápidamente la discrepancia entre ambas fuentes es mayor, quizá como resultado de un mayor número de predios abandonados (Figura a).

Por otra parte, se sabe que en los ambientes áridos la regeneración vegetal es más lenta. Como resultado,

predios más antiguos pueden no tener aún vegetación secundaria. Esto se ve reflejado en una mayor superficie sin cultivar, pero que aún se reconoce como terreno de cultivo en las imágenes de satélite. Utilizando la precipitación como una medida de la aridez, se encuentra que dicha discrepancia es mayor en los sitios secos (Figura b).

Como se ve en la figura, en los estados con altas precipitaciones (por arriba de 1 500 mm) no existe discrepancia entre ambas fuentes, quizá debido a que la vegetación puede recuperarse rápidamente, manteniéndose a la par de las actividades del hombre. El tiempo que la vegetación requiere para restablecerse puede ser responsable en parte de la inercia histórica en el uso del suelo, y la falta de concordancia con los parámetros demográficos actuales (véanse *La inercia del pasado* y *Ocupación, migración y uso del suelo* en este capítulo).

Figura b. La discrepancia entre superficies agrícolas y cultivadas está relacionada con el grado de aridez. En las regiones secas la recuperación de la vegetación es lenta, por lo que campos abandonados siguen pareciendo zona agrícola ($R^2 = 35\%$).



Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat-CNA. Compendio básico del agua en México. México. 2002.

Fuentes: Elaboración propia con datos de: Sagarpa. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (Siacon) 1980-2001. S/E. Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México. 2001. Semarnat-CNA. Compendio Básico del Agua en México 2002. México. 2003.

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

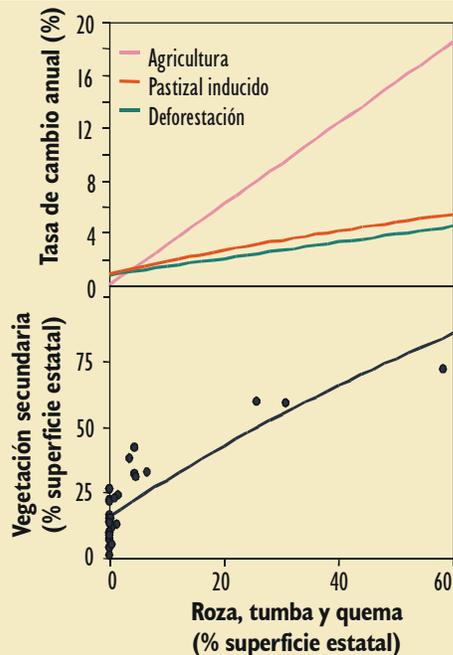
La agricultura de roza, tumba y quema (también conocida como agricultura nómada o itinerante) se ha relacionado frecuentemente con la degradación del ambiente. El debate se centra en la idoneidad de este sistema dadas las condiciones ambientales de las selvas, que son los sistemas donde se emplea con mayor intensidad. La fertilidad de los suelos selváticos es por lo general reducida, lo que hace imposible lograr cosechas abundantes durante largo tiempo sin fertilizar el suelo. La productividad del suelo se recupera dejando que la parcela descanse por varios años, con la ventaja de no usar agroquímicos que representen un riesgo a la salud o al ambiente. Sin embargo, en las últimas décadas la superficie destinada a esta forma de explotación ha crecido considerablemente, mientras que los ciclos de descanso se han acortado. Esto no sólo ha impactado negativamente a la producción (véase **Creecer o migrar: ¿y la naturaleza?** en el capítulo 1) que representa una amenaza al entorno. El uso del fuego para la agricultura es responsable de un importante número de incendios forestales. Resultado de ello, el suelo de la selva se degrada y numerosas especies típicas de la vegetación madura son incapaces de sobrevivir bajo un régimen de incendios constantes.

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

El crecimiento de las fronteras agrícola y pecuaria está determinado en un 75 y 25% por la agricultura itinerante, respectivamente. La superficie destinada a la agricultura y pastizales para la cría de ganado ha crecido más rápidamente en los estados con mayor

tradición de agricultura de roza, tumba y quema. Esto podría ser resultado de la intensificación de las actividades productivas ante el colapso de la fertilidad de los suelos. Ello supondría que más superficie se incorpora al sistema a partir de áreas arboladas (primarias o secundarias) y que más superficie se explota en un momento determinado. Como resultado, las tasas de deforestación son mayores en estas entidades (Figura a, $R^2 = 36\%$).

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



Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002. Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México. 2001.

Nota: Las tasas se calcularon utilizando la fórmula $r = \left(\frac{s_2}{s_1}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$ donde r es la tasa de crecimiento, s_1 y s_2 son las superficies ocupadas por un uso de suelo al tiempo inicial y final respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre ambas fechas.

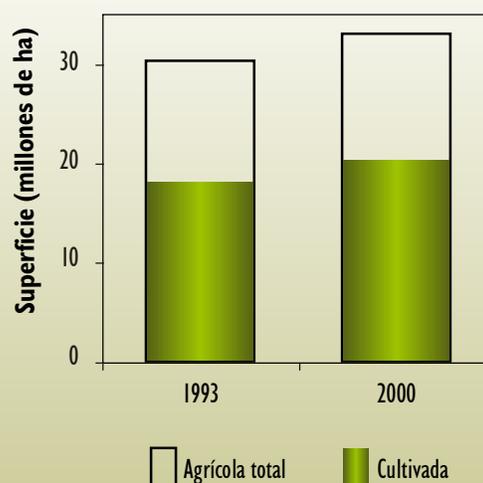
estados más pobres y con mayor población indígena también se aprecia que es mayor tanto la fragmentación de bosques y selvas como la proporción de vegetación perturbada (véase **La pobreza y el estado de la vegetación**). Esto se encuentra ligado a algunas prácticas tradicionales, cuyo efecto en el medio a través de la alteración puede ser clave (véase «Alteración de bosques y selvas» en este capítulo). De ahí que sea necesario abordar directamente los efectos ambientales de las actividades agropecuarias.

Crecimiento de la frontera agropecuaria

La conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de deforestación en América Latina (FAO, 2001). La superficie cultivada en México en 2000 fue de 20.2 millones de hectáreas. No obstante, el IFN 2000 reportó en ese mismo año que 32.8 millones de hectáreas se encontraban bajo uso agrícola. Es decir, hubo 12.6 millones de hectáreas abiertas a la agricultura que, sin embargo, no se ocuparon en ese momento. Parte de esta superficie pudo estar en un breve descanso, o bien fue abandonada tiempo atrás pero sin que se haya desarrollado vegetación secundaria. Este último fenómeno es más importante en las zonas áridas, donde los ritmos de recuperación de la vegetación son más lentos (véase **¿Le damos tiempo a la naturaleza?**). En muchos casos son los propios agricultores quienes impiden que la vegetación se desarrolle. A menudo se percibe que una parcela «enmontada» tiene un valor menor que una que está «limpia». El constante desmonte es, sobre todo, una forma de salvaguardar la posesión del terreno. Al limpiar su parcela el productor conserva su derecho al uso del predio, que de otro modo le sería retirado bajo el argumento de que la tierra está ociosa. De tal suerte, un número indeterminado de hectáreas permanecen desprovistas de vegetación secundaria gracias al chapeo, roza o quema periódicos, fomentándose además la degradación del suelo.

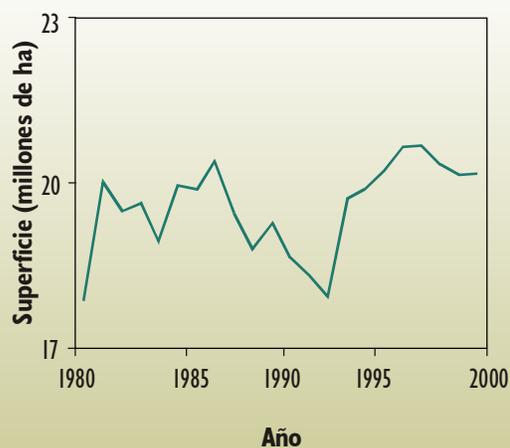
La frontera agrícola ha avanzado a una tasa elevada en los últimos años. Entre 1993 y 2000 la superficie cultivada se incrementó en 2.57 millones de hectáreas, cifra menor en cerca de 24 000 hectáreas al crecimiento de la superficie total dedicada a la agricultura registrada en los inventarios nacionales de uso del suelo. Esto último significa que parte del crecimiento de la producción agrícola en México se ha desarrollado a costa de la vegetación natural, pero también

Figura 2.21. Superficie agrícola y superficie cultivada en México, 1993 y 2000. La superficie agrícola siempre es mayor que la cultivada, y aunque ambas crecieron entre 1993 y 2000, la brecha entre ambas se cerró proporcionalmente.



Fuentes: Elaboración propia con datos de: **Sagarpa. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (Siacon) 1980-2001.** México. S/E. **Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000.** México. 2001.

Figura 2.22. Evolución de la superficie cultivada en México, 1980-2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de: **Sagarpa. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (Siacon) 1980-2001.** México. S/E.

que el crecimiento de la agricultura ha sido más veloz (1.8% anual) sobre terrenos que ya habían sido desmontados previamente que sobre la vegetación silvestre (1.2% anual, Figura 2.21). Lo anterior puede deberse en parte a que estamos ante un repunte de la agricultura tras la reducción que sufrió a principios de los noventa. Apenas se han recuperado los 20 millones de hectáreas que se tenían cultivadas hace dos décadas (Figura 2.22 y Cuadro III.2.2.1). El hecho de que este repunte se dé preferentemente sobre zonas abiertas con anterioridad es favorable a la conservación, pero no hay garantías de que continúe así dado que ya se han reocupado las tierras abandonadas.

Una de las prácticas agrícolas más frecuentes en los trópicos es la roza, tumba y quema, o «agricultura nómada». El sistema se basa en cultivar las tierras de una a tres temporadas y, posteriormente, dejarlas descansar por un periodo de varios años. Si bien la roza, tumba y quema pudo funcionar eficientemente en el pasado, el incremento poblacional y la creciente demanda de terrenos ha reducido los periodos de descanso por debajo del mínimo necesario. Además de que esto implica una cosecha reducida (véase *Creecer o migrar: ¿y la naturaleza?* en el capítulo I), también atenta contra la integridad de las selvas, pues las reemplaza por vegetación secundaria. De acuerdo con la CUSV 1993 en México se practicaba la agricultura nómada en 69 mil kilómetros cuadrados a lo largo del país, especialmente en el sureste. Los estados donde se lleva a cabo esta forma de producción cuentan con vastas extensiones de vegetación perturbada, y son las entidades donde la frontera agropecuaria ha avanzado más rápidamente (véase *Efectos de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo* y la Tabla 2.3). Estos datos apuntan a que dicho sistema de cultivo ya no es sustentable actualmente y que está degradando la vegetación natural.

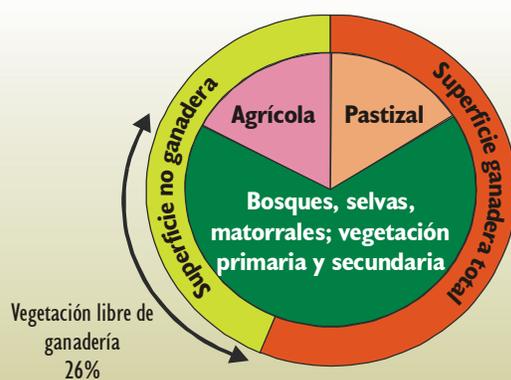
Hasta aquí se ha hablado de los pastizales como el sitio donde tienen lugar las actividades pecuarias. Sin embargo, estudios más detallados señalan que la ganadería se practica en cerca de 1.1 millones de kilómetros cuadrados o 56% de

Tabla 2.3. Superficie dedicada a la agricultura itinerante según entidad federativa, 1993. No se muestran los estados donde no se ejerce esta práctica.

Estado	Superficie (ha)	Superficie estatal (%)
Campeche	1 758 339	30.84
Colima	23 678	4.32
Chiapas	335 778	4.56
Chihuahua	3 674	0.01
Durango	265	0.00
Guerrero	278 093	4.29
Jalisco	113 499	1.43
México	28 593	1.34
Michoacán	392 148	6.69
Morelos	365	0.07
Oaxaca	335 842	3.61
Puebla	28 121	0.82
Quintana Roo	1 003 593	25.61
Sinaloa	28 875	0.49
Tabasco	8 418	0.34
Veracruz	22 435	0.31
Yucatán	2 536 960	58.33
Total nacional	6 898 676	3.57

Fuente: Elaboración propia con datos de: INEGI. *Cartografía del uso del suelo y vegetación serie II 1993 mosaico corregido*. México, 1993.

Figura 2.23. Superficie ganadera y usos del suelo en México, 2000. Suponiendo que todos los pastizales son utilizados para criar ganado y que las zonas agrícolas se emplean para este fin, sólo un 26% de la vegetación restante estaría libre de ganado.



Fuentes: Elaboración propia con datos de: Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. México, 2001. Cotecoca-Sagar, con base en Cotecoca-SARH. *Monografía de coeficientes de agostadero, años 1976-1981*. México, 1999.

El desafío de la sustentabilidad en la ganadería mexicana

La sustentabilidad representa un reto para el sector ganadero ya que presenta actualmente las siguientes características:

Para alimentar a una cabeza de ganado se requiere cierta cantidad de vegetación y, consecuentemente, de la superficie necesaria para producirla. La superficie de terreno requerida depende de la productividad del ecosistema. Por ejemplo, en un bosque de enebro- encino se requiere de 26.3 hectáreas para alimentar a una vaca, mientras que se precisan 60 hectáreas de vegetación de dunas para el mismo propósito. A la cantidad de terreno necesario para criar una res adulta en forma sustentable (es decir, sin degradar la vegetación) se le denomina *coeficiente de agostadero*.

El coeficiente de agostadero se expresa en hectáreas necesarias para alimentar a una «unidad animal», que equivale a una res o, aproximadamente, a cinco cabras u ovejas. Se cuenta con estos coeficientes para cada estado de la República, dependiendo de su vegetación natural, sin considerar que ésta puede estar degradada (y probablemente sea menos productiva) o bien, que haya sido mejorada (estableciendo pastizales cultivados, por ejemplo). Calculando la media ponderada para los coeficientes de agostadero estatales, podemos estimar que en México se requieren al menos 12.3 hectáreas de terreno por unidad animal para que la ganadería sea sostenible. Esto es, el número máximo de unidades animales en el país (cuya superficie es de 196 millones

de hectáreas) sería de 15.9 millones. Considerando que en 1999 habían 28 298 777 cabezas de ganado bovino, y 15 017 199 ovejas y cabras, y suponiendo una equivalencia de 0.2 unidades animales por oveja y cabra, se puede estimar que contamos con 31.3 millones unidades animales. Esto es un 96% superior a lo que tolera el territorio nacional.

Parte de nuestro país ha sido transformado en pastizales cultivados, donde el coeficiente de agostadero es de nueve hectáreas por unidad animal. Esto debiera elevar el número de cabezas de ganado que es posible mantener en México. Sin embargo, estas praderas artificiales apenas podrían mantener al 9% de nuestra población vacuna, reduciendo el exceso de ganado en las demás zonas mínimamente. El número de unidades animales seguiría estando un 82% arriba de lo adecuado.

La situación es aún más grave si tomamos en cuenta que la cifra anterior está basada en la superficie total de la República, que no sólo sirve a la ganadería, sino que también debe proveer de otros bienes al hombre y sostener a la fauna silvestre. Sin embargo, el ganado sigue expandiendo su frontera para convertirse en la «omnipresente vaca», como la llamara Challenger (1998).

Fuentes: Cotecoca-SARH. *Memorias de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1986*. México.
Sagarpa, Servicio de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera en Sistema de Información Agropecuaria de Consulta, (Siacon), 1980-2000.
Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. México. 2001.

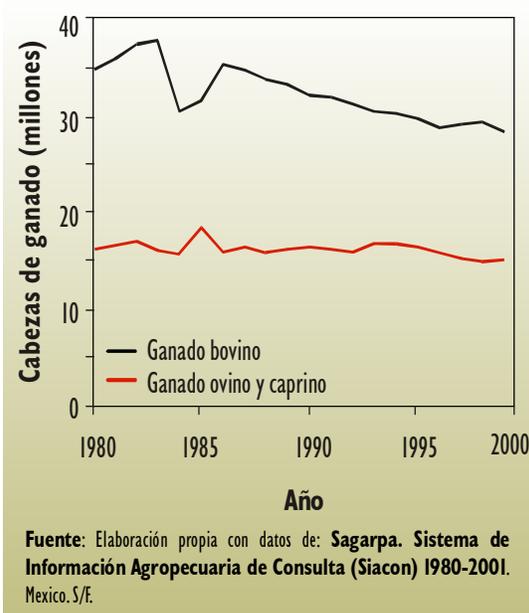
la superficie total de la República. En los estados del norte y Tabasco la superficie ganadera sobrepasa 65% de la entidad (Mapa 2.10, Cuadro II.2.4.2). Sólo 16% del país son pastizales, de modo que 40% de la superficie ganadera restante debe ubicarse preponderantemente en la vegetación natural. Si ésta abarca 66% del territorio, podemos concluir que aproximadamente 26% del país contiene vegetación silvestre libre del efecto de ganado (Figura 2.23).

En el ámbito pecuario se ha observado una reducción importante en el número de cabezas de ganado durante las últimas dos décadas. En 1980 se registraron 50.7 millones de cabezas y 43.3 millones en 1999 (-0.8% anual en promedio). El descenso fue más marcado en el ganado mayor, cuyo número cayó a una tasa de -1.0% anual, comparado con el número de ovejas y cabras, que apenas se redujo a una tasa de -0.3% anual (Figura 2.24, Cuadros II.2.4.5, II.2.4.7,

Mapa 2.10. Superficie estatal empleada con fines ganaderos, 1999.



Figura 2.24. Evolución del volumen ganadero en México, 1980-2000.



y II.2.4.8). A pesar de ello, la superficie destinada a ganadería (medida como pastizales naturales e inducidos) creció casi cuatro millones de hectáreas en el periodo de 1993 a 2000

(1.94% anual). El incremento de superficie ganadera y la reducción del número de cabezas implican que cada vez hay más superficie por animal. Ésta es la consecuencia lógica del uso inapropiado que se le viene dando al suelo. El territorio está sometido al doble del ganado que puede tolerar en forma sostenible, como lo muestra el recuadro *El desafío de la sustentabilidad en la ganadería mexicana* (Cuadros II.2.4.3 y II.2.4.4). Al aplicar la misma aproximación a las entidades federativas se encuentra que en 24 de ellas el número de cabezas de ganado supera la capacidad del ecosistema. La situación es particularmente grave en los estados de México, Sinaloa y Jalisco (Mapa 2.11). Cabe señalar que los estados con mayor sobrepastoreo no coinciden necesariamente con aquellos que tienen mayor densidad de cabezas de ganado. En una situación de sobreexplotación como ésta, aun cuando se reduzca el número de cabezas de ganado es necesario seguir incrementando la superficie de pastizales para acomodar el exceso de animales.

Cruzada por los bosques y el agua

Los bosques y el agua son recursos estratégicos, de seguridad nacional, tanto en términos ambientales, como económicos. Ante la severidad de su deterioro, la Semarnat ha planteado un esfuerzo de alcance nacional que involucra a los sectores público, social y privado mediante la Cruzada por los Bosques y el Agua.

Los objetivos básicos de esta cruzada son :

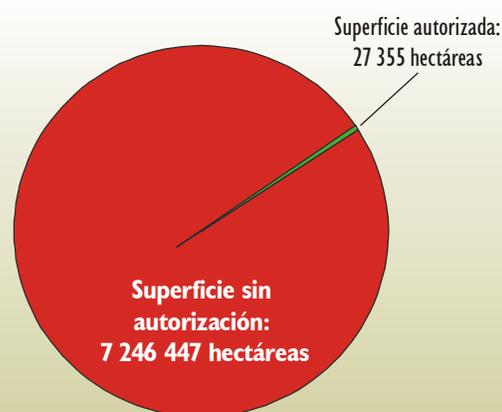
- Lograr una gran alianza nacional entre las instituciones y la población para sanear y recuperar los cuerpos de agua y las superficies forestales del país.
- Relacionar al bosque y al agua en acciones integrales que fortalezcan la visión de su ciclo común.
- Actuar prioritariamente en las zonas críticas del país.
- Conseguir que la población adquiriera una nueva cultura ambiental y contribuya a alcanzar un desarrollo sustentable.

Fuente: Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable.

Urbanización

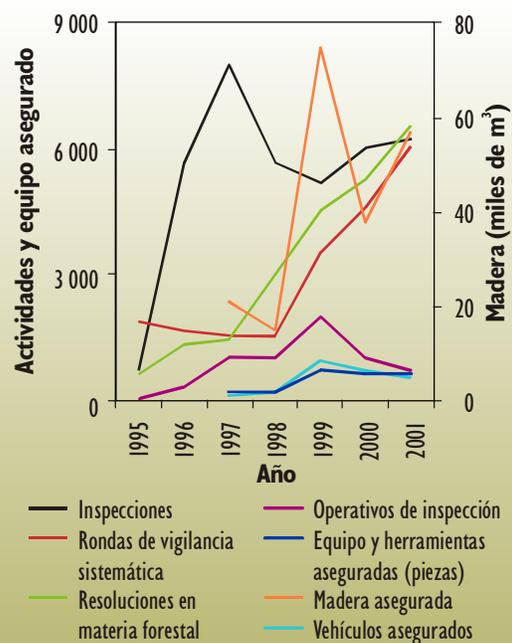
Si bien es cierto que la superficie urbana es proporcionalmente muy pequeña a escala nacional (0.4% de territorio), se trata del uso del suelo que en algunas regiones está creciendo más rápidamente. En Quintana Roo, por ejemplo, la superficie urbanizada creció a una tasa superior al 8% anual. En total, 99 524 hectáreas fueron invadidas por asentamientos humanos entre 1993 y 2000. Por lo común se trata de tierras planas, útiles para la agricultura y que, en consecuencia, dejan de ser productivas. Mientras que el impacto directo de las ciudades es pequeño, indirectamente

Figura 2.25. Superficie forestal que sufrió cambio de uso con y sin autorización en México, 1993-2000.



Fuentes: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002. Semarnat. Inventario Forestal Nacional 2000. México. 2001. Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelos. 2002.

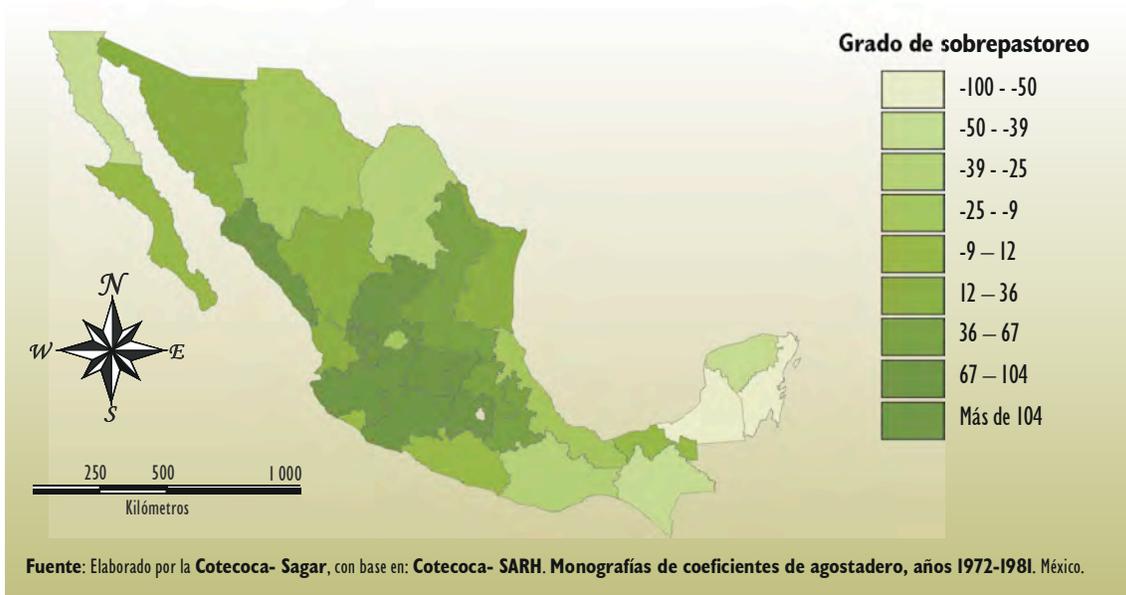
Figura 2.26. Actividades de inspección forestal implementadas por Profepa, 1995-2001.



Fuente: Profepa. Informe trianual 1995-97. México. 1998.

afectan los usos del suelo de grandes extensiones para satisfacer sus necesidades de alimentos, recursos naturales, recreación y disposición de residuos.

Mapa 2.II. Grado de sobrepastoreo por entidad federativa. Los valores positivos indican un exceso de animales.



Gestión

Para lograr una gestión adecuada del uso del suelo en el país es necesario contar con la información pertinente que nos permita conocer la situación del mismo. La legislación mexicana establece que los inventarios forestales (que debieran realizarse cada diez años) consideren los diferentes usos del suelo. Sin embargo, no existe un marco normativo que posibilite la comparación entre inventarios de diferentes fechas sin ambigüedades. Es necesario, además, concluir la verificación de campo del IFN 2000 a fin de conocer la exactitud de los resultados preliminares con que se cuenta actualmente. Dicho estudio debiera concentrarse en las incongruencias que existen con la CUSV 1993 para permitir, en la medida de lo posible, la comparación entre inventarios.

Ante la magnitud de la deforestación, el Gobierno de México ha declarado que los bosques son asunto de seguridad nacional. Por ello se ha lanzado la Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua, que durante año y medio buscará reforzar las acciones para su conservación y restauración dentro de un marco integral que abarque tanto lo ambiental como lo social (véase **Cruzada por los bosques y el agua**).

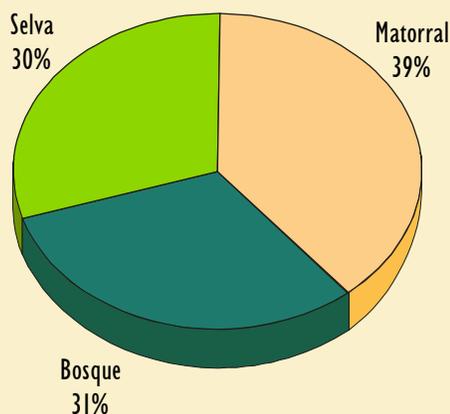
El Estado cuenta con numerosos instrumentos para regular el cambio de uso del suelo. Las áreas naturales protegidas son uno de ellos, ya que permiten regular o incluso prohibir la transformación de la cubierta vegetal. Aun fuera de dichas áreas, cuando la superficie que se pretende desmontar excede las diez hectáreas es obligatorio solicitar un permiso especial, para lo que se requiere de una manifestación de impacto ambiental. La extensión de los cambios autorizados ha oscilado en el tiempo, aunque se nota un aumento notable en las medidas para compensar el deterioro. En 2001 la superficie concertada casi duplicó la autorizada para su desmonte (véase **Cambios de uso del suelo autorizados** y Cuadros III.3.2.17, III.3.2.18 y III.3.2.19). Si bien en este sentido el programa ha tenido éxito, el grueso de la superficie vegetal que sufrió cambio de uso en el periodo 1993-2000 no contó con autorización (Figura 2.25).

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) inspecciona periódicamente algunas zonas consideradas como prioritarias para evitar la deforestación. Éstas son las áreas naturales protegidas, las zonas donde hay aprovechamientos forestales autorizados y las zonas críticas: regiones donde la destrucción de la vegetación natural ha

Cambios de uso del suelo autorizados

Con la finalidad de proteger a la vegetación silvestre, la ley requiere que todo cambio de uso del suelo forestal mayor a las diez hectáreas sea autorizado. En este contexto, el término incluye tanto a las zonas arboladas como a los matorrales. De hecho, la mayor superficie de cambios autorizados entre 1997 y 2001 tuvo lugar en este último ecosistema (Figura a).

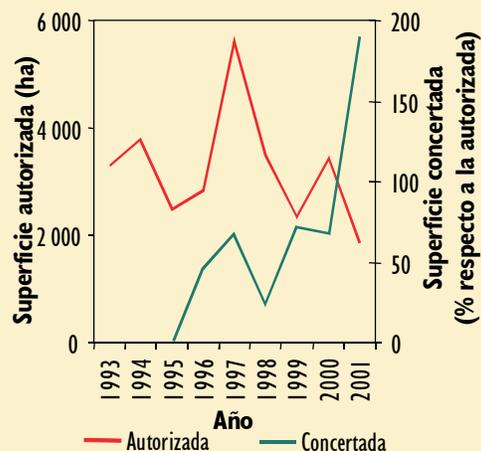
Figura a. Superficie autorizada para cambio de uso según vegetación en México, 1997-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002.

La superficie autorizada ronda las 4 000 hectáreas anualmente. Para compensar estos cambios se aplican alternativas tecnológicas de restauración y conservación de suelos en áreas degradadas por prácticas agropecuarias, con la finalidad de contribuir a recuperar e incrementar su capacidad productiva. La superficie beneficiada de este modo (o superficie concertada) se ha incrementando en el tiempo, duplicándose prácticamente la superficie de tierras con cambio de uso autorizado en 2001 (Figura b).

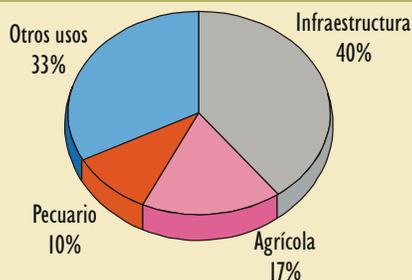
Figura b. Evolución de la superficie autorizada y concertada en México, 1993-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002.

Las tierras desmontadas se destinan primordialmente a la infraestructura básica: caminos, tendidos eléctricos, conducción de agua, etc. Le siguen las actividades agropecuarias, mientras que los usos urbanos o de desarrollo turístico dan cuenta de la superficie restante (Figura c).

Figura c. Nuevos usos de la superficie autorizada para cambio de uso de suelo en México, 2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002.

Prevención de incendios forestales

Las actividades de prevención de incendios se desarrollan en tres frentes:

Físicas o de ingeniería

Son las diferentes actividades de campo que se realizan para el manejo de los combustibles con el fin de reducir su acumulación o modificar su condición, con lo cual se evita la presencia de incendios forestales. Algunas de estas actividades son: brechas cortafuego, líneas negras, podas, chapeo, aclareos y quemas prescritas. El objetivo de estas medidas es la eliminación total o parcial del combustible, así como el rompimiento de su continuidad horizontal y vertical, evitando que al iniciarse el fuego se propague rápidamente hacia las áreas forestales vecinas.

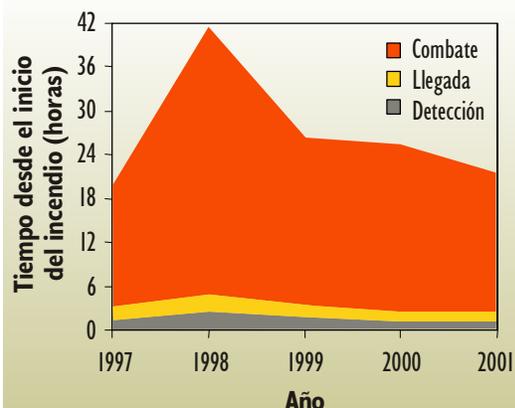
Culturales

Incluye todas aquellas acciones encaminadas a influir en el comportamiento de la ciudadanía, las cuales tratan de formar personas más respetuosas, conservadoras y protectoras de los recursos naturales y en especial de los forestales. Se intenta que la población tome conciencia sobre la importancia de los recursos forestales, sobre cómo éstos son perjudicados por el fuego y con qué actitudes y medidas se pueden prevenir los incendios forestales en los bosques. Destacan entre ellas las actividades de divulgación y promoción por medios audiovisuales e impresos, así como el contacto de persona a persona que proporciona a la población rural asistencia técnica en el uso del fuego.

Legales

Consiste principalmente en la aplicación de leyes, reglamentos y normas para la utilización del fuego dentro del territorio nacional. En este caso la Ley Forestal y su Reglamento, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, así como la Norma Oficial Mexicana del Fuego NOM.EM-003-RECNAT-1997, que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios y establece las especificaciones, criterios y procedimientos para promover y ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales. Estas son algunas de las principales regulaciones que prohíben y regulan los actos que causan los incendios forestales, reglamentan el uso del fuego en las áreas forestales y sus proximidades y determinan las sanciones a los infractores.

Figura 2.27. Duración promedio de los incendios forestales en México, 1997-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México, 2002.

alcanzado tasas muy altas. Actualmente se reconocen 100 áreas críticas en 383 municipios, concentrados sobre todo a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal y el sur de México (Mapa 2.12, Cuadro IV.3.1.4). La mayoría de estos municipios coinciden con áreas naturales protegidas. El número de áreas y municipios críticos por estado no necesariamente es mayor donde la deforestación ha sido más grande (por ejemplo, Chihuahua o Durango). Esto podría ser resultado de que la superficie de los municipios es diferente entre estados, pero aún no se cuenta con estimaciones sobre la extensión de las zonas críticas. Profepa realiza más de 12 mil inspecciones y rondas anualmente en las áreas prioritarias. Este número, en especial en lo que se refiere a rondas, ha aumentado notablemente desde 1995 (Figura 2.26).

Otro frente de lucha contra la deforestación es el Programa para la Prevención y Combate de los Incendios Forestales. Sus acciones tienen lugar a varios niveles, tales como la prevención, el pronóstico o el combate directo. Entre las prácticas de prevención se cuentan brechas cortafuego, quemas prescritas, educación ambiental y acciones legales (véase **Prevención de incendios forestales**). Para el pronóstico de incendios se cuenta con el apoyo del Servicio Meteorológico Nacional, que proporciona información sobre sequías o altas temperaturas.

Mapa 2.12. Municipios críticos forestales por entidad federativa.



Fuente: Semarnat, Profepa. México, 2002.

Programa Nacional de Reforestación (Pronare)

Misión

Reforestar, con amplia y efectiva participación de la sociedad, mediante la utilización de técnicas y especies apropiadas a las condiciones ambientales de cada región para la restauración y conservación de los ecosistemas y el incremento de la cobertura forestal del país.

Objetivos estratégicos

Incrementar la calidad del proceso de reforestación con fines de restauración, seleccionando previamente los sitios potenciales, concertando con los propietarios y poseedores las áreas a reforestar, determinando la calidad del sitio, seleccionando las especies, recolectando el germoplasma, produciendo plantas de calidad, preparando el terreno, transportando las plantas, manteniendo y protegiendo a las mismas, del tal modo que se garantice el mayor índice de sobrevivencia. Otros objetivos son:

- Contribuir a la restauración y conservación de los ecosistemas y al incremento de la cobertura forestal.

- Convertir áreas degradadas e improductivas en plantaciones con especies maderables, no maderables, endémicas y de cobertura, mejorando el ambiente y aumentando la recarga de los mantos acuíferos.

- Incrementar la biomasa para contribuir a la captura de carbono.

- Lograr mayor participación de la sociedad en las tareas de forestación y reforestación.

Estrategias

- Concertar con anticipación áreas a reforestar para planear debidamente la recolección de germoplasma, la producción de planta, el transporte, la plantación, la protección y el mantenimiento.

- Establecer un plan integral de reforestación de las cuencas, dando prioridad a las partes altas, para garantizar la recarga de los mantos acuíferos.

Programa Nacional de Reforestación (Pronare) (continuación)

- Fortalecer la operación de los comités estatales y municipales de reforestación.
- Establecer el programa de capacitación y asistencia técnica continua para la restauración y conservación de la vegetación y el suelo.
- Fortalecer la vinculación con las instituciones de enseñanza e investigación para el desarrollo y transferencia tecnológica.
- Utilizar especies nativas en las plantaciones de conservación y restauración, para contribuir a la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas forestales.
- Diseñar y promover esquemas para el otorgamiento de incentivos para la reforestación.
- Impulsar el establecimiento de plantaciones agroforestales con el propósito de incentivar la participación de los dueños y poseedores de los predios.
- Reforzar las acciones de difusión y promoción de la reforestación.
- Producir plantas que reúnan los parámetros de calidad requeridos.

El Pronare está descentralizado a través de los Comités Estatales de Reforestación, los cuales constituyen las instancias de planeación, ejecución, control, seguimiento y evaluación de los programas estatales. Está conformado por representantes de los tres órdenes de gobierno (Semarnat, Conafor, Sedena, Sedesol, Sagarpa, SEP y gobiernos estatales y municipales), así como por organizaciones sociales e instituciones de enseñanza e investigación.

Figura 2.28. Bancos de germoplasma forestal en manos de diferentes instituciones, 1998-2001.

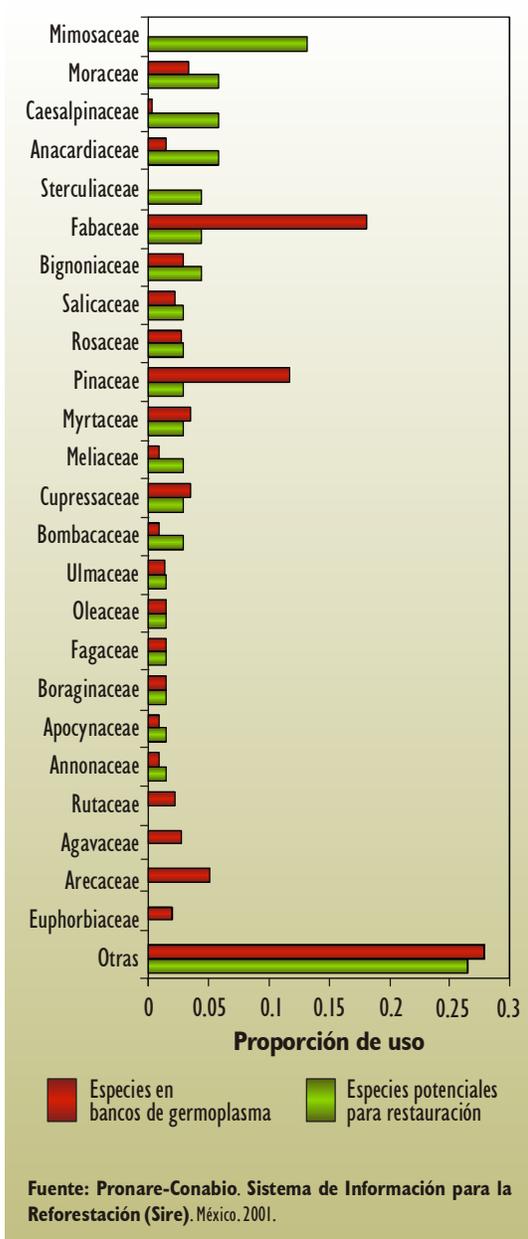


Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Mediante un acuerdo con el Ministerio de Recursos Naturales de Canadá se administra el Sistema de Información de Incendios Forestales de México. Con este instrumento se genera un índice de riesgo de incendios basado en datos meteorológicos, la cantidad de materia combustible y la topografía, entre otros. A partir de esta información se elabora una representación cartográfica que señala los puntos donde se pueden presentar incendios más severos. La detección de incendios en curso se realiza mediante avistamientos desde torres, aviones o vehículos terrestres. La Universidad de Colima y la Conabio constantemente monitorean vía satélite los «puntos de calor» del territorio, que son zonas donde tienen lugar los incendios. Todo esto permite acudir lo antes posible a los sitios afectados para combatir el fuego. La implementación de estos programas ha permitido reducir en forma sostenida la duración de los incendios forestales desde 1998 (Figura 2.27). Los estados del centro del país y Baja California son los más eficientes en cuanto al tiempo requerido para extinguir el fuego, mientras que en Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Coahuila la duración de un incendio en promedio sobrepasa los dos días (Mapa 2.13, Cuadro III.5.4.1).

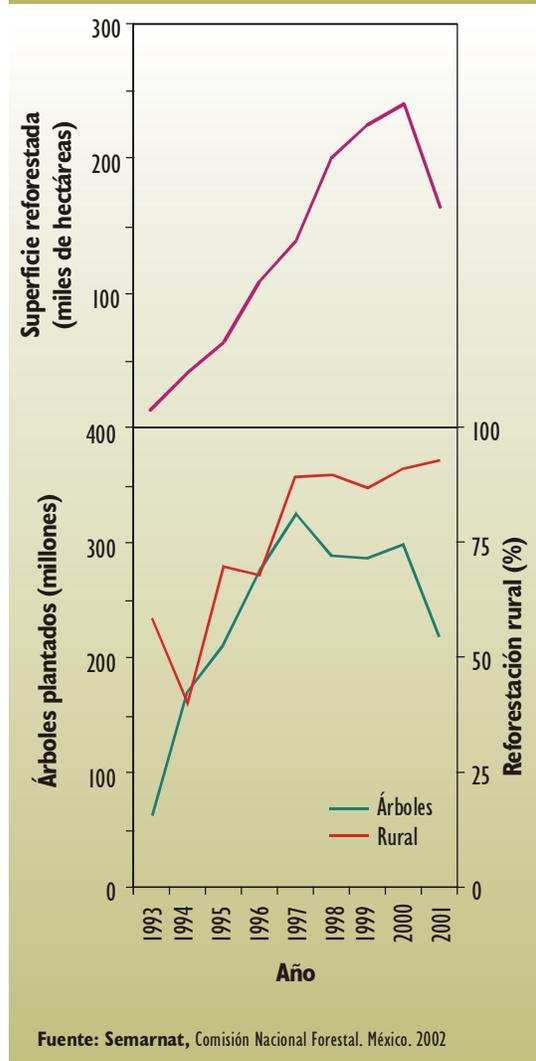
Una de las acciones que mayor atención ha recibido es la reforestación. Esta práctica se ha realizado por lo regular con información insuficiente, especies inadecuadas y muy poco seguimiento. Consecuentemente, muchos esfuerzos no

Figura 2.29. Especies de diferentes familias botánicas existentes en los bancos de germoplasma. Se comparan estas cifras con las especies que tienen potencial para la restauración según Conabio.



han tenido el éxito deseado. Por ello se creó el Programa Nacional de Reforestación (Pronare), cuyos objetivos fundamentales son, entre otros, resolver dichos problemas a través de una reforestación apropiada en sitios estratégicos (véase **Programa Nacional de Reforestación**). En gran medida el éxito de un programa de reforestación

Figura 2.30. Reforestación: superficie, número de árboles y ubicación. La reforestación se ha incrementado, tanto en el número de árboles como en superficie. Una proporción creciente de los esfuerzos se destina ahora a las zonas rurales.

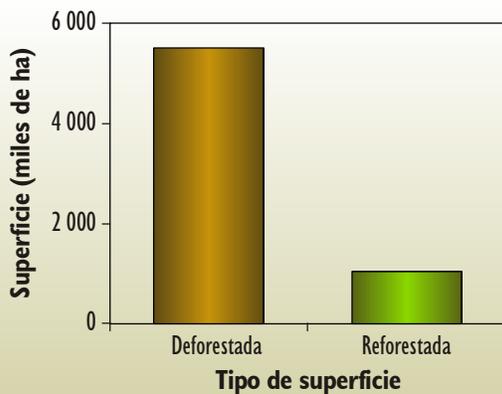


depende de las especies que sean empleadas. Debido a la gran heterogeneidad climática del territorio mexicano, una misma especie no puede ser empleada en todas partes y diferentes plantas son requeridas para sitios específicos. Además, para que la reforestación tenga un componente adecuado a la conservación ecológica, es preferible utilizar especies nativas. En estos casos la reforestación puede considerarse como restauración ambiental. Se han reconocido no menos de 68 especies nativas apropiadas para la reforestación (Cuadro III.5.4.13). Por la aridez generalizada

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



Figura 2.31. Superficie deforestada y reforestada, 1993-2000.



Fuentes: Semarnat. *Inventario Nacional de Suelos 2002*. México. 2002. Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. México. 2001. Semarnap, Subsecretaría de Recursos Naturales. 1994. Semarnap, Comisión Nacional Forestal. 1994.

en México, la mayoría de estas especies pertenecen a la familia de las mimosáceas.

Tomando en cuenta lo anterior, el número de especies empleadas para la reforestación se ha incrementado notablemente. Esto plantea una serie de necesidades, tales

como el disponer de semillas de diferentes especies. Con esta finalidad se crearon distintos bancos de germoplasma, la mayoría de los cuales se encontraba en 2001 bajo control de la Semarnat y, en menor proporción, de la Secretaría de la Defensa Nacional (Figura 2.28, Cuadro III.5.4.9). Actualmente, los bancos de germoplasma pertenecen a la Conafor. Sin embargo, dichos bancos aún se encuentran muy orientados hacia el esquema tradicional de reforestación. Esto se puede observar en la gran representación que tienen las coníferas en comparación con el escaso número de otras consideradas como especies potenciales para la restauración (Figura 2.29). Por el contrario, se descuidan otras especies de escaso valor económico, pero importantes para la restauración como son varias leguminosas (mimosáceas y cesalpináceas). Es claro que en el pasado se privilegiaron aquellas especies que podían ser empleadas con fines productivos, tales como pinos, eucaliptos (mirtáceas) o cítricos (rutáceas). A partir de 2002, el Pronare no incluye al eucalipto ni a los frutales dentro de su programa de reforestación, mientras que para el año 2004 contempla 147 especies, de las cuales 27 son pinos y las restantes corresponden a especies nativas de la zona y con algún uso para la comunidad.

Mapa 2.14. Superficie reforestada por entidad federativa como porcentaje de la extensión estatal.



Entre 1993 y 2001 se produjeron y sembraron más de 2 000 millones de plantas en 1.2 millones de hectáreas a lo largo de todo el territorio nacional (Cuadros III.5.4.14, III.5.4.15 y III.5.4.16). A partir de 1997 el número de árboles plantados anualmente se ha mantenido más o menos constante, excepto por el retroceso sufrido en 2001. La superficie reforestada, que se venía incrementando en forma sostenida, también se redujo en ese mismo año (Figura 2.30). Si bien las metas del Pronare para 2002 significan una recuperación sustancial, no alcanzan a restablecer los niveles de 2000.

Los sitios de la reforestación se han modificado a lo largo del tiempo. En 1994 prácticamente la mitad de los árboles fueron sembrados en zonas urbanas. Desde entonces la proporción de trasplantes a zonas rurales ha crecido notablemente; en la actualidad más de nueve de cada diez plantas son ubicadas en el campo. La reforestación rural restituye la cubierta forestal, retiene suelos y favorece la recarga de los mantos acuíferos, por lo que el impacto de esta actividad en el medio ambiente es más favorable a la conservación que la siembra en las ciudades, donde sirve para fines estéticos y de recreación.

Comparada con la superficie nacional, la extensión reforestada representa sólo un 0.5%. Sin embargo, la

superficie donde se ha restituido la vegetación entre 1993 y 2001 es muy grande y equivale a cubrir con árboles cerca de dos veces el estado de Tlaxcala. La reforestación ha sido más intensa en el Distrito Federal y algunos estados aledaños, donde la proporción de la superficie beneficiada es superior al 2.5% de la entidad, porcentaje muy por arriba de la media nacional. Por el contrario, en los estados del noroeste la cifra es mínima, con apenas un 0.05% o menos de su superficie reforestada (Mapa 2.14). Si se comparan la deforestación y la reforestación, resulta que tenemos un déficit importante en el uso de las zonas arboladas. Entre 1993 y 2000 se reforestó una superficie equivalente al 18.9%¹ de lo que fue destruido en el mismo periodo (Figura 2.31). Las entidades donde la diferencia entre reforestación y deforestación es mayor son Yucatán y los estados del noroeste (Mapa 2.15). Es preocupante que Chihuahua esté entre los estados que resintieron más fuertemente la caída de 2001 en la reforestación, ya que es una de las entidades con mayor tasa de pérdida de bosques. Por el contrario Durango, el otro estado norteño en esta situación, registró un incremento en los esfuerzos de restauración en ese año.

¹ La proporción puede ser menor en el caso de que parte de las superficies reforestadas hayan sido consideradas como vegetación primaria o secundaria en los inventarios nacionales de uso del suelo.

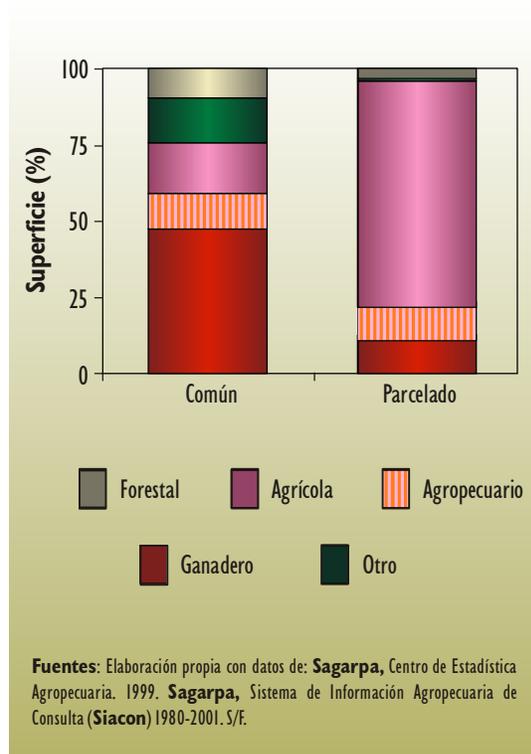
Mapa 2.15. Comparación entre las tasas de deforestación y de reforestación.



La recuperación de la vegetación alterada no ha recibido toda la atención que requiere. Sin embargo, algunos pasos se han empezado a dar en este sentido. Uno de los objetivos centrales del Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) es fomentar la recuperación de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales a través de acciones de restauración y conservación. Se reconoce que los sistemas agropecuarios extensivos —que se cuentan entre los agentes más importantes de alteración en México— tienen una baja rentabilidad y que es más redituable reconvertirlos en zonas arboladas. Esto se promueve actualmente a través del Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan). Ambos programas fomentan a su vez el manejo sustentable de los bosques nativos, promueven su permanencia e incrementan su productividad natural y la diversificación productiva.

Las políticas que se han aplicado en el campo han repercutido en el uso del suelo. Por ejemplo, los certificados de inafectabilidad que se extendieron por muchos años a los poseedores de terrenos ganaderos fueron un incentivo para que grandes extensiones del territorio nacional fueran transformadas en potreros. Para asegurar la posesión de la tierra, los terrenos comunales y ejidales parcelados no deben

Figura 2.32. Uso del suelo según régimen de propiedad. Se comparan las superficies ejidales de uso común y parceladas. La vegetación natural sólo permanece en el ejido de uso común.



permanecer ociosos, lo que tradicionalmente se ha percibido como un mandato para mantener desmontadas las tierras y bajo algún uso agropecuario. Lo cierto es que prácticamente toda la vegetación natural del país se encuentra bajo régimen de propiedad común (Figura 2.32, Cuadros II.2.1.3 y II.2.1.4). Se desconoce hasta qué punto programas como Procampo, en el cual un agricultor recibe un apoyo proporcional a la extensión de tierra que cultiva, han fomentado indirectamente el desmonte.

La nueva Ley para el Desarrollo Rural Sustentable tiene como propósito regular las actividades agropecuarias a fin de reducir su impacto sobre el uso del suelo. Pongamos por ejemplo el Programa de Recuperación de Tierras de Pastoreo, uno de los componentes de la Alianza por el Campo. Dicho programa busca incrementar de modo sostenible la disponibilidad de forraje por unidad de superficie en tierras de pastoreo con gramíneas, leguminosas y otras plantas forrajeras, así como la tecnificación y modernización de la infraestructura productiva para un mejor manejo de las unidades de producción. Un programa de esta naturaleza liberaría a la vegetación natural de la enorme carga que representa la ganadería extensiva, siempre y cuando se logre la concentración de los animales en una superficie más reducida pero más productiva. Por el contrario, si el programa propicia el crecimiento de la frontera pecuaria a costa de la vegetación natural, sus efectos en el medio ambiente serán perjudiciales. Por su parte, el Programa Especial Concurrante para el Desarrollo Rural Sustentable debe vigilar que la tecnificación en el campo incluya la dotación de recursos naturales, su uso sustentable y el entorno socioeconómico y cultural de los productores rurales.

Referencias

- Bandeira, F. P., J. López-Blanco y V. M. Toledo. Landscape management among tzotzil coffee growers of Polhó, Chiapas, Mexico: An alternative to deforestation. Aceptado por *Human Ecology*. En prensa.
- Cemda-Cespedes. *Deforestación en México: causas económicas incidencias en el comercio internacional en la Deforestación*. Cemda. México. 2002.
- Challenger, A. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Conabio—IB UNAM—Sierra Madre. México. 1998.
- FAO. *Global forest resources assessment 2000*. FAO. Roma. 2001.
- Instituto de Geografía, UNAM. *Análisis del cambio de uso del suelo*. México. 2002.
- Lambin, E. F., X. Baulies, N. Bockstael, G. Fischer, T. Krug, R. Leemans, E. F. Moran, R. R. Rindfuss, Y. Sato, D. Skole, B. L. Turner II y C. Vogel. *Land use and land cover change implementation strategy*. IGBP report 48, IHDP report 10. Estocolmo. 1999.
- Page, S. E., F. Siegert, J. O. Rieley, H. D. V. Boehm, A. Limin y S. Limin. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420: 61-65. 2002.
- PNUMA-Earthscan. *Global environment outlook 3*. PNUMA. Nairobi, Kenia. 2002.
- PNUMA-NASA-USGS. *An assessment of the status of the world's remaining closed forests*. PNUMA. Nairobi, Kenia. 2001.
- Poder Ejecutivo Federal. *Programa Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas 2001-2006*. México. 2001.
- Ritters, K., J. Wickham, R. O'Neill, B. Jones y E. Smith. Global scale patterns of forest fragmentation, *Conservation biology* 4(2): 3-13. 2000.
- Rojas, E. *Estudio del Fenómeno de El Niño*. 2000. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/elnino/>
- Rzedowski, J. *La vegetación de México*. Limusa. México. 1979.
- Semarnap. *Inventario nacional de gases de efecto de invernadero 1996*. Semarnap. México. 1996.
- Semarnat-CNA. *Compendio básico del agua en México 2002*. México. 2001.
- WRI. *Pilot analysis of global ecosystems: forest ecosystems*. WRI. Washington. 2000.



3. SUELOS

Los suelos de México

México tiene una compleja historia geológica. Mientras que en varios estados del norte existen rocas que datan de los albores de la vida, en otras entidades los suelos aún no han cumplido un año de edad. Áreas considerables del territorio nacional emergieron del fondo oceánico, como casi todo el oriente del país; otras han sido conformadas en gran medida por la actividad volcánica, como el cinturón de volcanes que corre de Colima hacia el centro de Veracruz. Así como la península de Baja California hace años que empezó a desgajarse lentamente del resto del territorio, la porción de corteza que ahora es Oaxaca originalmente fue una isla que colisionó contra el continente para formar un escarpado sistema de serranías.

El resultado de estas vicisitudes es la complejidad geológica del territorio, donde se encuentra una gran diversidad de rocas con características y orígenes distintos. Cada roca interactúa en forma diferente con el agua, el clima

—de acuerdo con los cambios de temperatura propios de los regímenes atmosféricos de nuestro país— y la biota que habita en su región. El producto de dicha interacción es el suelo (véase **Suelo: algunas definiciones**). En México, dada su intrincada geología, se han derivado 25 de las 28 unidades de suelos reconocidas por la FAO/UNESCO/ISRIC en 1988 ([Mapa III.3.1.1](#)).

Si bien México cuenta con esta gran diversidad de suelos, la mayor parte del territorio nacional está dominado por cinco unidades: leptosoles (24% del territorio), regosoles (18.5%), calcisoles (18.2%), feozems (9.7%) y vertisoles (8.3%), con los que se cubren casi las cuatro quintas partes del país ([Figura 3.1](#), [Cuadro III.3.1.1](#)).

Los leptosoles (del griego *leptos*, delgado) se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Otro componente destacado de este grupo son los leptosoles

Suelo: algunas definiciones

Suelo

Cuerpo natural no consolidado que recubre la mayoría de la superficie continental de la corteza terrestre, compuesto por partículas minerales y orgánicas, agua, aire y organismos vivos, que presenta un arreglo de horizontes o estratos y es capaz de soportar a la cubierta vegetal.

Tierra de monte

Se compone de suelos orgánicos y turberas o superficies con residuos vegetales en descomposición intermedia.

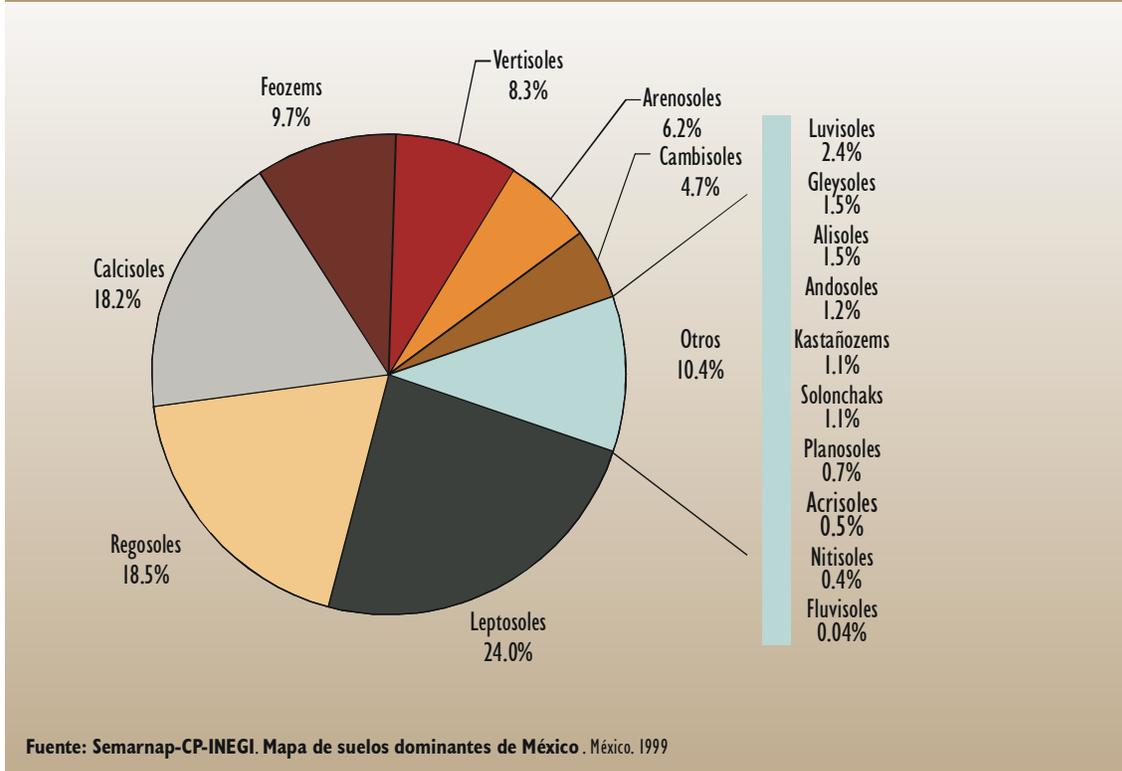
Suelo de conservación

Se refiere a terrenos forestales, con vegetación forestal en buen estado, con o sin procesos de erosión o degradación de suelos, que se dedican a resguardar importantes terrenos en las áreas naturales protegidas, en las partes altas de las cuencas de captación de agua, donde existen manantiales y nacimientos de arroyos, ríos, lagos y lagunas.

réndzicos, que se desarrollan sobre rocas calizas y son muy ricos en materia orgánica. En algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy poco útiles por dos razones: su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrientes minerales. Los leptosoles dominan la península de Yucatán, territorio que emergió del fondo oceánico en fecha relativamente reciente, por lo que sus suelos no han tenido ocasión de desarrollarse. En los principales sistemas montañosos también se encuentran leptosoles, allí donde las pendientes y la consecuente erosión imponen una restricción a la formación del suelo. La evolución lenta y la productividad reducida de los desiertos ocasiona igualmente que el suelo sea delgado. Ésta es la razón por la que los leptosoles son comunes en la Sierra Madre Oriental, Occidental y del Sur, así como en la vasta extensión del Desierto Chihuahuense.

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

Figura 3.I. Proporción de la superficie nacional cubierta por las principales unidades de suelos.



y arena acarreadas por el agua; de ahí que se encuentren sobre todo al pie de las sierras, donde son acumulados por los ríos que descienden de la montaña cargados de sedimentos. Las extensiones más vastas de estos suelos en el país se localizan cercanas a la Sierra Madre Occidental y del Sur. Las variantes más comunes en el territorio, los regosoles éutricos y calcáricos, se caracterizan por estar recubiertos por una capa conocida como «ócrica» que, al ser retirada la vegetación, se vuelve dura y costrosa impidiendo la penetración de agua hacia el subsuelo. La consecuente sequedad y dureza del suelo es desfavorable para la germinación y el establecimiento de las plantas. El agua, al no poder penetrar al suelo, corre por la superficie provocando erosión.

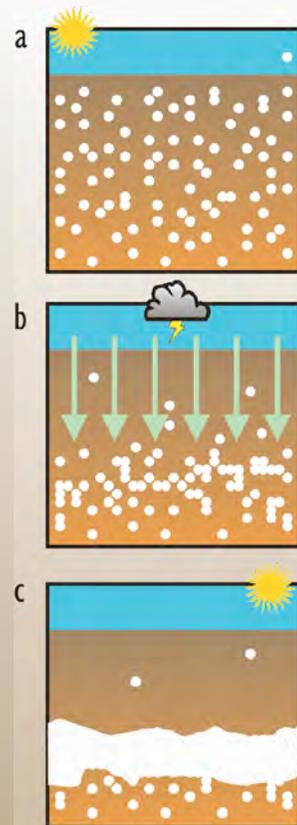
Los calcisoles (del latín *calx*, cal) se distinguen por presentar una capa dura de «caliche» (véase **Los suelos someros**) a menos de un metro de profundidad, una gran cantidad de calcio y, a menudo, una capa ócrica, características que los convierten en suelos secos e infértiles. Los calcisoles se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

Hasta aquí se han mencionado suelos que por lo general contienen poca humedad, son poco profundos y de baja fertilidad debido a sus altos contenidos de calcio. Leptosoles, regosoles y calcisoles cubren 60.7% del territorio nacional. Si a esto sumamos otros suelos comúnmente inadecuados para la agricultura como gleyzems, solonchaks, acrisoles o alisoles (**Cuadro III.3.1.1**), resulta que cerca de dos terceras

Los suelos someros

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

Los suelos, especialmente en las zonas áridas, pueden desarrollar un horizonte petrocálcico o «caliche». Cuando los suelos son jóvenes (Figura a), las sustancias que lo conforman suelen estar dispersas en todo su perfil. Éste puede ser el caso del calcio, representado en la figura de la derecha por los puntos blancos. Cuando llueve, parte del calcio es acarreado por el agua que lo deposita en zonas más profundas (Figura b). Con el paso del tiempo se forma una zona, u horizonte, rica en calcio. Este elemento puede entonces reaccionar químicamente para producir carbonato de calcio, el cual se cementa firmemente formando una estrato más o menos continuo que asemeja a una roca: el caliche (en blanco, Figura c). Esta capa es impermeable y frecuentemente se localiza a unos pocos centímetros de la superficie del suelo, compartiendo diversas propiedades con los suelos que tienen la roca madre cerca de la superficie. Esta característica es típica de los calcisoles y de varios tipos de leptosoles.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Buckman, H. O. y N. C. Brady. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Barcelona. 1977.

partes del territorio nacional no son fácilmente explotables para fines agrícolas.

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

Finalmente, los vertisoles (del latín *vertere*, invertir) son suelos sumamente arcillosos que se desarrollan en climas de subhúmedos a secos. Al igual que los feozems, son profundos, muy duros cuando están secos y lodosos al mojarse (debido a su alto contenido de arcillas), por lo que resulta difícil trabajarlos. Además, su fertilidad es intrínsecamente baja. Sin embargo, la tecnificación de la agricultura tiene resultados notables al lograr incrementos

de producción hasta en diez veces. No es coincidencia que algunas de las zonas consideradas «graneros», como el Bajío o Sinaloa, cuenten con grandes extensiones de vertisoles.

Feozems y vertisoles representan el 18.0% de los suelos del país. Otros, como los cambisoles, arenosoles, luvisoles, andosoles o kastañozems (Cuadro III.3.1.1) son igualmente adecuados para su explotación agrícola, aunque algunos se erosionan con facilidad. En total representan alrededor del tercio restante de la superficie nacional. En el Cuadro III.3.1.2 se desglosa la cobertura de suelos por entidad federativa.

Existe una clara asociación entre el suelo y la vegetación. Los calcisoles y arenosoles están restringidos prácticamente a las zonas áridas y semiáridas, cubiertas por matorrales y pastizales. Los feozems y andosoles son típicos de los bosques y pastizales templados. La humedad de varias zonas selváticas hace que ciertos suelos que se forman en presencia de grandes cantidades de agua, como los gleysoles y los

Figura 3.2. Suelos asociados a los diferentes tipos de vegetación presentes en México, 1993.

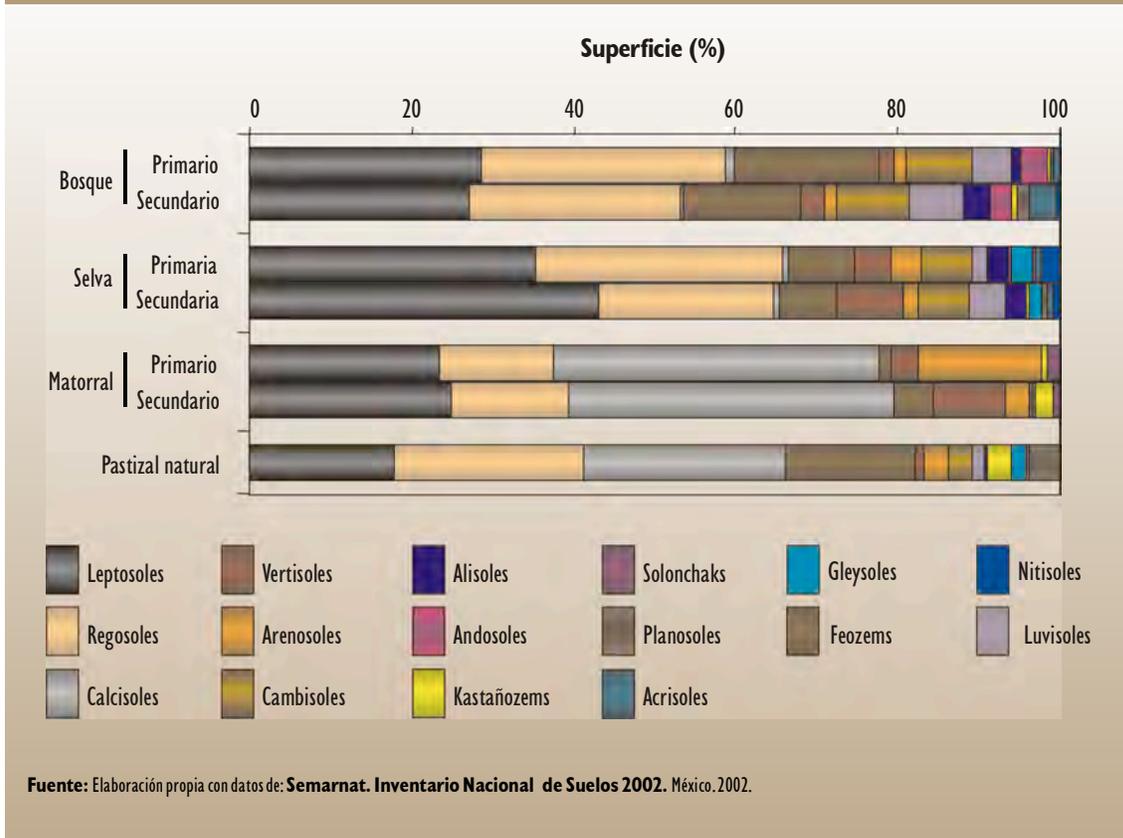
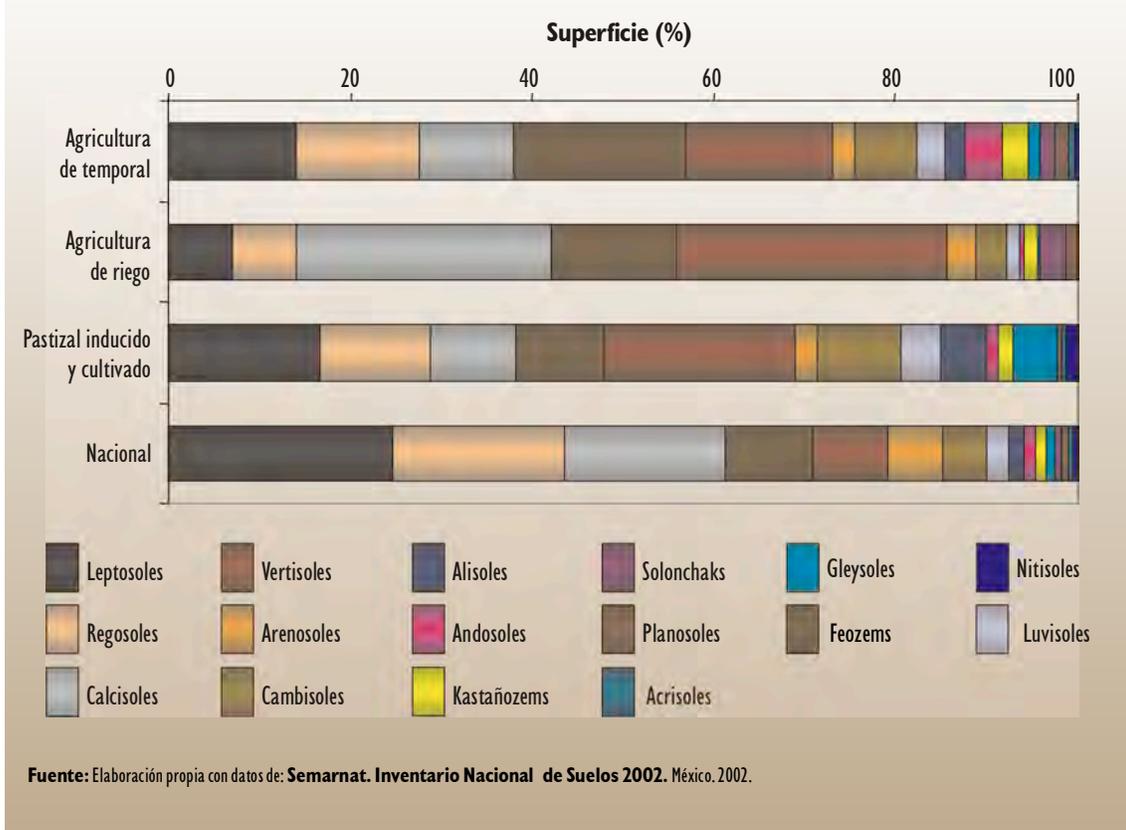


Figura 3.3. Comparación de los suelos bajo diferentes formas de manejo agropecuario con las existencias de suelos a escala nacional, 1993.



alisoles, sean más frecuentes bajo esta vegetación (Figura 3.2, Cuadros III.3.2.3, III.3.2.4, III.3.2.5, III.3.2.6, III.3.2.7, III.3.2.8, y III.3.2.11). El cambio de uso del suelo depende en buena medida del tipo de sustrato. En términos generales, los suelos más aptos para la agricultura son los más explotados. La proporción de feozems, vertisoles o cambisoles empleados en la agricultura es superior a la media nacional para otros suelos. Por el contrario, los leptosoles, regosoles y calcisoles son utilizados con menor frecuencia. En otros casos es perceptible el efecto de la región. En el norte del país las condiciones de aridez hacen más común el uso del riego para los cultivos y, en consecuencia, los calcisoles son aprovechados de manera asidua en la agricultura de riego. En las selvas del golfo y sureste se han inducido extensos potreros, por lo que los gleysoles y alisoles son más comunes bajo la forma de pastizales inducidos de lo que es la media nacional (Figura 3.3, Cuadros III.3.2.9, III.3.2.10 y III.3.2.12). Dentro de los suelos cultivados hay una variabilidad

considerable en términos de su fertilidad. Mientras que Sinaloa es el estado más fértil del país, Tlaxcala tiene un índice de fertilidad de apenas la séptima parte que el sinaloense, siendo la entidad con los suelos más pobres (Mapa 3.1). Sin embargo, el uso del suelo con fines agrícolas no está relacionado necesariamente con su fertilidad; Tlaxcala es el estado con mayor porcentaje de superficie cultivada en el país.

Degradación del suelo.

La vida en tierra firme depende del suelo. Con contadas excepciones, todas las plantas requieren de este recurso para sobrevivir. El suelo almacena el agua disponible para la vegetación y cobija a los organismos que lo habitan; su pérdida es irreversible. A pesar de estas consideraciones se está haciendo un uso inadecuado del suelo, que lo destruye o la degrada. La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las

Mapa 3.1. Fertilidad de suelos agrícolas por entidad federativa, 1996.

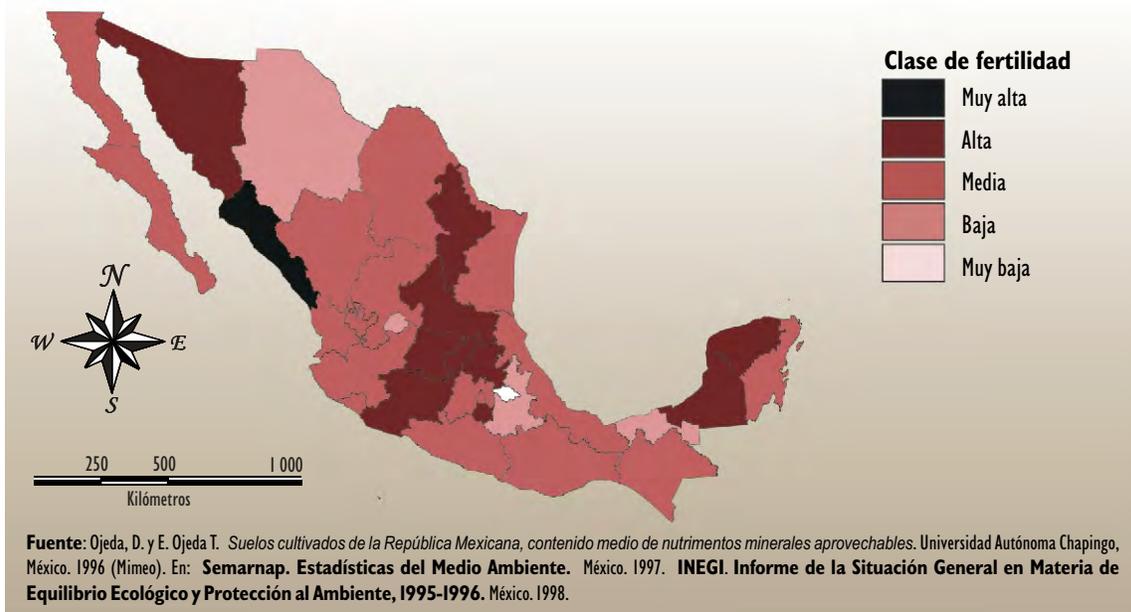


Figura 3.4. Principales procesos de la degradación de los suelos en el mundo, 1994.

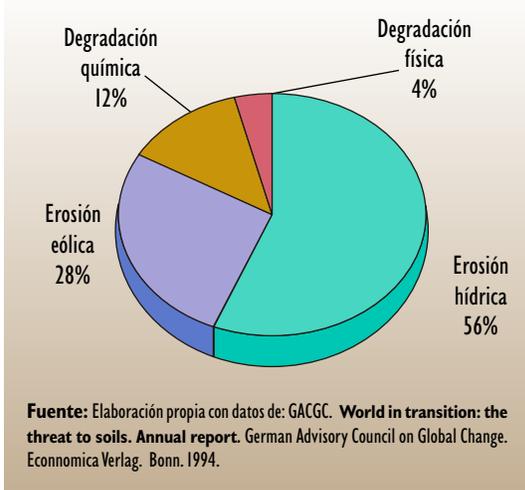
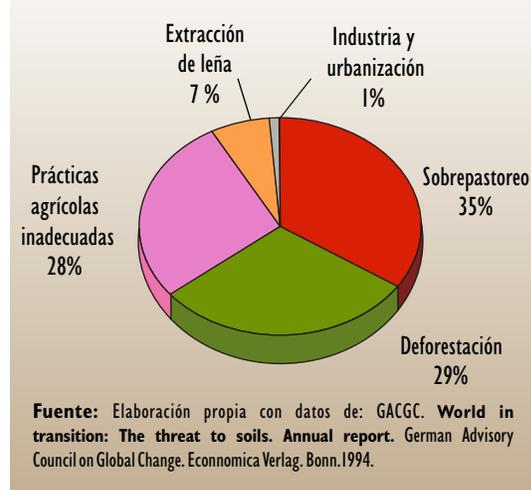


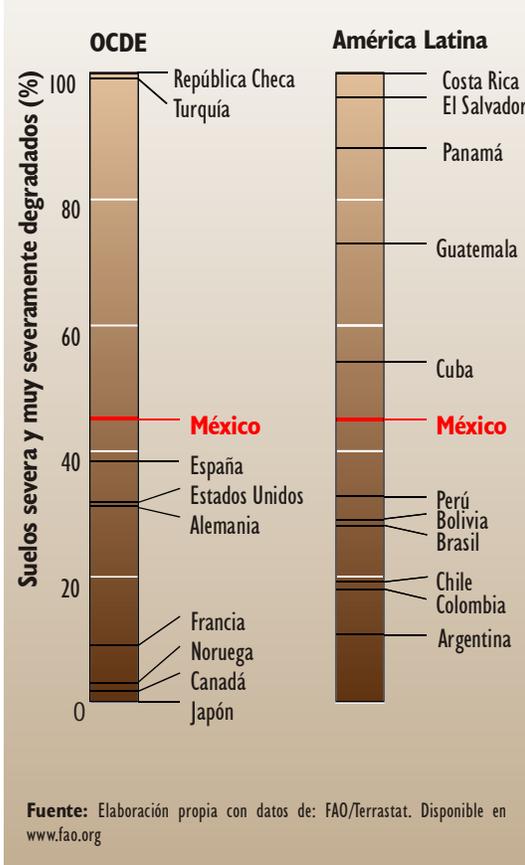
Figura 3.5. Principales agentes causales de degradación de los suelos en el mundo, 1994.



actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana. Se estima que alrededor de 2 mil millones de hectáreas en el mundo sufren algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre. Esto equivale al 15% de toda la tierra firme, un área mayor

que México y Estados Unidos juntos. La erosión provocada por el agua es la forma más común de degradación del suelo (Figura 3.4). Cada año los ríos acarrear al océano 24 000 millones de toneladas de tierra cultivable. El arrastre de los últimos dos decenios es equivalente a la capa de suelo que recubre la totalidad de los terrenos agrícolas de Estados Unidos. Las causas más frecuentes de dicha degradación son

Figura 3.6. México en el mundo: degradación del suelo. La proporción del territorio degradado en México ocupa una posición intermedia respecto a los extremos en la OCDE y América Latina.



el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas (Figura 3.5, PNUMA-Earthscan, 2002). Por lo general, la degradación de suelos es más severa en los países en vías de desarrollo, aunque algunos de los más prósperos también enfrentan graves problemas. Dentro de la OCDE, México ocupa uno de los primeros lugares en degradación, aunque otros miembros experimentan una situación mucho peor. En el contexto latinoamericano, estamos en un punto intermedio entre los países de Centro y Sudamérica (Figura 3.6).

El 64% del territorio nacional muestra algún tipo de degradación (véase, no obstante, *¿Cuánta es la degradación?*). A su vez, 70% de esta cifra es degradación de moderada a extrema, donde la fertilidad del

suelo se encuentra reducida fuertemente (Figura 3.7, Cuadro III.3.3.2). En general, se reconocen dos tipos de deterioro: el que implica el desplazamiento del suelo (erosión) y el que se refleja en un detrimento de la calidad del suelo (Recuadro III.3.3.3). Más de la mitad del territorio sufre los efectos de la erosión provocada por el agua o el viento. Tal como sucede en el resto del mundo, la erosión hídrica es la primera causa de degradación en México (Figura 3.8, Cuadro III.3.3.1).

La erosión hídrica es la remoción del suelo bajo la acción del agua. Esto afecta tanto a las zonas de las cuales se retira el sustrato como a aquellas que son sepultadas por el depósito de sedimentos. En la mayoría de los casos el suelo se vierte al mar, por lo que las zonas afectadas por la sedimentación apenas alcanzan un 0.06% del territorio nacional. Uno de los problemas más graves de la sedimentación es el azolve de represas, que compromete el futuro de obras millonarias para la provisión de agua y generación de electricidad. Las estimaciones sobre la superficie afectada por la erosión en México son muy diferentes, pero a partir de 1965 todas coinciden en que supera el 60% del país (Figura 3.9). La erosión hídrica toma dos formas fundamentalmente. La erosión superficial ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona, arrastrando la capa superior del suelo. Este estrato es el que más nutrientes y materia orgánica contiene y, al eliminarse, el suelo pierde su fertilidad. En otras ocasiones el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda o *cárcava*. En tales casos se dice que hay *deformación del terreno*. Cuando el viento es el agente que provoca el deterioro se reconocen las mismas modalidades de erosión superficial más la deformación, cuando se forman dunas. La deformación por viento no es un problema extendido en México, mientras que la que está asociada al agua comprende más de 22.7 millones de hectáreas. La movilidad del sustrato en las cárcavas o dunas es muy alta, por lo que las pocas plantas que llegan a germinar en estas condiciones son arrastradas junto con el suelo cuando aún son pequeñas. Consecuentemente no se desarrolla vegetación que pueda retener el terreno y es sumamente difícil frenar la degradación. Por lo mismo, la erosión por cárcavas es severa

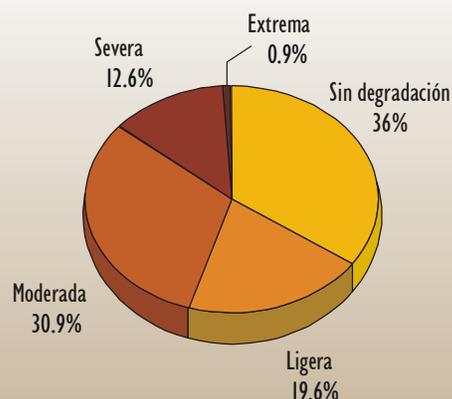
¿Cuánta es la degradación?

La cifra oficial sobre la superficie de suelos degradados en el país asciende a cerca de 125 460 475 hectáreas, lo que equivale aproximadamente al 64% del territorio nacional. Tal cifra está basada en un estudio realizado en 1999 por la entonces Semarnat. Para llevarlo a cabo, por medio de imágenes de satélite se dividió el territorio nacional en unidades aparentemente homogéneas. Cada unidad se visitó y se evaluaron el tipo y la intensidad de la degradación del suelo y se estimó visualmente el porcentaje de la unidad en condiciones de degradación. Posteriormente, las superficies de todas las unidades que mostraron degradación se sumaron para obtener el total arriba mencionado.

Dicho método proporciona una estimación de la degradación del suelo tomando en cuenta que los procesos de deterioro afectan a las superficies aledañas. Cuando se observa un terreno con cárcavas de erosión, es muy probable que las porciones de suelo que se encuentran entre las cárcavas también muestren cierto grado de deterioro. Por ello se considera que toda la unidad geográfica está dentro del *área de influencia* de la degradación, por lo que la superficie total de la unidad se toma en cuenta para la suma nacional. Sin embargo, especialmente cuando se trata de unidades grandes, es difícil considerar que un proceso degradativo en un punto específico de la unidad afecte a toda la zona. Una alternativa para evitar la inclusión de las porciones intactas de suelo en los cálculos es considerar sólo la *superficie afectada* por la degradación, sin considerar su área de influencia. Con base en la superficie total de la unidad geográfica y la estimación de campo del porcentaje de superficie degradada, se puede obtener una aproximación de la superficie directamente afectada en cada unidad. De esta manera, los suelos degradados en el país ascienden a 30 523 330 hectáreas, es decir, cerca del 15% de la superficie nacional.

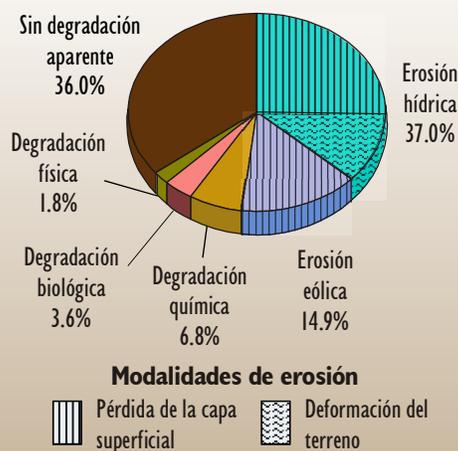
En el compendio estadístico anexo se encuentran cuadros que emplean ambos métodos, los cuales están referidos como «área de influencia» cuando se emplea la superficie total de las unidades geográficas (total nacional: 64%) o como «superficie afectada», en el caso de usarse exclusivamente las porciones con claros signos de deterioro (total nacional: 15%). Es importante notar la diferencia para interpretar correctamente los resultados.

Figura 3.7. Nivel de degradación de los suelos en México, 1999.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México.2002.

Figura 3.8. Suelos con degradación por diferentes procesos en México, 1999.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México.2002.

o extrema en el 56% de los casos (Figura 3.10). Éste es sin duda uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta nuestro país. La erosión hídrica tiene lugar sobre todo en las zonas montañosas donde existen laderas para que el agua corra. Esto significa que sólo la península de Yucatán, las planicies costeras del golfo y el Pacífico, así como las porciones del norte del Altiplano, no sufren de erosión por agua (Mapa III.3.3.16). Una excepción notable es la península de Baja California, que se encuentra en buenas

condiciones a pesar de contar con importantes cordilleras. La erosión eólica se presenta sobre todo en las zonas secas del norte del país, pero hay pequeñas áreas dispersas a lo largo de todo el territorio nacional (Mapa III.3.3.17).

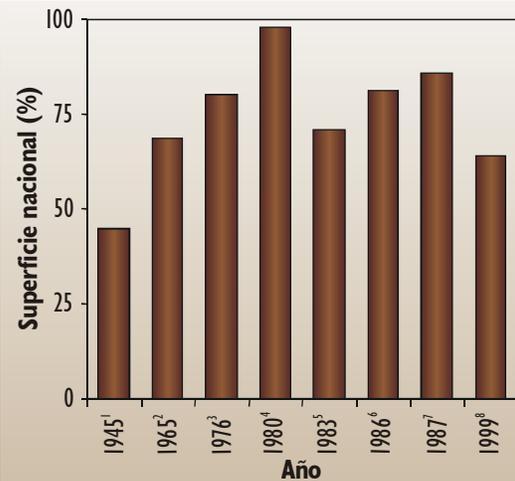
La degradación química tiene lugar bajo diferentes condiciones. La forma más común es la salinización, que es el incremento de la cantidad de sales en el suelo. Las zonas áridas, las cuencas cerradas y las costas tienen suelos naturalmente salinos. El riego puede agravar la salinidad cuando se emplea agua de mala calidad rica en minerales como el sodio, tal es el caso del líquido extraído por bombeo o las aguas negras. También un riego excesivo puede elevar el manto freático formando salitre en la superficie. Los terrenos con drenaje deficiente y/o alta evaporación son particularmente susceptibles. La mayoría de las plantas ven reducido su desempeño en suelos salinos, lo que abate los rendimientos de las cosechas (Mapa III.3.3.18).

Por su parte, la degradación biológica afecta un 3.6% del país. Este fenómeno tiene que ver con la pérdida de materia orgánica y de los procesos que mantienen la fertilidad del suelo; en este rubro, la península yucateca es la región más afectada (Mapa III.3.3.19). Por último, la degradación física está asociada principalmente con la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua, lo que ocurre cuando el suelo se compacta (por el tránsito de vehículos o animales), su superficie se endurece (encostramiento) o se le recubre (urbanización). También la inundación de una zona degradada físicamente sus suelos (Mapa III.3.3.20, Recuadro III.3.3.2).

Zonas frágiles

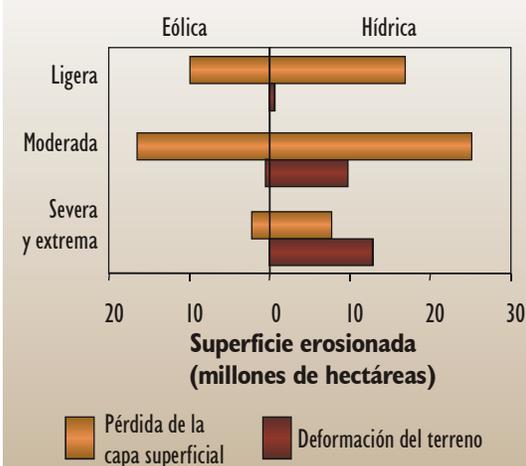
La Agenda 21, adoptada en la Cumbre de la Tierra de 1992, reconoce dos ecosistemas como sumamente frágiles. Se trata de las zonas secas y las de montaña, referidas en los capítulos 12 y 13, respectivamente, de dicho documento. Ambos sistemas están representados ampliamente en México. Su fragilidad se expresa en varias dimensiones, como la social o la biológica, pero es en los suelos donde de manera particular muestra sus manifestaciones más dramáticas.

Figura 3.9. Estimaciones para diferentes años de la superficie afectada por erosión en México.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnap-INEGI. Estadísticas del medio ambiente en México, 1997, tomado de ¹Baldwin, 1945; ²SARH, 1965; ³Andrade, 1976; ⁴Estrada y Ortiz, 1980; ⁵García-Lagos, 1983; ⁶SARH, 1986; ⁷Geissert y Rossingnol, 1987; ⁸Semarnap. Inventario Nacional de Suelos. México, 1999.

Figura 3.10. Superficie erosionada por agua y viento, según nivel, en México, 1999.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México, 2002.

Las montañas: delicados gigantes

Las montañas constituyen uno de los ecosistemas de mayor importancia en el mundo. Bastan algunas cifras (véase **Numeralia montañesa en el mundo**) para darse cuenta de que son zonas estratégicas. Por ejemplo, los

declives y desniveles son ambientes de alta energía capaz de ser aprovechada por el hombre mediante plantas hidroeléctricas, pero cuya construcción también puede representar riesgos y causar desastres como deslaves o erosión rampante. Los extremos climáticos son la norma: la variación de la temperatura a lo largo de un día en las montañas tropicales es tan grande como la diferencia de temperaturas entre verano e invierno en el norte de Europa; por lo general, las alturas de las cordilleras son áridas, aunque también los ecosistemas más lluviosos del planeta se encuentran en zonas montañosas. Las sierras más elevadas tienen climas muy fríos, por lo que los procesos biológicos son más lentos. Esto debe tomarse en cuenta al extraer recursos como leña o provocar deterioro del suelo, ya que la recuperación de este ecosistema es sumamente lenta o incluso irreversible. Los desastres naturales como terremotos, erupciones volcánicas o avalanchas, son más frecuentes en las cordilleras que en las tierras bajas. Todo esto hace que las montañas sean ecosistemas sumamente frágiles.

Debido al gran número de microambientes que se encuentran en las cordilleras, diferentes porciones de una misma sierra son el hábitat de especies biológicas diferentes. El aislamiento en el que viven unas y otras ha promovido que muchas sean endémicas de regiones muy pequeñas. En cuanto a los pueblos que habitan las montañas, son comunidades que durante siglos han logrado aprovechar los recursos de las diferentes regiones. En ocasiones han desarrollado técnicas muy sofisticadas para poder explotar esos frágiles ecosistemas durante largos periodos de tiempo. Cabe señalar, sin embargo, que existe un «gradiente altitudinal de pobreza», donde las condiciones económicas se deterioran conforme se asciende.

Las cordilleras poseen una infinidad de recursos. El advenimiento de carreteras, túneles y puentes ha transformado a las montañas en escarpados almacenes de madera, agua (son la fuente de captación de agua más importante del planeta), electricidad, minerales (la mayor parte de las minas del mundo están en montes) y alimento para las sociedades más prósperas de las tierras bajas (Denniston, 1996; FAO, 2000; The Panos Institute, 2002).

México es un país eminentemente montañoso. Cerca de 87.5 millones de hectáreas —poco menos de la mitad de la superficie nacional— corresponden a zonas de montaña. Más de las tres cuartas partes del territorio de Guerrero, Oaxaca y Michoacán descansan sobre montes. Por su enorme extensión, los estados de Chihuahua y Durango dan cabida a más de una quinta parte de las montañas de México ([Mapa III.3.2.2](#), [Cuadro III.3.2.13](#)).

Los suelos que se encuentran en las montañas son distintos de los que existen en otras regiones. En las sierras mexicanas hay proporcionalmente más leptosoles y regosoles que en ninguna otra parte del país. La causa principal de esto es el agua, que fluye con gran energía por las laderas, adelgazando los suelos de algunas zonas y depositándolos en otras, formando leptosoles y regosoles, respectivamente. El depósito de sedimentos también origina los cambisoles y, cuando el sistema llega a estabilizarse, los feozems; ambas unidades de suelo se encuentran en mayor proporción en las montañas. Los andosoles, originados por erupciones, se restringen a las cercanías de los volcanes ([Figura 3.11](#), [Mapa III.3.2.3](#), [Cuadro III.3.2.14](#)), son fácilmente erosionables, ya sea porque se trata de suelos muy someros, impermeables o poco consolidados (ver «Los suelos de México» en este capítulo). Si a esto se añade que pueden estar ubicados en fuertes declives, resulta que son tierras muy frágiles. De hecho, cerca del 70% de la erosión hídrica que ocurre en el país se presenta en zonas de montaña. La formación de cárcavas está restringida en un 82.8% a los montes. Los demás procesos de degradación de suelos se encuentran mucho mejor representados fuera de las serranías ([Figura 3.12](#)). A pesar de la extendida erosión hídrica en las montañas (58%), el porcentaje de suelos sin degradación aparente (31%) es apenas menor que en el resto del país (38%, [Figura 3.13](#), [Cuadro III.3.3.24](#)), quizá como resultado de la inaccesibilidad y escasa precipitación en algunas regiones, como la península de Baja California, la Sierra Tarahumara y de la inaccesibilidad y gran cubierta vegetal de la Selva Lacandona ([Mapa III.3.3.24](#)). Todas estas cordilleras son las menos alteradas y se caracterizan por su baja densidad poblacional hasta tiempos muy recientes.

Numeralia montañesa en el mundo

Dato	Cifra
Agua dulce disponible en las zonas áridas que procede de las montañas	70-95%
Agua dulce disponible en las zonas húmedas que procede de las montañas	30-60%
Agua dulce que tiene su origen en las montañas	80%
Altura que se requiere ascender para observar una variación climática equivalente a la que se observa tras recorrer 100 km de terreno plano	100 metros
Años que se requieren para destruir la capa arable del suelo cuando el declive del terreno es del 25%	10
Años que se requieren para que desaparezcan casi todos los bosques nubosos del planeta de seguir las tendencias actuales	10
Áreas de alto endemismo de aves que se presentan en montañas	131 de 247
Bosques cerrados en zonas de montaña	28% del total mundial
Cultivos principales que fueron domesticados en montañas	6 de 20 (el maíz entre ellos)
Derrama económica anual del turismo en zonas de montaña	70 a 90 mil millones de dólares
Especies vegetales y animales en la Sierra Nevada de California	10 a 15 mil
Personas que no viven en montañas pero dependen de ellas para alimentarse u obtener energía	Más de 2 000 millones
Población humana que habita en montañas	12%
Población mundial que depende del agua de las montañas	Más de la mitad
Porcentaje de los montañeses que viven por debajo de la línea de pobreza	80%
Ríos importantes que nacen en zonas de montaña	Todos
Superficie terrestre en zonas de montaña	24%
Tasa anual de crecimiento de la población montañesa	1%
Turismo que tiene por destino zonas de montaña	15-20%

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

FAO. **Año internacional de las montañas**. Roma, 2000.

FAO. **Todos somos gente de montaña**. S/f. Disponible en www.mountains2002.org

Denniston, D. Overview: People and mountains. *People and planet* 5:1-3. 1996.

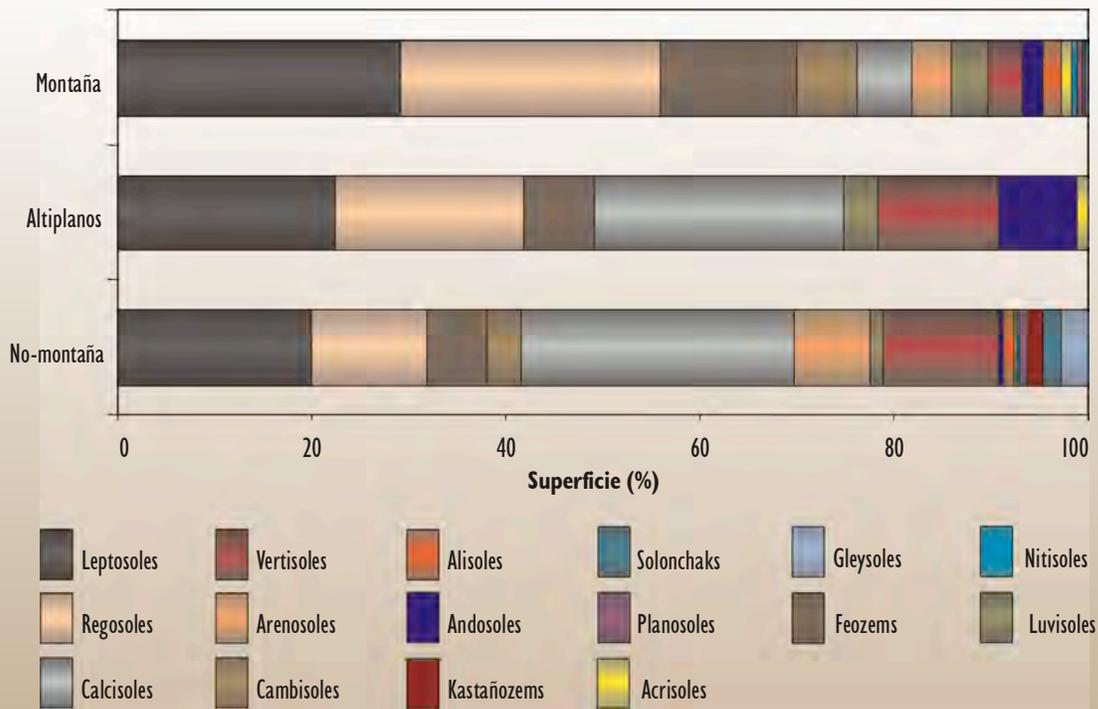
Zonas secas: la amenaza de la desertificación

Al igual que los ambientes montañosos, los desiertos imponen condiciones sumamente difíciles para la vida. En este caso, las altas temperaturas y la aridez son los factores ambientales que deben sortear los seres vivos. El clima suele ser impredecible, con años en los cuales no cae una gota de lluvia y otros con aguaceros torrenciales. La vida de muchos desiertos americanos está íntimamente ligada con el fenómeno climático de El Niño, que ocurre cada tres a siete años, y que acarrea humedad hacia las zonas áridas (véase **El Niño propicia los incendios forestales** en el capítulo 2). Durante los meses o años de sequía, muchos procesos biológicos se ven virtualmente detenidos. Los ritmos de la naturaleza son más bien pausados y no llegan a emparejarse con los acelerados tiempos del hombre. Antes de que el ecosistema pueda recuperarse de los impactos recibidos, nuevas actividades antrópicas se dan cita en el mismo lugar.

Otra similitud que tienen las regiones secas y las montañosas es la pobreza de sus habitantes. Mil millones de las personas más pobres del planeta viven en regiones secas. Cerca del 90% de los países con mayor superficie árida se encuentran en vías de desarrollo.

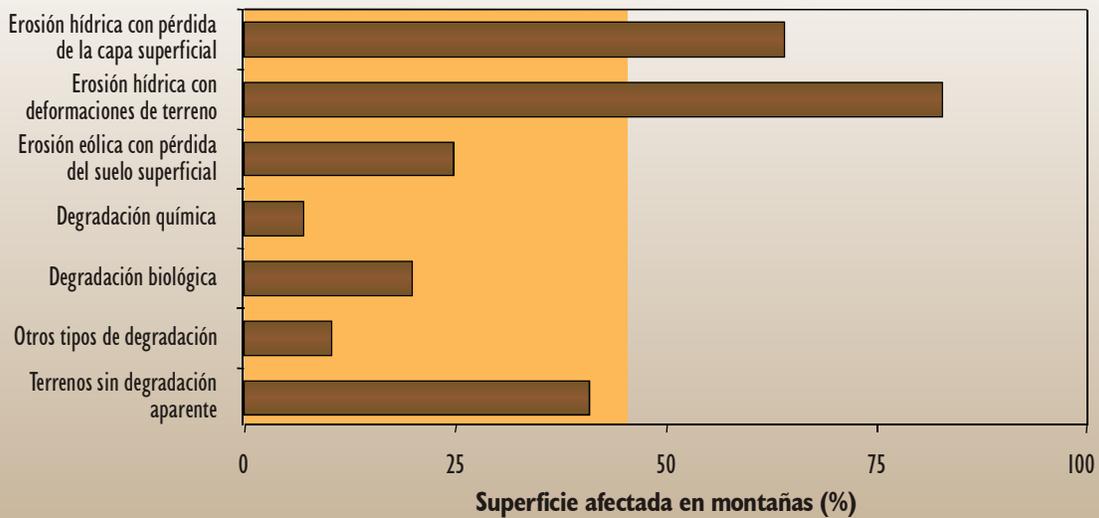
Las formas de explotación que pueden parecer adecuadas en un momento dado, se vuelven depredadoras en otro debido a la variabilidad climática. Típicamente, los pastores tienen tantos animales como se los permite el ambiente, pero cuando sobreviene una sequía natural, el mismo ganado ya no encuentra suficiente alimento y explota el poco que queda de manera excesiva. Existe la posibilidad de que, aun cuando regresen las lluvias, el sistema haya sido alterado tan fuertemente que ya no se recupere. Es decir, se ha producido un **cambio catastrófico** (véase **Cambios catastróficos** en el capítulo 2). Como resultado de estos factores puede producirse la **desertificación**, entendida como la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas

Figura 3.II. Unidades de suelos encontrados en montañas, altiplanos y zonas sin montañas en México.



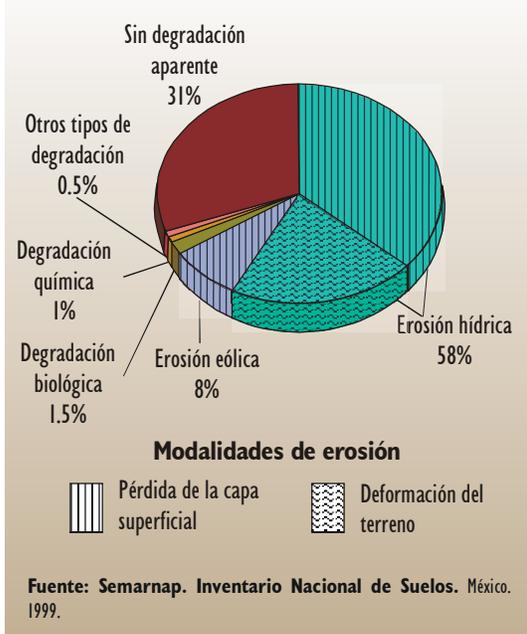
Fuente: Semarnap. Inventario Nacional de Suelos. México. 1999.

Figura 3.I2. Suelos degradados en las zonas montañosas de México. De no existir relación entre la degradación y la topografía, las barras deberían ser tan largas como el rectángulo del fondo. Se aprecia que la erosión hídrica es más frecuente en las montañas que lo esperado, mientras que las restantes formas de degradación tienden a ocurrir en zonas no montañosas.



Fuente: Semarnap. Inventario Nacional de Suelos. México. 1999.

Figura 3.13. Principales procesos de degradación de los suelos en las montañas de México, 1999.



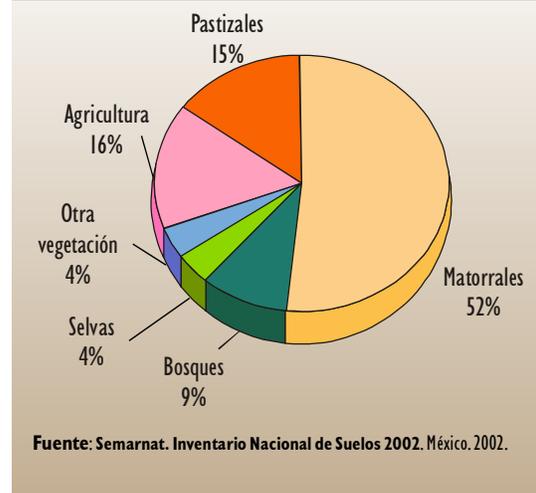
como resultado de diversos factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas. Aquí, la palabra «tierra» se refiere tanto a los suelos como a los organismos que habitan en ellos, además de comprender los ciclos hidrológicos y ecológicos que ahí tienen lugar (Convención de Naciones Unidas contra la Desertificación). Las dimensiones del problema son enormes (véase *La magnitud de la desertificación*).

En México, las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas ocupan 99 473 135 hectáreas, es decir, más de la mitad del país. De acuerdo con esta definición no sólo los matorrales pueden desertificarse. Éstos abarcan 52% de las zonas secas, seguidos por los pastizales (incluyendo los pastizales inducidos). Bosques y selvas también ocupan dichas regiones (Figura 3.14). Entre 1976 y 1993, la vegetación más afectada por las actividades humanas en las zonas secas fueron los matorrales, que se redujeron a una tasa de 0.89% anual, mientras que los bosques, pastizales y agricultura aumentaron su extensión durante el periodo (Figura 3.15, Cuadro III.3.2.16). Del total de la superficie en México, el

59% se ha desertificado por degradación del suelo. Al igual que como sucede a nivel mundial, la erosión hídrica es el proceso de desertificación más importante (47.5% de la superficie degradada), seguida de la erosión eólica (38.9%, Figura 3.16, Cuadro III.3.3.26). De hecho, más de las tres cuartas partes de la erosión por viento en México ocurre en las regiones secas, mientras que la degradación biológica es sumamente rara (Figura 3.17). A estas cifras habría que sumar una superficie indeterminada donde hay deterioro, pero no en el suelo. Esta forma de desertificación rara vez es tomada en cuenta por los estudios especializados y, por lo general, se le considera poco común.

Las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas que no han sufrido desertificación se encuentran en el centro del Desierto Chihuahuense (cerca de la confluencia de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango), el Gran Desierto de Altar, al noroeste de Sonora, y la península de Baja California (Mapa III.3.3.25). Al igual que en las montañas, estas regiones han estado poco habitadas por mucho tiempo. La erosión hídrica se concentra en las faldas de las serranías, mientras que la erosión eólica en las grandes planicies de San Luis Potosí, Zacatecas, Durango y Chihuahua. Sólo las regiones secas de la costa del Pacífico muestran grandes extensiones salinizadas.

Figura 3.14. Usos de suelo y tipos de vegetación en zonas hiperáridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, 1993.



La magnitud de la desertificación

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

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

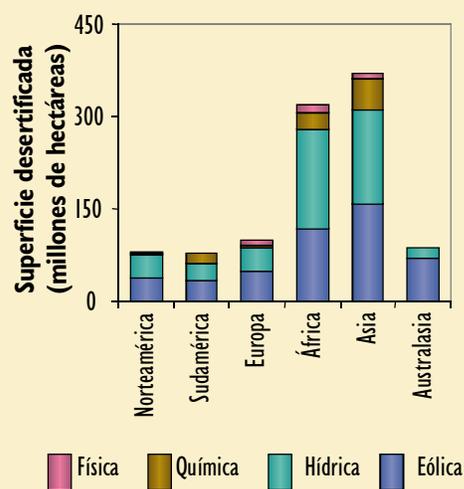
El 20% de las zonas susceptibles a la desertificación ya han sido degradadas, lo que equivale aproximadamente a la superficie de China. Alrededor del 70% de las tierras de cultivo en zonas secas se ha desertificado, dejando sin alimentación a millones de personas. Anualmente, 12 millones de hectáreas de campos agrícolas se pierden, en las cuales se podrían producir unos 20 millones de toneladas de grano. Las hambrunas recurrentes en África son resultado de la degradación de los suelos agrícolas y de los periodos de sequía. Se estima que al menos unas 500 000 personas se han convertido en refugiados ecológicos y unos mil millones más están amenazadas en mayor o menor grado por la desertificación.

En el mundo, 1 035 millones de hectáreas sufren de la desertificación provocada por el hombre. De éstas,

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

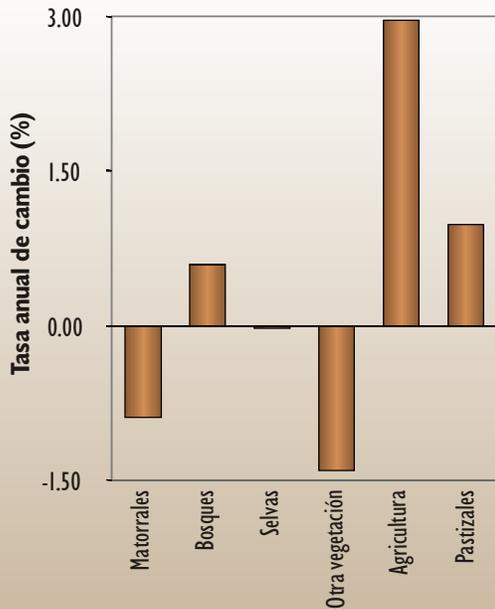
Las causas más importantes de desertificación son la erosión hídrica (45% de los casos) y la eólica (42%). La primera se presenta en las zonas semiáridas y subhúmedas secas, mientras que la segunda es característica de las regiones áridas. La erosión química, predominantemente por salinización, es responsable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

Figura a. Superficie desertificada en los diferentes continentes según la forma de degradación del suelo. Asia y África son los más afectados, pero también son los continentes con mayor superficie susceptible.



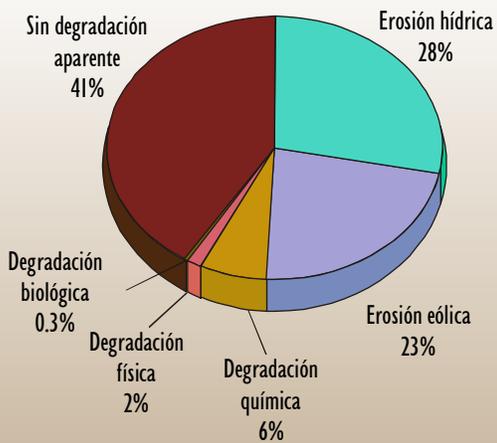
Fuente: GEF-IFAD. **Tackling land degradation and desertification**. Roma, 2002.

Figura 3.15. Tasas de cambio de uso del suelo en zonas hiperáridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, 1976-1993.



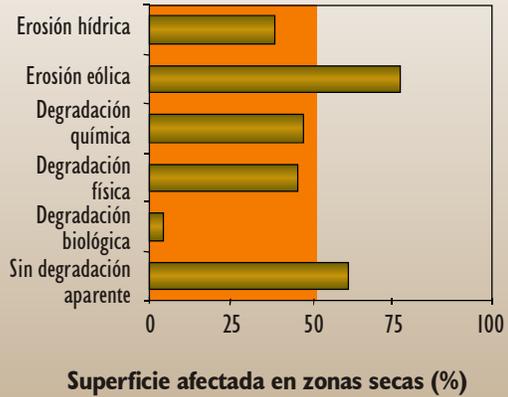
Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.

Figura 3.16. Degradación del suelo en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas en México, 1999.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.

Figura 3.17. Suelos degradados en México que se encuentran en zonas secas. De no existir relación entre degradación y aridez, las barras deberían ser tan largas como el rectángulo del fondo. Se aprecia cómo la erosión eólica es mayor en las regiones secas de lo esperado. Hay también una proporción mayor de suelos no degradados.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.

Factores asociados a la degradación del suelo

La velocidad con la que el viento y el agua remueven el suelo depende de la cantidad de vegetación que lo cubra. En un bosque denso, el aire se mueve mucho más despacio, además, las raíces forman una red que afianza la tierra contra el paso del agua. Las plantas y los animales que viven en el subsuelo remueven la tierra y la mantienen porosa, de modo que el agua se infiltra en vez de correr por la superficie provocando erosión. En otros casos, los árboles explotan los mantos freáticos y los mantienen lejos de la superficie donde pudieran causar gleyzación o salinización (Recuadro III.3.3.3). Por todo esto, la vegetación y el uso del suelo tienen una importancia capital para evitar que se generen procesos de degradación del mismo.

Los bosques constituyen el tipo de vegetación que tiene los suelos más deteriorados. Probablemente esto se debe a que muchos de ellos se encuentran en zonas de montaña; así lo sugiere también el papel tan significativo que tiene la erosión hídrica en este ecosistema. Los pastizales naturales y los matorrales, al encontrarse primordialmente en regiones áridas, son la vegetación que más sufre las consecuencias

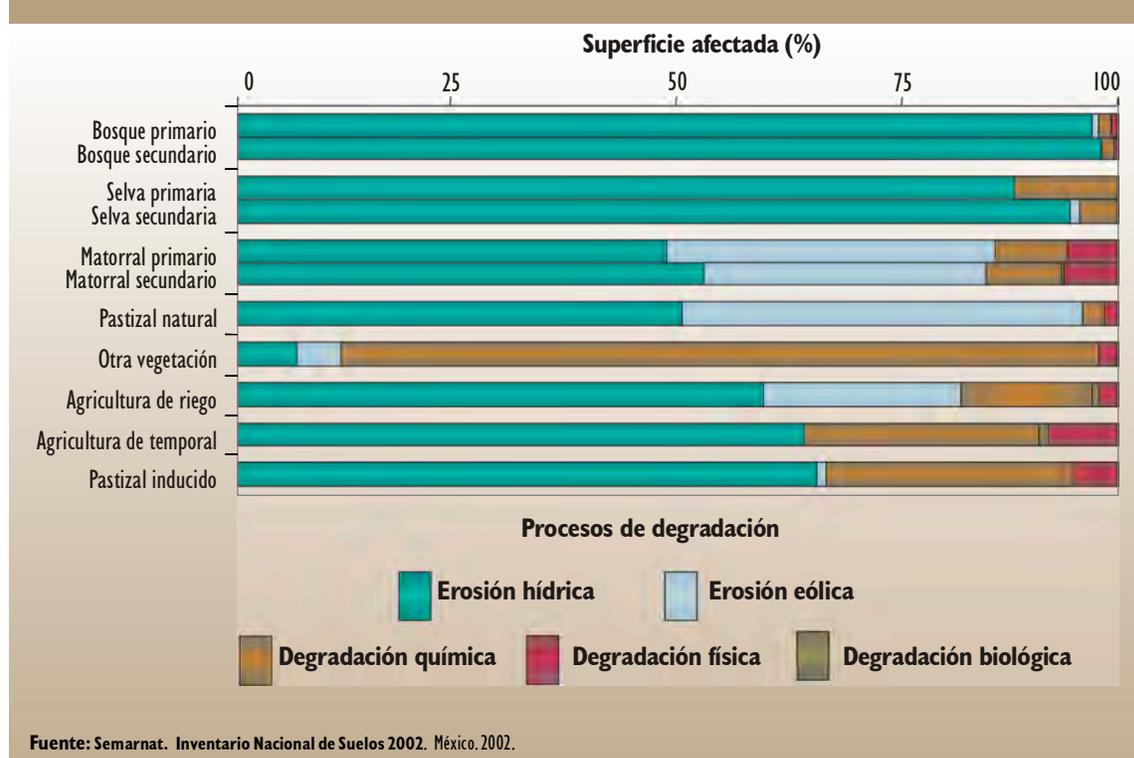
de la erosión eólica. En los suelos con uso agropecuario es donde se observan los cambios químicos más importantes como resultado de la sobreexplotación de los mismos. En tales casos hay pérdida de nutrientes y salinización por el riego con aguas inapropiadas o la subida de los mantos freáticos. (Figura 3.18, Cuadros III.3.3.4, III.3.3.5, III.3.3.6, III.3.3.7, III.3.3.8, III.3.3.9, III.3.3.10, III.3.3.11, III.3.3.12, III.3.3.13 y III.3.3.14).

El deterioro es más grave conforme se intensifican las actividades humanas. En la vegetación secundaria siempre se encuentra que el terreno con degradación severa a extrema es más frecuente que en la vegetación primaria. Por ejemplo, los bosques secundarios han sufrido algún tipo de degradación del suelo hasta en un 80% de su extensión. Después figuran las tierras empleadas de manera intensiva por el hombre —aquellas que se destinan a actividades agropecuarias, incluyendo a los pastizales naturales que son agostaderos casi en su totalidad— con grandes extensiones de suelos muy deteriorados (Figura 3.19). La distribución geográfica de la degradación de bosques (Mapas III.3.3.5 y

III.3.3.6) sigue aproximadamente el mismo patrón que se describió en las zonas de montaña, mientras que lo dicho sobre las regiones secas es válido también para los matorrales y pastizales (Mapas III.3.3.9, III.3.3.10 y III.3.3.11, ver «Zonas frágiles» en este capítulo). Las selvas se encuentran más deterioradas a lo largo de la Sierra Madre Occidental y la del Sur (Mapas III.3.3.7 y III.3.3.8), que son algunas de las zonas montañosas donde se presenta este ecosistema. Cabe señalar que otras cordilleras tienen importantes remanentes de selva, como la región de Las Cañadas de Chiapas o Los Chimalapas de Oaxaca. La diferencia es que estos últimos enclaves han mantenido poblaciones humanas relativamente reducidas hasta tiempos recientes, lo que está correlacionado con pocos cambios en el uso del suelo (véase «Factores relacionados con el cambio de uso del suelo» en el capítulo 2).

Las tierras de temporal son las más afectadas por la degradación (Figura 3.19). Quizá esto se debe a fenómenos inherentes al sistema, como el lapso en el cual el suelo permanece sin vegetación en la temporada de secas. En muchos casos la agricultura de temporal se practica en sitios

Figura 3.18. Procesos de degradación de los suelos en 1999 según su uso en México, 1993.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México, 2002.

con fuertes pendientes, lo que no ocurre en el caso de la de riego. En efecto, las tierras de temporal más deterioradas tienden a coincidir con las sierras (Mapa III.3.3.15), pero el patrón es muy complejo.

Las particularidades de los modelos de desarrollo de cada región se ven reflejadas en la geografía. Así, la agricultura de riego, tan ampliamente distribuida, ha impactado de manera especial la región de La Laguna (Coahuila-Durango, Mapa III.3.3.14.), donde los mantos freáticos han sido sobreexplotados y los cuerpos de agua desecados dando lugar a campos de dunas. Un patrón semejante se observa en los pastizales inducidos y cultivados que se distribuyen por el territorio, pero es en porciones tan disímiles como la Sierra de Guerrero y la Huasteca, donde se observa que han causado degradación severa (Mapa III.3.3.12). Estos patrones nos muestran que los cambios de uso hacia sistemas agropecuarios no necesariamente resultan en la degradación del suelo; ésta se produce sólo bajo condiciones particulares. De ahí la necesidad de identificar los factores locales para promover el uso de prácticas adecuadas en cada región que reemplacen las formas irracionales de manejo.

Las principales causas de degradación en México son el cambio de uso del suelo hacia superficies agropecuarias, la deforestación y el sobrepastoreo (Figura 3.20, Mapa III.3.3.3). Todos estos procesos tienen que ver con la reducción de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo. Existe una cuarta causa también muy importante: las prácticas agrícolas inadecuadas. Un ejemplo es la labranza poscosecha, en la que se afloja la tierra al final del ciclo productivo dejándola desprovista de vegetación y debilitada ante la erosión. Diferentes áreas sufren procesos característicos. Por ejemplo, en las montañas los cambios de uso del suelo (crecimiento de la frontera agropecuaria y deforestación) son más importantes que a escala nacional (Figura 3.21, Cuadro III.3.3.25). También inciden las características regionales de la población. Las diferencias en la ocupación se manifiestan en el sur campesino por el crecimiento de la frontera agropecuaria y en el norte industrial por la deforestación (Mapa III.3.3.24). En los desiertos el sobrepastoreo es, con mucho, la principal causa de deterioro (Figura 3.22, Cuadro III.3.3.27), tal como se señaló en la sección «Degradación de matorrales» del capítulo 2.

Figura 3.19. Niveles de degradación del suelo en 1999 según su uso en México, 1993.

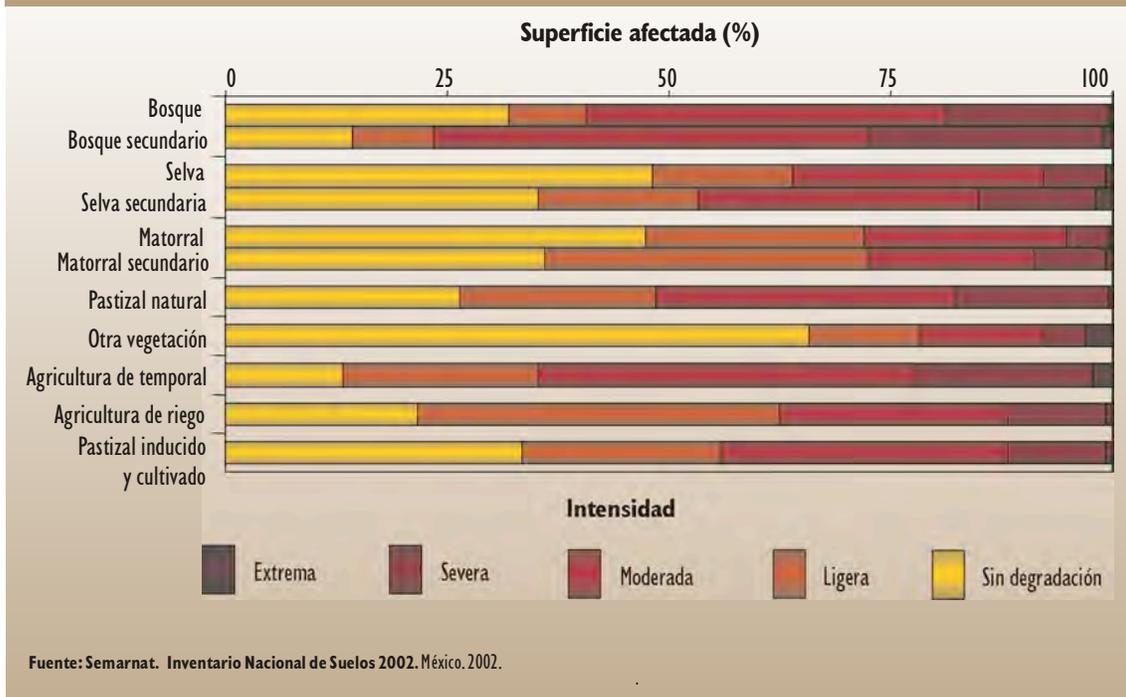
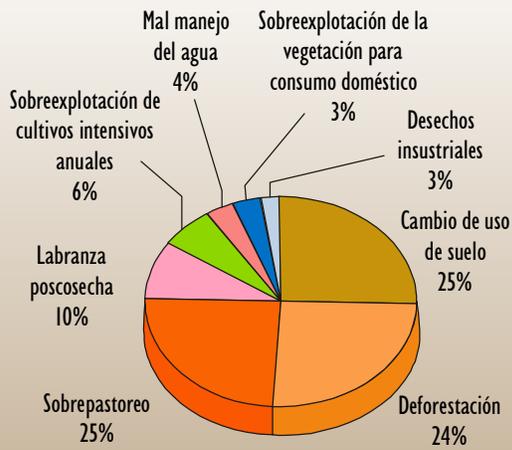
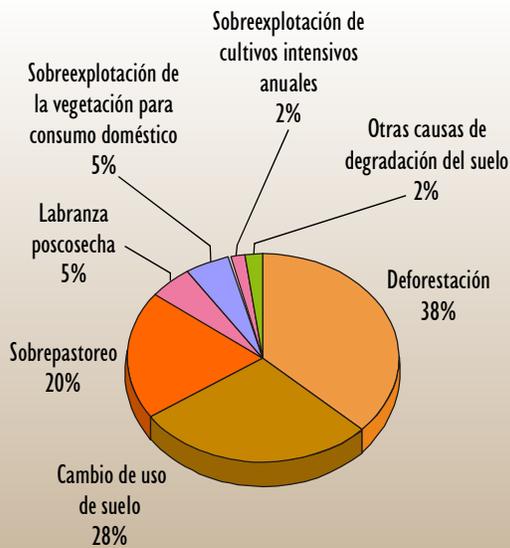


Figura 3.20. Principales causas de la degradación de los suelos en México, 1999.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.

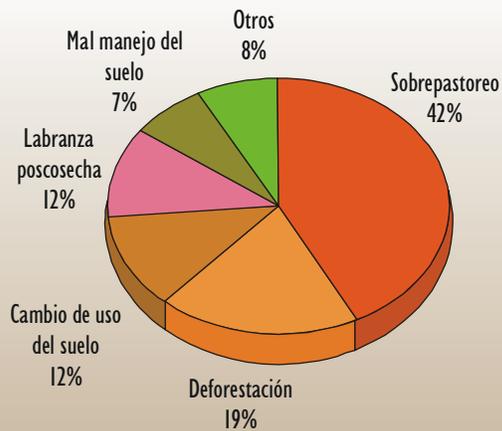
Figura 3.21. Principales causas de la degradación de los suelos en las regiones montañosas de México, 1999. Los porcentajes están calculados con respecto al total de suelos degradados, sin considerar los terrenos estables.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.

La degradación del suelo es, entonces, el resultado de factores ambientales, sociales, económicos, etc. Un análisis preliminar sobre los factores que están relacionados con la

Figura 3.22. Causas de la degradación de los suelos en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, 1999. Los porcentajes están calculados con respecto al total de suelos degradados, sin considerar los terrenos estables.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de Suelos 2002. México. 2002.

degradación del suelo sugiere que cinco elementos y sus interacciones son de gran importancia: la topografía, el uso del suelo, el sobrepastoreo, la densidad poblacional y la pobreza (véase *¿Por qué se degradan los suelos en México?*). La cuarta parte de las regiones más degradadas se encuentra en áreas marginadas (Cuadro III.3.3.23), aunque debe reconocerse que hay zonas muy pobres en suelos más o menos conservados (Mapa III.3.3.22). Las entidades con mayor desarrollo tienen menos suelos deteriorados. El cambio de uso del suelo genera deterioro, pero éste se acelera en zonas montañosas o en presencia de sobrepastoreo. Los efectos conjuntos de estas variables son mayores que la suma de los efectos de cada una por separado. El caso más complejo es el de la población, cuyo incremento causa degradación del suelo en las tierras bajas, mientras que en las montañas ocurre lo contrario. Este fenómeno se presenta en varias regiones del mundo y está relacionado con la capacidad que tienen las comunidades campesinas numerosas para organizarse y acometer obras de conservación del suelo.

De mantenerse estas tendencias, la degradación del suelo en las montañas podría incrementarse en el futuro. La población rural se está reduciendo y la emigración es particularmente alta en varias regiones de la Sierra Madre

del Sur (Mapa 1.6). Sin embargo, la inercia histórica del uso del suelo (véase *La inercia del pasado y Ocupación, migración y uso del suelo* en el capítulo 2) sugiere que la frontera agropecuaria podría seguir creciendo a pesar de la disminución de la población en el campo.

Contaminación del suelo: residuos

A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, donde la mayoría de los productos biológicos son reciclados, las actividades que desarrolla la sociedad suelen ser ineficientes en cuanto al consumo de energía, agua y materiales, generando grandes cantidades de residuos que deben descartarse. Lo anterior ejerce presiones excesivas sobre la propia naturaleza, no sólo derivadas de la extracción de los recursos, sino también como consecuencia de su transformación en residuos, que son vertidos irresponsablemente en los suelos y cuerpos de agua.

La cantidad y el tipo de desechos que se generan, así como la problemática que éstos originan, varía grandemente entre países. Por una parte, las naciones menos desarrolladas están expuestas a la contaminación, con severos riesgos para la salud, que resulta de la ineficaz recolección de los desechos y su manejo inadecuado. Por otra parte, las naciones industrializadas enfrentan las consecuencias de técnicas de producción dañinas para el ambiente o de terrenos contaminados en antiguas zonas industriales. En ambos casos, los suelos pueden haber sufrido tal deterioro que todo nuevo desarrollo en ellos es imposible o requiere el uso de tecnologías sumamente costosas para su tratamiento.

Los desperdicios generados en una vivienda, hospital o industria difieren sustancialmente y requieren de un manejo particular. Por esta razón se les clasifica como: 1) residuos sólidos municipales (RSM), que abarcan principalmente basura originada en viviendas y comercios; y 2) residuos peligrosos (RP), que representan un riesgo especialmente alto para la salud o el medio ambiente (véase *¿Sólidos o peligrosos?*). En su mayoría, estos últimos residuos se presentan también en forma sólida.

Residuos sólidos municipales (RSM)

La generación de residuos sólidos per cápita varía de acuerdo con la zona geográfica y el grado de desarrollo que presente

¿Sólidos o peligrosos?

Los residuos sólidos generados en cualquier localidad se clasifican en función de las fuentes que los producen. Esta forma de agruparlos ofrece la pauta para determinar sus propiedades cualitativas y cuantitativas, lo que permite diseñar indicadores que orienten las opciones de tratamiento por tipo de residuo y consigan establecer estrategias para un manejo adecuado.

De acuerdo con la fuente de generación, los residuos se clasifican en sólidos municipales y peligrosos. Según la Agenda 21, los residuos sólidos municipales comprenden todos los desperdicios domésticos y los desechos no peligrosos, como los residuos comerciales e institucionales, la basura de la calle y los escombros de la construcción. Para el caso de México, la Norma Oficial Mexicana (NOM-083-ECOL-1996) define los residuos sólidos como aquellos que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios. Debido a que su manejo es responsabilidad de los ayuntamientos, se les conoce con el nombre de residuos sólidos municipales (RSM).

Dentro de los RSM se puede encontrar una gran variedad que pueden considerarse peligrosos (poseen alguna(s) de las características CRETIB, ver más abajo), tales como baterías, aceites y grasas, pesticidas, solventes, tintes, productos de limpieza, fármacos, además de gasas, pañales desechables y papel higiénico.

Otro grupo importante de residuos son aquellos que ponen sustancial o potencialmente en peligro la salud humana o el ambiente cuando son manejados inadecuadamente. Poseen una o más características CRETIB: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infecioso. A estos residuos se les conoce como residuos peligrosos (RP), y es competencia de la Federación su regulación, manejo y disposición final.

¿Por qué se degradan los suelos en México?

Las entidades de la República Mexicana muestran diferentes niveles de degradación de sus suelos. Sin considerar la degradación ligera, el único estado sin suelos afectados es Quintana Roo, mientras que Guerrero tiene cerca del 86.5% de su territorio con degradación de moderada a extrema. Los factores que pueden determinar las diferencias son numerosos. Con la finalidad de determinar cuáles tienen un efecto notorio sobre la degradación del suelo se evaluaron¹ nueve variables, de las cuales cinco resultaron significativas, explicando el 85% de las diferencias entre estados. Estos elementos fueron:

- **Pobreza.** El modelo más simple de la interacción entre pobreza y degradación supone que los estados menos desarrollados deberían tener los suelos más deteriorados (Figura 1.9). Se midió la pobreza a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual proporciona una medición integral (véase *Desarrollo humano: el capital de la libertad* en el capítulo 1).

- **Población campesina.** La relación entre el tamaño de la población y el ambiente puede tomar diferentes formas. El modelo más sencillo indica que el incremento de la población trae consigo mayor deterioro, si bien algunos autores señalan que la relación podría no ser directamente proporcional², o incluso estar invertida (mayor población produce menor degradación, véanse *Creecer o migrar: ¿y la naturaleza? y Disturbio natural, agudo y crónico* en el capítulo 1). Se empleó la población campesina en lugar de la población total, dado que tiene mayor impacto sobre el uso de grandes extensiones de terreno (véase *Ocupación, migración y uso del suelo* en el capítulo 2).

- **Cambio de uso del suelo.** Las zonas bajo uso agropecuario están más deterioradas que la vegetación primaria y secundaria (Figura 3.19). La extensión de esta superficie se midió como la suma de la superficie agrícola, los pastizales naturales, inducidos o cultivados en 2000 (Inventario Forestal Nacional 2000) dividida por la superficie estatal.

- **Sobrepastoreo.** Es una de las formas más importantes de alteración de los ecosistemas en México, y se presume que puede provocar degradación del suelo a través de la modificación de los ciclos hidrológicos (Figura 2.15). Para medir este factor se empleó un índice que relaciona el número de cabezas de ganado con la capacidad del ecosistema (véase *El desafío de la sustentabilidad en la ganadería mexicana* en el capítulo 2).

- **Topografía.** Las zonas de montaña están relacionadas con la erosión hídrica, la principal causa de degradación en México (Figura 3.13), por lo cual se consideran como sistemas de gran fragilidad (véase «Las montañas: delicados gigantes» en éste capítulo). En el análisis se empleó el porcentaje de la superficie estatal en zonas de montaña.

Las variables que no estuvieron correlacionadas con el deterioro fueron la densidad de cabezas de ganado (que de algún modo se ve reflejada en la superficie agropecuaria, pero no en el índice de sobrepastoreo; ver *El desafío de la sustentabilidad en la ganadería mexicana* en el capítulo 2), la agricultura de roza, tumba y quema, la alteración³ y el número de localidades nuevas (como medida de la ocupación de terrenos marginales; Tabla a).

¹ Los factores significativos se evaluaron a través de una regresión múltiple, utilizando una rutina de eliminación de las variables menos significativas o las más colineales en forma secuencial. El modelo original incluyó todas las variables y sus interacciones de primer grado.

² La no proporcionalidad implica no-linealidad, medida a través de la inclusión del término poblacional cuadrático en el modelo.

³ La vegetación secundaria sí afecta significativamente a la degradación del suelo, pero el porcentaje de variación explicado es reducido (<10%), por lo que se eliminó del modelo a fin de mantenerlo lo más simple posible.

¿Por qué se degradan los suelos en México? (continuación)

Tabla a. Análisis de varianza de los factores relacionados con la degradación del suelo. Dichos factores son IDH, índice de desarrollo humano; PP, densidad de productores primarios; SAP, superficie agropecuaria; SP, sobrepastoreo; ZM, zonas de montaña. La variación total explicada por todas las variables en conjunto es el 87.9%.

Fuente ^a	Suma de cuadrados	G.L	F	Significancia ^b	Variación explicada ^c (%)
IDH	3 038.7	1	20.5	0.0001	10.34
PP ²	4 164.3	1	28.1	<0.0001	14.17
PPxSAP	5 047.3	1	34.1	<0.0001	17.18
SPxSAP	4 127.7	1	27.9	<0.0001	14.05
ZMxSAP	3 514.3	1	23.7	0.0001	11.96
PPxZM	5 933.3	1	40.0	<0.0001	20.19
Error	3 556.3	24			
Total	29 381.7	30			

^a Factor que está relacionado con la superficie degradada. La x indica que los dos factores actúan en forma sinérgica o combinada. El término elevado al cuadrado significa la presencia de efectos no lineales de la población sobre el suelo.

^b Probabilidad de que la correlación entre cada factor y la superficie se deba al azar.

^c Grado en el que cada factor determina la superficie degradada en cada estado.

Los resultados mostraron que las zonas más desarrolladas tuvieron una menor superficie degradada (Figura a), sugiriendo que la pobreza es efectivamente un determinante de la degradación del ambiente, en este caso del suelo. Una mayor superficie agropecuaria por lo general produce un mayor deterioro del suelo, tal como ya se había señalado en la Figura 3.20. Sin embargo, este análisis revela que el uso del suelo interactúa con el sobrepastoreo y la topografía, acelerándose en presencia de estos factores. Por ejemplo, la misma superficie agropecuaria afecta menos a la tierra si está sobre una zona plana o bien si no hay sobrepastoreo (Figura b). Este es un ejemplo de cómo diferentes factores pueden actuar en forma sinérgica (véanse *Disturbio natural, agudo y crónico* en el capítulo 1 y la sección «Alteración de bosques y selvas» en el capítulo 2).

Figura a. Las entidades con menor desarrollo humano tienen suelos más degradados, consecuentemente, marginación y pobreza se correlacionan con el deterioro del suelo.

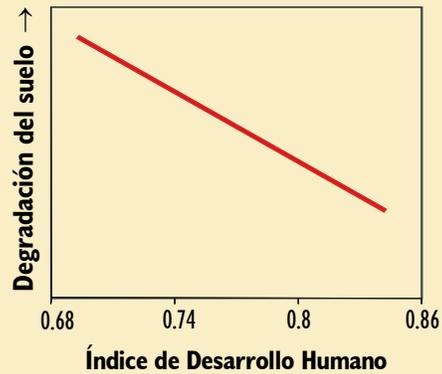
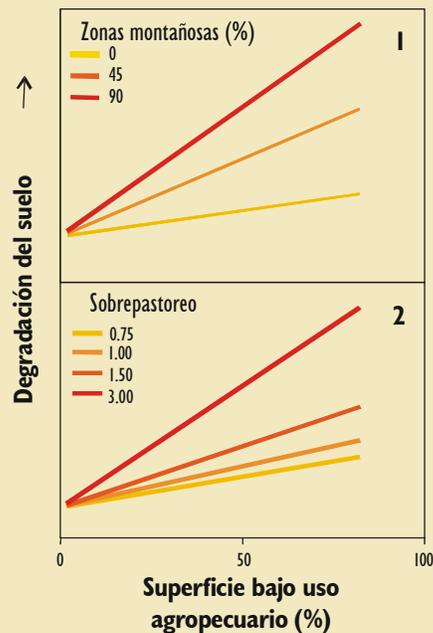


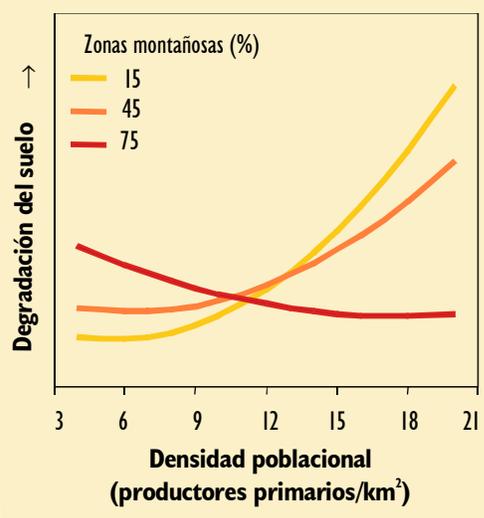
Figura b. El cambio en el uso del suelo actúa sinérgicamente con el relieve orográfico (1) y con el sobrepastoreo (2). Esto quiere decir que diferentes factores actúan de manera conjunta. El deterioro que ocurre cuando dos factores están presentes es mayor que la suma de los efectos de cada uno por separado.



¿Por qué se degradan los suelos en México? (continuación)

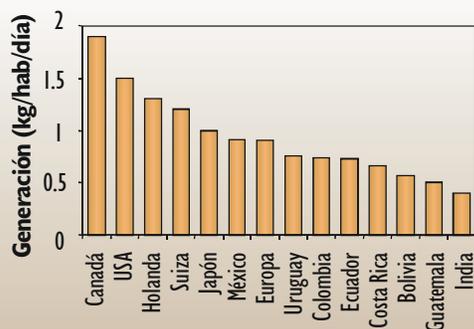
El elemento más sugerente es la densidad poblacional. Este factor no tiene un efecto simple sobre la degradación del suelo. El mismo incremento poblacional tiene efectos diferentes dependiendo de la densidad poblacional previa y la topografía. En estados con pocas montañas, un pequeño incremento en la densidad casi no tiene efecto si la población es pequeña, pero el impacto es crítico si la densidad es alta, tal como lo predice el modelo de disturbio crónico (véase **Disturbio natural, agudo y crónico** en el capítulo I); pero en las montañas ocurre todo lo contrario: el incremento en la densidad poblacional tiende a reducir la degradación del suelo (Figura c). Aunque esto último resulte extraño, parece ser la norma en las zonas montañosas. En una revisión de más de 70 estudios realizados en cordilleras se encontró que cuando las densidades poblacionales son altas los productores invierten mucho trabajo en sistemas agropecuarios que protegen el suelo (véase **Crecer o migrar: ¿y la naturaleza?** en el capítulo I).

Figura c. El efecto de la densidad poblacional en el deterioro del suelo depende de la topografía. En las zonas planas el deterioro es mayor bajo altas densidades poblacionales, mientras que lo contrario es cierto en las montañas.



el país. Los habitantes de los países industrializados son quienes descartan más desechos. México ocupa uno de los primeros lugares de América Latina, muy cerca del promedio europeo (Figura 3.23).

Figura 3.23. Generación de residuos sólidos municipales per cápita en diferentes países del mundo.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Acurio G., A. Rossin, P.F. Teixeira y F. Zepeda. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington, D.C. 1997.

En los últimos años, la generación nacional de RSM se ha calculado alrededor de las 30.8 millones de toneladas anuales, sin embargo, algunos trabajos sugieren que esta cifra podría ser mayor. Dada la tendencia al aumento de la producción de residuos municipales en los últimos años, se ha calculado que esta cifra podría haber alcanzado las 39 millones de toneladas en el año 2000 (Urquidi, 2000). Los residuos sólidos municipales se producen mayormente en la región centro del país: casi el 50% del total nacional. Otras dos regiones que también producen porcentajes importantes son el norte y el Distrito Federal, con 14 y 19% respectivamente (Mapa 3.2, Figura 3.24). La producción nacional de RSM va en aumento (Figura 3.25, Cuadro III.6.1.3). Este incremento está relacionado, en parte, con el elevado índice de crecimiento demográfico del país, aunque la generación de basura ha crecido más rápidamente que la población (Figura 3.26, Cuadro III.6.1.4). La producción per cápita diaria se ha incrementado de 300 g en la década de los 50 a más de 860 g en promedio para el año 2000, tendencia que sigue patente en la actualidad (Figura 3.27).

Mapa 3.2. Regionalización empleada para el análisis de generación de residuos sólidos municipales.

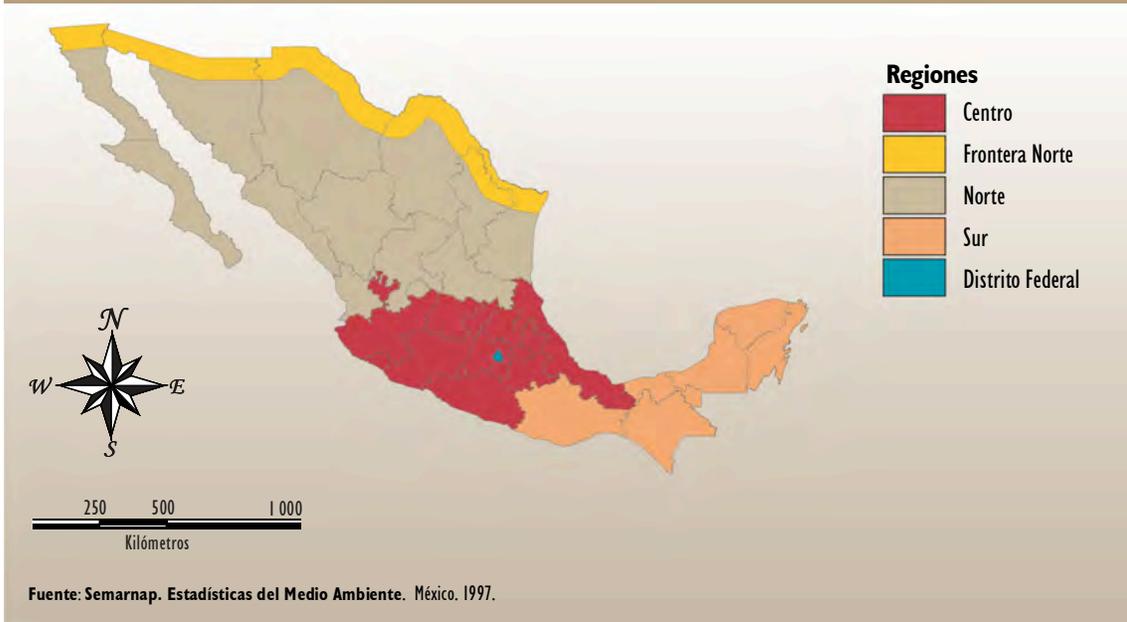
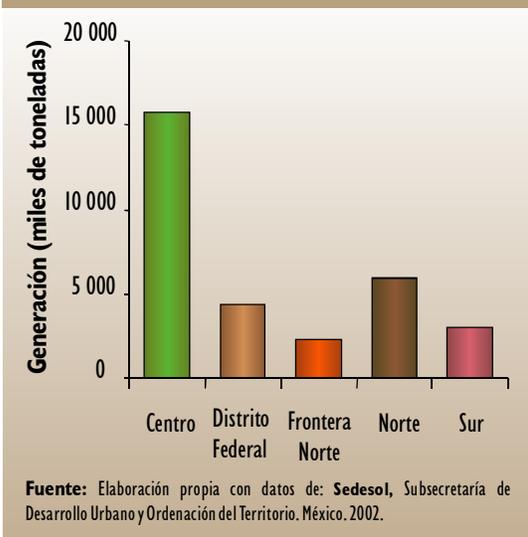
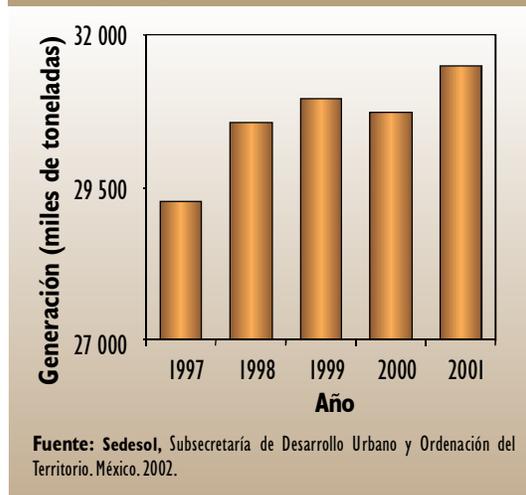


Figura 3.24. Volumen de residuos sólidos municipales generados en diferentes regiones del país, 2001.



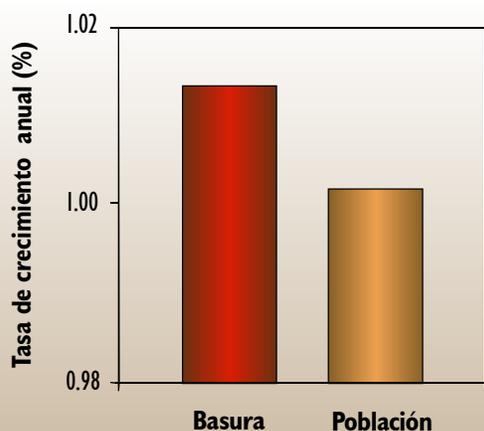
No sólo la cantidad de basura ha cambiado en el tiempo. La composición de la misma dejó de ser fundamentalmente orgánica, fácilmente integrable a los ciclos de la naturaleza, para caracterizarse por abundantes elementos cuya descomposición es lenta y que requieren procesos complementarios a fin de reducir sus impactos al ambiente

Figura 3.25. Volumen de residuos sólidos municipales generados en México, 1997-2001.



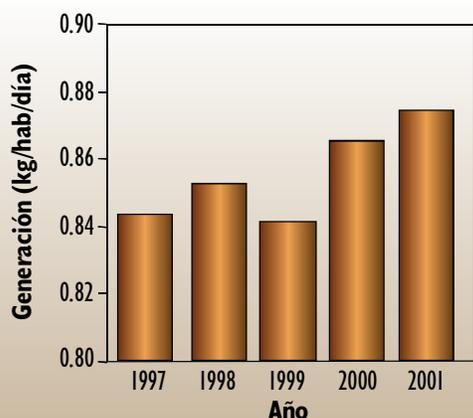
(Sedesol, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio, 2002, Figura 3.28, Cuadro III.6.1.1). Además, una gran variedad de residuos considerados como peligrosos se han añadido a la basura. Mientras que en los países desarrollados existen reglas y procedimientos para el manejo de estos componentes, sólo algunos países de América Latina y el Caribe cuentan con una legislación al respecto que, prácticamente, no aplican.

Figura 3.26. Comparación de las tasas de crecimiento de la población y de la generación nacional de residuos sólidos municipales en México, 1998-2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Sedesol, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. México. 2002. Conapo. México. 2002.

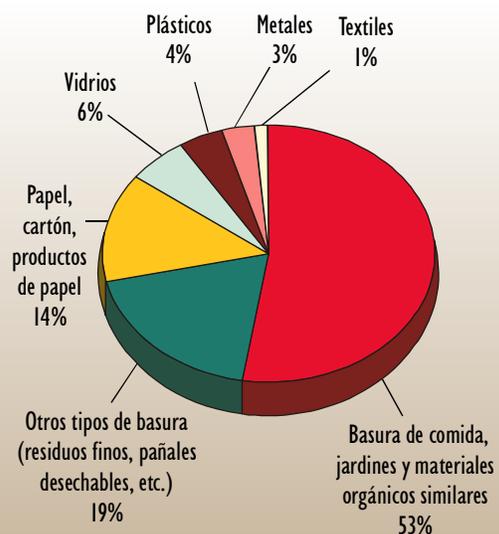
Figura 3.27. Evolución de la generación de residuos sólidos municipales per cápita en México, 1997-2001.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Sedesol, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. México. 2002.

La generación de RSM varía también en función de factores culturales, niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y calidad de vida de la población. Por ello, fenómenos en apariencia inconexos con la basura, tales como la elevación de los niveles de bienestar o la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos, inciden en la generación de desperdicios.

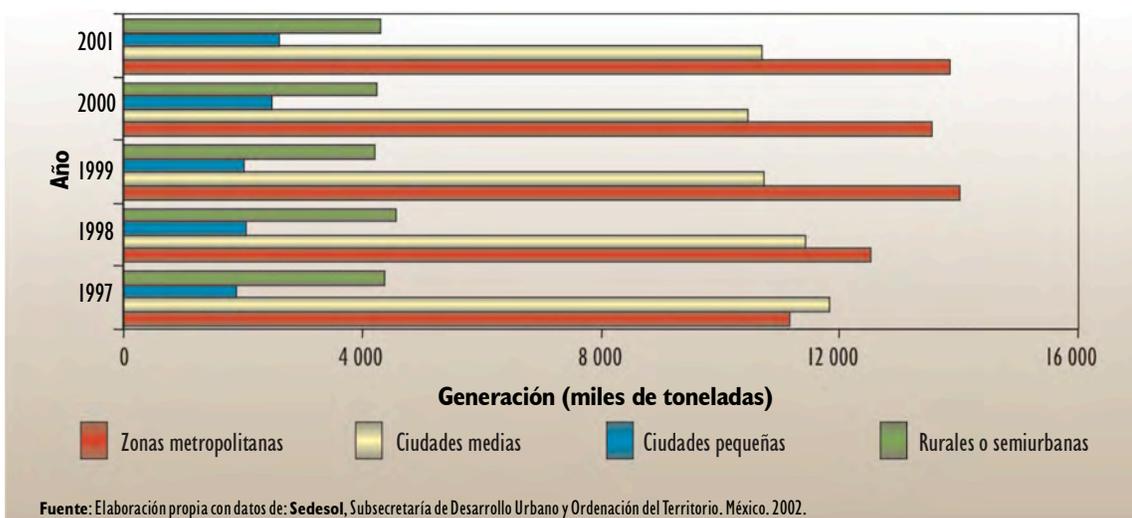
Figura 3.28. Principales componentes de los residuos sólidos municipales en México, 2001.



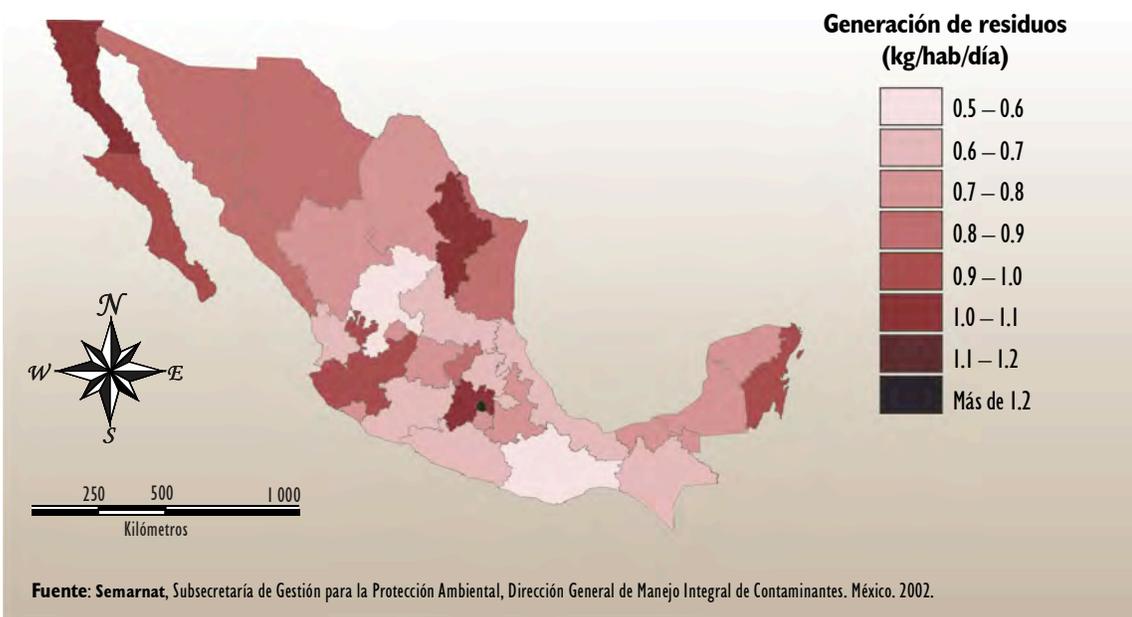
Fuente: Elaboración propia con datos de: Sedesol, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. México. 2002.

Los sectores de más altos ingresos originan mayores volúmenes de residuos per cápita y éstos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población. En las ciudades se genera más basura que en las poblaciones pequeñas. Las grandes metrópolis son las responsables del incremento reciente en la generación de basura, mientras que en las urbes medianas y los pueblos la producción de desechos se ha mantenido más o menos constante (Acurio *et al.*, 1997, Figura 3.29, Cuadro III.6.1.2). En las ciudades, donde el desarrollo humano es más grande (véase *Desarrollo humano: el capital de la libertad* en el capítulo I), también es mayor el impacto en el medio ambiente (véase *Las huellas del desarrollo* en el capítulo I). Las mismas diferencias en la producción de RSM per cápita pueden observarse entre estados (Mapa 3.3). El 69.7% de esta variación se explica a partir de los distintos niveles de desarrollo humano de las entidades (Figura 3.30, Cuadro III.6.1.2). De lo anterior es evidente el reto que tiene México para poner en práctica mecanismos que le permitan seguir incrementando el desarrollo humano de sus habitantes, sin que ello implique un deterioro del medio ambiente ocasionado por la generación de mayor cantidad de basura.

Figura 3.29. Generación de residuos sólidos municipales en localidades de diferente tamaño en México, 1997-2001.



Mapa 3.3. Generación per capita de residuos sólidos municipales por entidad federativa, 2001.



Residuos peligrosos (RP)

Las únicas estimaciones en torno a la generación de residuos peligrosos (RP) en México proceden de las propias empresas que los producen. Por normatividad, éstas deben identificar si los desperdicios que originan son peligrosos o no (Recuadro III.6.2.1), en cuyo caso deben dar parte a las autoridades respectivas. Debido a las características inherentes a este

proceso, una cantidad indeterminada de generadores se mantiene al margen del mismo, de modo que mientras 27 280 empresas han manifestado la generación de RP, una cantidad entre tres y diez veces superior no lo hace. De cualquier forma, se estima que estas industrias producen una fracción pequeña del universo total de los RP en México (Recuadro III.6.2.2).

Mapa 3.4. Generación promedio de residuos peligrosos por entidad federativa, 1999-2000.

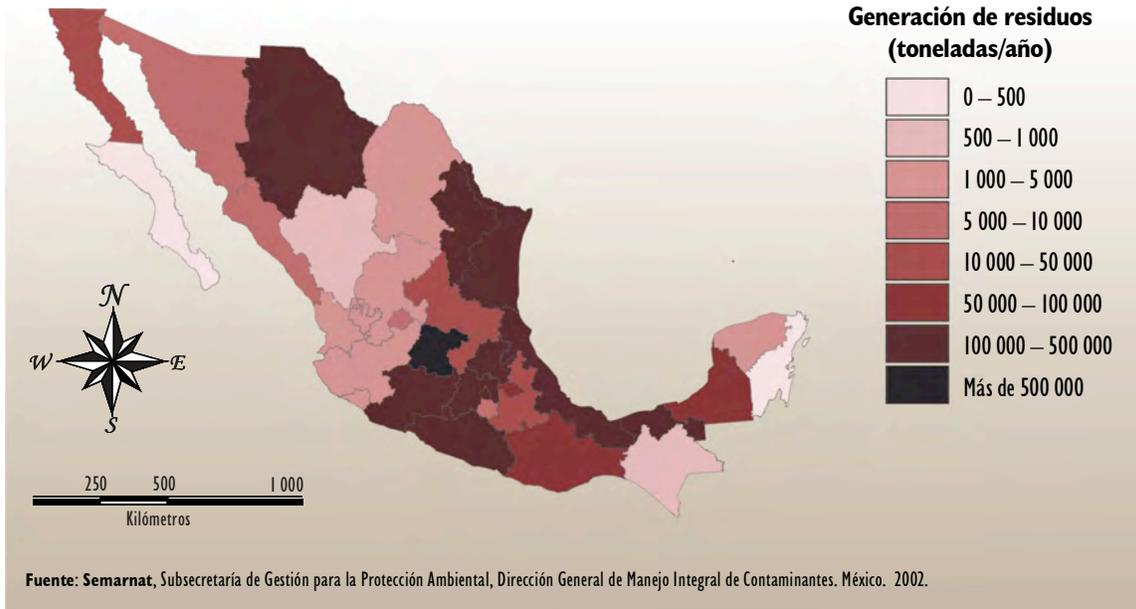
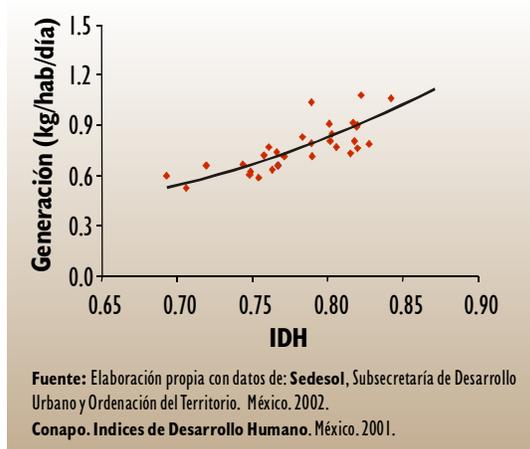


Figura 3.30. Los estados con mayor desarrollo humano (IDH) generan mayor cantidad de residuos sólidos municipales per cápita ($R^2 = 69.7\%$).



Con base en las cifras de las empresas que manifestaron generar este tipo de desechos en 2001, se estima que el volumen total anual es de 3 705 846 toneladas en promedio. Las entidades que más residuos arrojaron fueron Guanajuato y el Distrito Federal, que por sí mismas declararon más de la mitad del producto nacional (Mapa 3.4, Cuadro III.6.2.1). Una suma adicional de 254 220 toneladas fue importada al país ese año para su tratamiento o aprovechamiento y

6 431 entraron a nuestro territorio para su uso temporal en la industria maquiladora para luego ser devueltas al país de origen (operación conocida como de «retorno»). Los movimientos transfronterizos concluyen con las exportaciones, que ese año fueron de 1 876 086 toneladas. Sin embargo, estas cifras cambian mucho cada año (Tabla 3.1), lo que sugiere que hay fluctuaciones considerables en la industria, así como una cantidad importante de irregularidades en la manifestación de los RP.

La exportación de RP se mantuvo muy por debajo de la importación hasta 2001, año en que se incrementó notablemente debido, sobre todo, al envío de recortes de perforación (tierra y rocas removidas durante las operaciones de perforación de pozos petroleros). Por el contrario, el retorno cayó de manera significativa, a pesar de que, de acuerdo con INEGI, la industria maquiladora creció en esos dos años (Figura 3.31, Cuadros III.6.2.2, III.6.2.3 y III.6.2.4).

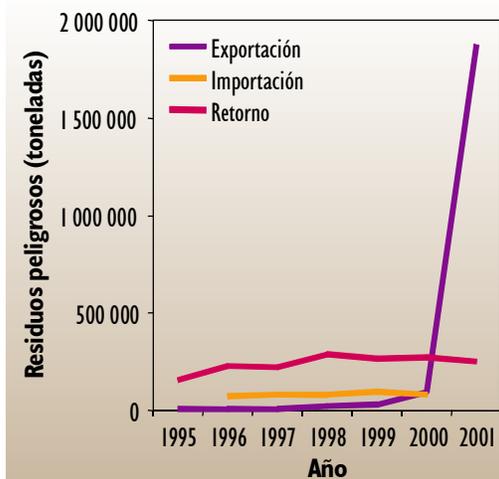
Los RP que se producen en mayor cantidad se clasifican como sólidos, una categoría que abarca gran diversidad de elementos provenientes de las industrias textil, peletera, del asbesto, autopartes y otras. A continuación se encuentran los residuos líquidos generados durante el proceso de elaboración de sustancias químicas, derivados del petróleo

Tabla 3.I. Variación anual en la generación y movimientos transfronterizos de residuos peligrosos en México, 2000 y 2001 (toneladas).
Nótese la magnitud de las variaciones entre ambos años.

Fuente	2000	2001	Variación (%)
Generación	3 183 250	3 705 846	16.45
Importación	276 081	254 220	-7.92
Exportación	96 931	1 876 086	1 835.47
Retorno	79 183	6 431	-91.88

Fuente: Elaborado a partir de Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes, México. 2002.

Figura 3.3I. Movimientos transfronterizos de residuos peligrosos, 1995-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. México. 2002.

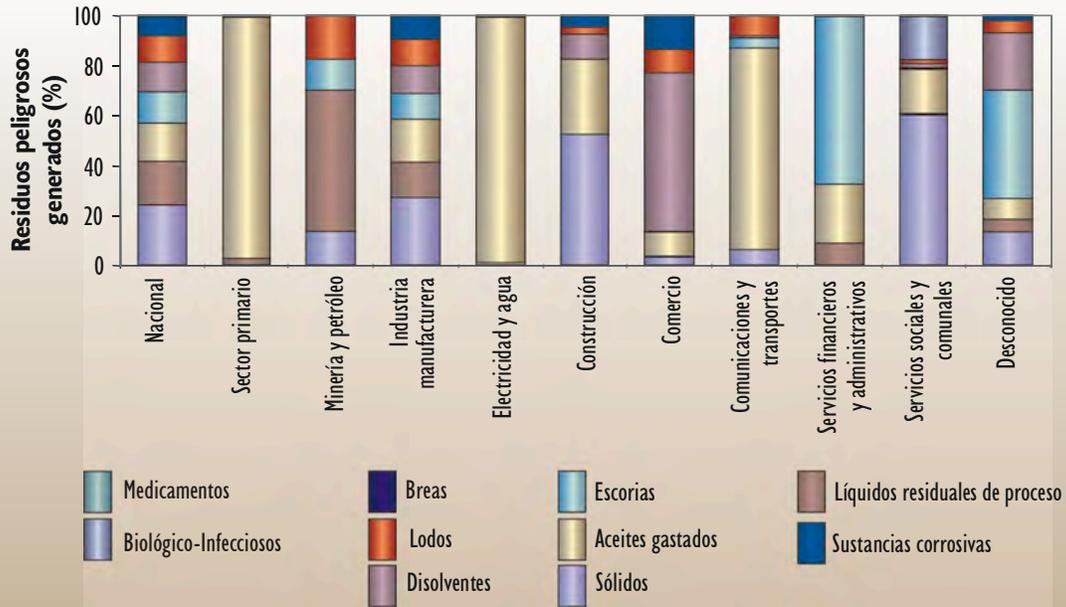
y el carbón, hule y plástico, así como de la industria textil, del cuero, metal básica y de minerales no metálicos. En tercer lugar figuran los lubricantes gastados, que se originan en todos los casos en los que se emplea maquinaria. Diferentes procesos productivos dan lugar a distintos tipos de residuos. Así, mientras que el sector primario desecha fundamentalmente aceites, el comercio se caracteriza por descartar solventes y la industria manufacturera, una gran variedad de productos (Figura 3.32). También la cantidad de desechos es muy distinta según la actividad: la industria manufacturera genera más de las tres cuartas partes de los RP del país, seguida por la minería y el petróleo (Figura 3.33).

De los 344 118 establecimientos manufactureros que son fuentes potenciales de deterioro ambiental, sólo una fracción está considerada como fuente contaminante de jurisdicción federal. En la primera versión de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que entró en vigor en enero de 1988, se define como fuente de contaminación de jurisdicción federal en materia de residuos peligrosos a todas aquellas empresas industriales o de servicios que los generan, transportan, almacenan, reciclan, tratan o desechan. Entre ellas están incluidos todos los establecimientos industriales sin importar su giro, la industria paraestatal y aquellas cuyo giro sea químico, petroquímico, siderúrgico, papelerero, azucarero, de bebidas, cementero, automotriz, del asbesto y de generación y transmisión de electricidad. Algunos establecimientos de servicios son generadores potenciales de residuos peligrosos; sin embargo, por su tamaño, la gran mayoría de ellos no se consideran fuentes significativas de residuos (Figura 3.34, Recuadro IV.3.2.1).

Los residuos biológico-infecciosos, aunque de poca importancia por su volumen, son de particular relevancia debido a su peligrosidad. Este tipo de desechos se genera principalmente en hospitales, clínicas veterinarias, laboratorios y bioterios, entre otras instalaciones, y representan un grave riesgo para la salud pública ya que pueden transportar organismos patógenos. Dentro de este grupo se encuentran abatelenguas, jeringas, materiales punzocortantes, sangre, cepas y cultivos patológicos, etc. A nivel nacional, la capacidad hospitalaria actualmente es de 127 702 camas, cuya generación aproximada de residuos biológico-infecciosos es de 1.5 kg/cama/día, por lo que se calcula una generación total diaria (suponiendo que todas las camas estén ocupadas) superior a 190 toneladas, a las que habría que sumar la producción de laboratorios, clínicas, etc. Los medicamentos caducos no caen en esta categoría, pero deben destruirse por el riesgo que representa su consumo.

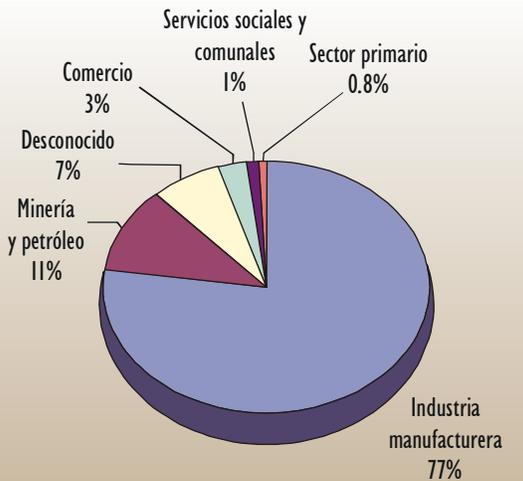
Algunos RP son tóxicos, es decir, contienen sustancias capaces de causar la muerte o provocar efectos nocivos en la salud de la población, así como en la flora o fauna. Las características y severidad de estos residuos varían de acuerdo con las formas e intensidades de la exposición.

Figura 3.32. Tipo de residuos peligrosos generados en México según diferentes industrias y sectores, 1996.



Fuente: INE-RDS-PNUD. Promoción de la minimización y manejo integral de residuos peligrosos. México. 1999.

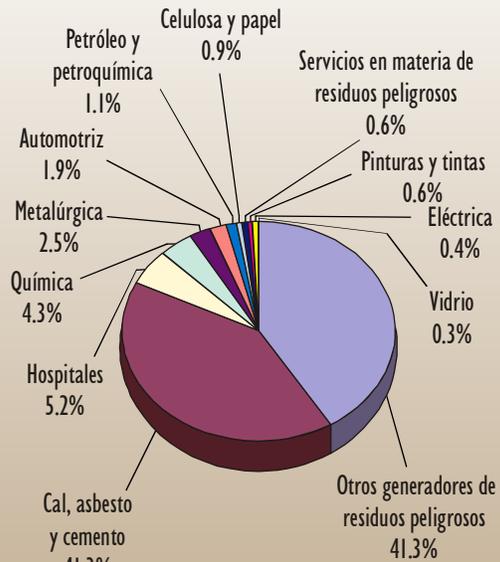
Figura 3.33. Volumen de residuos peligrosos generados por diferentes industrias y sectores en México, 1996.



Fuente: INE-RDS-PNUD. Promoción de la minimización y manejo integral de residuos peligrosos. México. 1999.

Dentro de este grupo se encuentran cianuros, arsénico, anilinas, plomo y polifenoles, entre otros. Algunos de estos compuestos pueden durar activos en el ambiente durante

Figura 3.34. Fuentes principales de contaminación ambiental de competencia federal en México, 2001. El porcentaje está calculado con base en el número de establecimientos.



Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

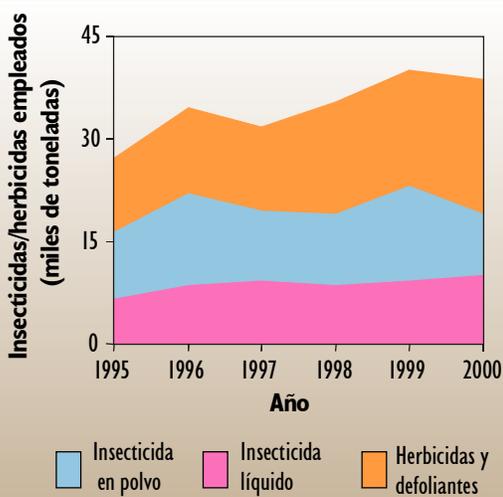
décadas, tales como los bifenilos policlorados empleados en la industria y en los plaguicidas (DDT y clordano). De hecho, los plaguicidas constituyen uno de los productos tóxicos más ampliamente usados en México—y en el mundo— para lograr la producción de alimentos. Si bien el empleo de estas sustancias puede afectar potencialmente a los consumidores de los alimentos a los que se les aplicaron, hoy en día ocasionan la intoxicación de unos 6 000 campesinos anualmente. En la actualidad se utilizan alrededor de 15 mil toneladas de plaguicidas en México, cifra que muestra un ligero incremento en los últimos cinco años. Los herbicidas son otro grupo de sustancias ligeramente tóxicas, que tienen un efecto limitado sobre el hombre puesto que atacan procesos metabólicos de las plantas que no están presentes en los animales. Por lo general, sólo irritan la piel o las mucosas. Sin embargo, algunas de estas sustancias, como el glifosato, sí pueden tener efectos graves como cataratas cuando la exposición es crónica (Figura 3.35, Cuadro II.2.5.4).

Los fertilizantes también pueden representar riesgos a la salud: por ejemplo, los nitratos y nitritos—necesarios para la vida vegetal— en los animales tienen efectos ligeramente tóxicos que, aunque por lo general no pasan de algunos trastornos estomacales, pueden provocar quemaduras en la piel. El uso de componentes nitrogenados en los fertilizantes

es inevitable, puesto que constituyen la base para que las plantas puedan sintetizar proteínas elementales para su supervivencia. En buena medida, la discusión actual sobre la toxicidad de dichos insumos agrícolas es que suelen contener sustancias venenosas como plomo, cadmio, arsénico o dioxina. Éstas resultan del empleo de residuos industriales contaminados como fuente barata de nutrientes minerales tales como zinc o hierro. En general la cantidad de estas sustancias tóxicas es mínima, por lo que varios estudios no han encontrado una verdadera amenaza a la salud o el ecosistema. En el año 2000, se consumieron en México cerca de 3.09 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados. La producción de los mismos creció en forma notable, produciéndose 4.64 millones de toneladas en el mismo año (Figura 3.36, Cuadros II.2.5.1 y II.2.5.3).

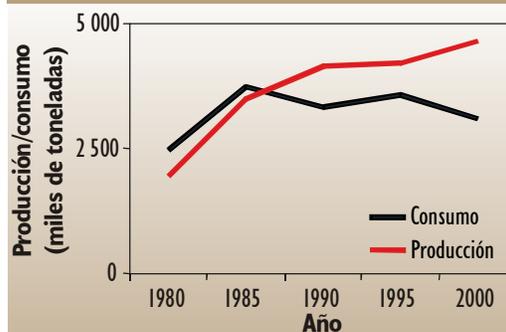
Eventualmente, ocurren accidentes en el manejo de los residuos peligrosos que los liberan al ambiente. A esto se le conoce como emergencias ambientales, las cuales son competencia de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. En este sentido, la Procuraduría ha llevado a cabo acciones básicas entre las que destaca un estudio para la instrumentación de un sistema nacional para la atención de emergencias ambientales. El estudio permitió identificar las necesidades y requerimientos, tanto humanos como materiales, para el establecimiento y la operación de un sistema nacional de información, orientación y apoyo para la atención de emergencias ambientales asociadas con el manejo de materiales y residuos peligrosos (Recuadro IV.3.2.4).

Figura 3.35. Empleo de insecticidas y herbicidas en México, 1995-2000.



Fuente: INEGI. El Sector Alimentario en México. México. 2001.

Figura 3.36. Producción y consumo de fertilizantes nitrogenados en México, 1980-2000.



Fuente: Fertimex. Fabricantes de fertilizantes. México. 2002.

Entre 1995 y 2001 se registraron un total de 3 808 emergencias ambientales, de las cuales, según su tipo, 3 300 (86.6%) fueron fugas o derrames y las restantes 508, incendios, explosiones u otras donde se incluyen reportes de olores en sistemas de alcantarillado y depósitos clandestinos de materiales o residuos peligrosos (Figura 3.37, Cuadro IV.3.2.12). En su mayoría, dichas emergencias ocurrieron durante el transporte de las sustancias, ya sea en ductos, carreteras, vías férreas o marítimas (Figura 3.38, Cuadro IV.3.2.13).

Figura 3.37. Emergencias ambientales ocurridas en México según tipo entre 1995 y 2001.



Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

Figura 3.38. Lugares en los que se registraron emergencias ambientales en México entre 1995 y 2001.



Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

Gestión

Conservación y restauración de suelos

La elaboración de inventarios de suelos está contemplada en detalle por la Ley de Desarrollo Forestal, que cuenta con un conjunto de normas para ello. Los procedimientos para medir algunas propiedades del suelo (fertilidad, salinidad) están bien establecidos (Cuadro III.3.4.1). Ello garantiza la compatibilidad entre inventarios, de modo que es posible estimar tasas de cambio, efectividad de programas, etc. El marco normativo también contempla algunas acciones para la conservación y restauración de suelos (Cuadro III.3.4.2).

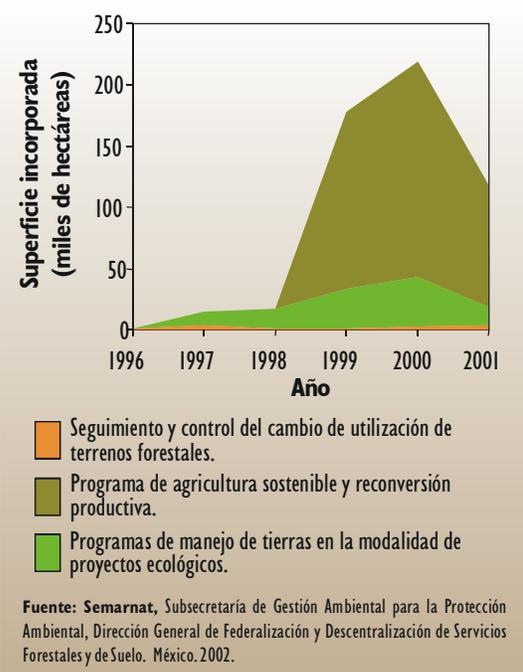
El deterioro de los suelos en México afecta a numerosos componentes del medio social y natural, por lo que su gestión involucra varias instancias: Semarnat, Sagarpa, Sedesol, Comisión Nacional del Agua (CNA), organizaciones internacionales (FAO, PNUMA) e instituciones académicas y civiles, entre las más destacadas.

Los enfoques sobre la conservación de los suelos han cambiado notablemente en las últimas décadas. Los esfuerzos solían concentrarse en las protecciones mecánicas, tales como bordos y terrazas, en buena medida para reducir la escorrentía. Esto ha sido reemplazado por una aproximación nueva que centra su atención en los métodos biológicos de conservación y la integración de la conservación del agua y la protección del suelo a través del manejo de las relaciones suelo-planta-agua, así como la reducción de la alteración del suelo a través de la labranza (PNUMA-Earthscan, 2002).

México se ha ido incorporando a esta tendencia. Tomando en cuenta que el uso del suelo y la cobertura vegetal están vinculados estrechamente con el deterioro del suelo, varios de los programas reseñados en el capítulo 2 tienen componentes ligados a la protección del terreno. De la misma manera, los programas orientados más hacia la degradación de los recursos edáficos contemplan acciones relacionadas con el uso del suelo y su reconversión. El programa que ha crecido más rápidamente en los últimos años busca lograr la reorientación de la producción hacia sistemas que preservan una cubierta vegetal perenne.

La primera fase de muchos programas de protección del suelo es la experimentación. Con este objetivo se han establecido 21 centros piloto en varios ecosistemas para probar distintas técnicas que, posteriormente, son aplicadas a diferentes escalas, desde la parcela individual hasta la microcuenca hidrológica. Los programas contemplan simultáneamente instrumentos mecánicos, como las terrazas, bordos y drenes y métodos biológicos, como el control de la deforestación, la reforestación, la revegetación o la reconversión productiva hacia sistemas acordes con la vocación natural del terreno. Los objetivos y herramientas de los seis programas principales¹ se detallan en el recuadro **Programas de conservación del suelo**. El programa que más impacto ha tenido en términos de la superficie incorporada es el Programa integral de agricultura sostenible y reconversión productiva (Piasre) que, desde su creación hasta 2001, reconvirtió 421 mil hectáreas a usos agroforestales. La superficie incorporada por estos programas creció notablemente en los últimos años hasta alcanzar un máximo histórico en 2000 (218 781 hectáreas), después de ese año los esfuerzos se han reducido (Figura

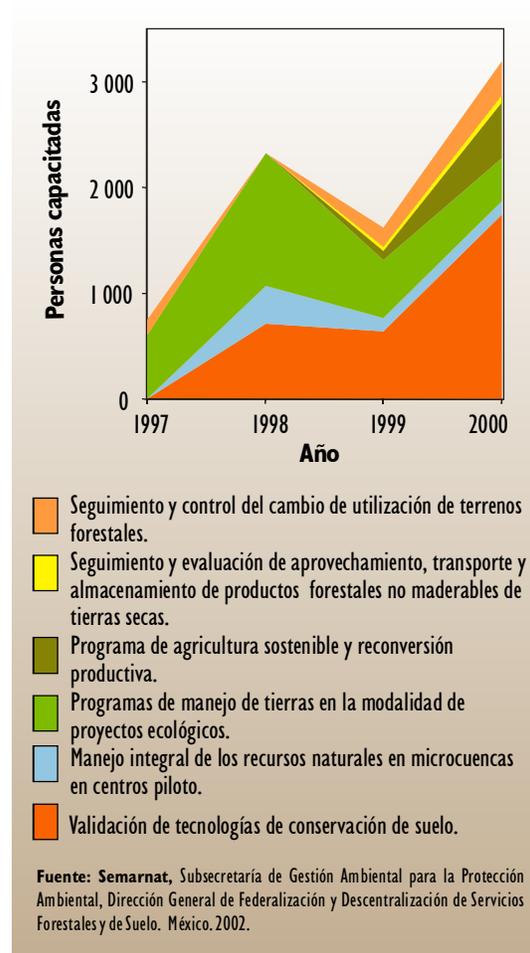
Figura 3.39. Superficie incorporada a los principales programas de conservación y restauración del suelo en México, 1996-2001.



3.39, Cuadro III.3.4.1). Tomando en cuenta la magnitud de la degradación del suelo en México es evidente la importancia de mantener y acrecentar los ritmos de aplicación de los programas. Dentro de cada uno de los programas señalados se contemplan también actividades de capacitación que han mantenido una tendencia creciente en el tiempo (Figura 3.40). Entre 1997 y 2000 fueron capacitadas 7 878 personas (Cuadro III.3.4.2).

Considerando que las tierras de temporal son las más degradadas en el país, desde hace más de 20 años se desarrolla el programa de Distritos de Temporal Tecnificado

Figura 3.40. Personas capacitadas en diferentes programas para la conservación y restauración de suelos, 1997-2000.



¹ El Programa de Seguimiento y Control del Cambio de Utilización de Terrenos Forestales se discute en detalle en *Cambios de uso del suelo autorizados* en el capítulo 2.

Programas de conservación del suelo

Programa	Objetivos	Acciones
Validación de tecnologías de conservación de suelos en centros piloto.	Evaluar estrategias y técnicas de carácter integral para el manejo de los recursos naturales con la participación de especialistas y productores. Para ello se establecen centros experimentales en diferentes regiones ecológicas.	Establecimiento de cortinas rompevientos, uso de abonos orgánicos, control de cárcavas, labranza cero, lombricultura, asociación y rotación de cultivos, etc.
Manejo integral de los recursos naturales en microcuencas (MIC).	Promover el desarrollo de proyectos de manejo integral que permitan recuperar y conservar la capacidad productiva de las microcuencas y mantener sus propiedades como ecosistema. Se busca la participación de las comunidades rurales involucradas en cada caso para la definición de las microcuencas. Actualmente se da prioridad a regiones de extrema pobreza.	Planeación rural participativa, plantaciones agroforestales, construcción de terrazas, surcado en contorno, mejoramiento de potreros, reforestación con leguminosas forrajeras, labranza de conservación, etc.
Programas de manejo de tierras en la modalidad de proyectos ecológicos.	Promover los programas de manejo de tierras (PMT) como instrumento de planeación de manejo sustentable del suelo a nivel de parcela, así como cambios en los sistemas productivos que combinen la optimización de los ingresos y rendimientos con la conservación, mejoramiento y restauración de los suelos.	Aplicación de prácticas previamente validadas en centros piloto y en microcuencas.
Programa integral de agricultura sostenible y reconversión productiva (Piasre).	Promover actividades que permitan la recuperación y conservación de los suelos a través del establecimiento de sistemas productivos acordes a la vocación natural de cada región. Esto implica la transformación de plantíos de plantas anuales hacia cultivos perennes, forestales, silvo-agropecuarios y de integración agropecuaria. Se da especial énfasis a los sistemas con sequía recurrente y se otorga financiamiento a proyectos.	Conservación de suelos y agua, cultivos de cobertera y abonos verdes, enriquecimiento de acahuales, agroforestería, mejoramiento de agostaderos, prevención y combate a los incendios forestales, etc.
Aprovechamiento de recursos forestales no maderables en tierras secas.	Preservar la frontera forestal en zonas áridas y semiáridas, impulsando el manejo sustentable de los recursos naturales y promoviendo la reconversión productiva.	Diseño de una base de datos para el registro estadístico de autorizaciones para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. Corrección de cárcavas, bordos y revegetación.
Seguimiento y control del cambio de utilización de terrenos forestales.	Reducir los cambios de uso del suelo, promoviendo que la propiedad y usufructo de la tierra impliquen responsabilidad sobre su buen uso. Se concertan compromisos para lograr la restauración y la conservación de suelos en áreas degradadas por el uso agropecuario.	Prácticas de restauración y conservación de suelos.

(DTT, también llamados Distritos de Drenaje). Se trata de regiones con dicha forma de producción agrícola localizadas en zonas de alta precipitación o bien en las cuencas medias y altas, que aportan grandes cantidades de sedimentos y que han sido objeto de obras hidráulicas para frenar la acción erosiva del agua. Tradicionalmente, los DTT han dependido de manera importante de drenes, represas y bordos que encauzan la escorrentía; en la actualidad se da peso a los métodos biológicos. En el país existen 16 DTT establecidos por el poder federal más 2 estatales (en Chiapas), que suman un total de 2.45 millones de hectáreas y benefician a 83 723 productores (Cuadro II.2.1.6). Están concentrados a lo largo de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre de Chiapas y la península de Yucatán (Mapa 3.5). Desafortunadamente, porciones significativas de los DTT se encuentran en condiciones críticas de operación, no obstante que hoy en día, se da mantenimiento a la infraestructura, la cual se descentraliza conforme se repara, para otorgarla a los usuarios, quienes reciben capacitación y recursos a fin de mantener el sistema en funcionamiento.

El programa de los DTT está orientado en gran medida a zonas de montaña, pero no se restringe a ellas. En atención a este ecosistema se han establecido algunos apoyos con la FAO para la identificación y delimitación de estas frágiles regiones. Las zonas secas —otro ecosistema vulnerable— también han sido objeto de atención por diferentes instancias y programas. México fue el primer país en ratificar la Convención de Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación (CCD) en 1995, año en el cual ya se contaba con un Plan Nacional de Acción contra la Desertificación (PACD). Alrededor de esta bandera se congregaron diferentes instancias de gobierno, la comunidad internacional y la sociedad civil. A pesar de ello, diversas limitantes presupuestales han impedido implementar plenamente los objetivos del PACD, por lo que se ha decidido trabajar a través de otras iniciativas para ver cumplidas sus metas: el Piasre, por ejemplo, tiene programas especiales para la reconversión productiva en zonas áridas. Otras instancias han dado lugar a la lucha contra la desertificación a través de diferentes acciones (Tabla 3.2).

Mapa 3.5. Ubicación de los distritos de temporal tecnificado, 2001.



Tabla 3.2. Diferentes instituciones e instancias que participan en la lucha contra la desertificación.

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

La basura y la salud

El sector de la población que sufre con mayor frecuencia de problemas de salud relacionados con los RSM es el de los trabajadores formales e informales involucrados en su manejo, así como quienes no disponen de recolección domiciliaria regular o viven cerca de los sitios de tratamiento y disposición. Sin embargo, el problema puede afectar a todos los residentes de una región a través de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, del consumo de carne de animales criados en basureros y de la exposición a residuos peligrosos. Los principales factores que contribuyen a esta situación son, según Acurio (1997) la insuficiente atención de las autoridades relacionadas con el sector y la deficiente calidad de los servicios prestados.

Muchas enfermedades se encuentran relacionadas con los residuos sólidos, pero en el caso de las que son transmitidas por vectores, se presentan las siguientes:

Vectores	Forma de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	A través del mordisco, orina y heces; y de las pulgas que viven en el cuerpo de la rata.	Peste bubónica, tífus murino y leptospirosis.
Moscas	Por vía mecánica (alas, patas y cuerpo) y a través de las heces y saliva.	Fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, amebiasis, disentería y giardiasis.
Mosquitos	A través de la picadura del mosquito hembra.	Malaria, leishmaniasis, fiebre amarilla, dengue y filariasis.
Cucarachas	Por vía mecánica y por las heces.	Fiebre tifoidea, cólera y giardiasis.
Cerdos	Por ingestión de carne contaminada.	Cisticercosis, toxoplasmosis, triquinosis y teniasis.
Aves	A través de las heces.	Toxoplasmosis.

Residuos sólidos municipales (RSM)

El manejo de los RSM comprende las diferentes fases del ciclo: generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición en algún sitio. Uno de los objetivos principales del manejo es la protección y el mejoramiento de la salud, a partir de reducir los riesgos de los seres humanos a lesiones, accidentes, molestias y enfermedades (véase **La basura y**

la salud) originados por la exposición y el contacto con estos desperdicios. El manejo inadecuado de la basura no sólo causa la contaminación del suelo, también puede afectar a la atmósfera, las aguas superficiales y subterráneas, y el paisaje urbano y natural. La situación puede ser más grave cuando se constata que en algunas localidades la disposición final de residuos sólidos municipales y peligrosos se realiza de manera conjunta e indiscriminada.

¿Cómo se dispone de la basura?

La disposición final de los residuos sólidos municipales es la acción de depositarlos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente. Sin embargo, esta premisa no siempre se cumple, debido a que por lo general los sitios no satisfacen las características necesarias. En México, los sitios de disposición final son los rellenos sanitarios, rellenos de tierra controlados, rellenos de tierra no controlados y los tiraderos a cielo abierto.

Los rellenos sanitarios se definen como técnicas de ingeniería que procuran el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprenden el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte (por lo menos una vez al día), así como el control de gases, lixiviados y proliferación de vectores, todo ello con el fin de evitar la contaminación del ambiente y lograr la protección de la salud de la población.

El sitio en el que se pretenda establecer un relleno sanitario debe cumplir con determinadas características geológicas, edafológicas e hidrológicas, entre otras. Éstas tendrán carácter obligatorio para la selección de zonas de disposición final del RSM, con la ratificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1996.

Las condiciones mínimas que debe cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales son las siguientes:

- Restricción por afectación a obras civiles o áreas naturales protegidas.
- El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no debe ubicarse en zonas de pantanos,

marismas y similares, así como tampoco sobre o cerca de fallas geológicas o taludes inestables.

- Se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que por las características de infiltración del terreno, un líquido vertido en la superficie tarde más de 100 años en llegar al manto freático.

- En caso de que no se cumpla alguna condición, con la consecuente amenaza de contaminación a cuerpos de agua superficiales y subterráneos, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.

Un relleno sanitario planificado, terminada su vida útil, ofrece excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio gracias a su eventual utilización con otros fines, como son las actividades silvo-agropecuarias a largo plazo, la recuperación de los terrenos y la mejora del paisaje.

Otros sitios destinados para la disposición final de residuos sólidos municipales son los rellenos de tierra controlados, los cuales cuentan parcialmente con inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

Los rellenos de tierra no controlados son oquedades donde se vierten y mezclan diversos tipos de residuos sólidos municipales sin control o protección al ambiente.

Por último, los tiraderos a cielo abierto son aquellos sitios en donde clandestinamente se depositan y acumulan los desechos sólidos municipales sin ningún control técnico. Estos pueden ser lotes baldíos, barrancas, ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua.

Definiciones

BIOGÁS

Es el nombre genérico de la mezcla de gases producidos por la descomposición anaerobia de los residuos orgánicos, compuesta principalmente de metano y bióxido de carbono.

LIXIVIADO

Líquido compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica, que se filtra entre los residuos sólidos arrastrando materiales disueltos y suspendidos. Sinónimo de percolato.

Los riesgos al ambiente están relacionados de manera más importante con los tiraderos clandestinos dentro de las zonas urbanas o en los sitios de disposición final que no cuentan con los controles necesarios para manejar adecuadamente los RSM. De tal manera se favorecen el desarrollo y crecimiento de la fauna nociva y el escape de agentes contaminantes al ambiente. Cuando se presentan los casos anteriores, se produce contaminación del agua, suelo y aire, debido principalmente a la fuga de biogás y

lixiviados (véase **Definiciones**). El manejo de los RSM en México fue inadecuado por mucho tiempo, y todavía no se alcanza la incorporación de técnicas modernas para la solución de este problema a nivel nacional. Aún es frecuente que los residuos se viertan sobre depresiones naturales del terreno, muchas de ellas derivadas de la erosión. Debido al crecimiento de la población y al incremento en la generación de basura por habitante, el problema se complica conforme más tiempo pasa sin encontrar soluciones.

La mejor solución para la disposición final de los RSM es el diseño y la construcción de rellenos sanitarios (véase **¿Cómo se dispone la basura?**). México ha logrado un enorme avance en el establecimiento de estas instalaciones. En seis años su número se duplicó al pasar de 30 a 64, mientras que los sitios controlados pasaron de 61 a 13 (Cuadro III.6.1.6). En cuanto a la capacidad registrada, ésta casi se triplicó en los rellenos sanitarios, en tanto que la basura que se vierte en los tiraderos a cielo abierto pasó de 21.3 a 12.1 millones de toneladas (Figura 3.41). También se registran avances importantes en el sistema de recolección. En el ámbito nacional, los servicios de recolección que recibían el 70% del volumen total generado en 1997, lograron captar el 77% en 1998 y 84.63% en 2001 (Figura 3.42, Cuadro III.6.1.8). Así como existen diferencias en la generación de residuos entre las ciudades y el campo, la

Figura 3.41. Instalaciones (barras) y capacidad de los sitios de disposición final (líneas) de los residuos sólidos municipales en México, 1995-2001. El número de sitios no controlados no está registrado ya que comúnmente se trata de tiraderos clandestinos.

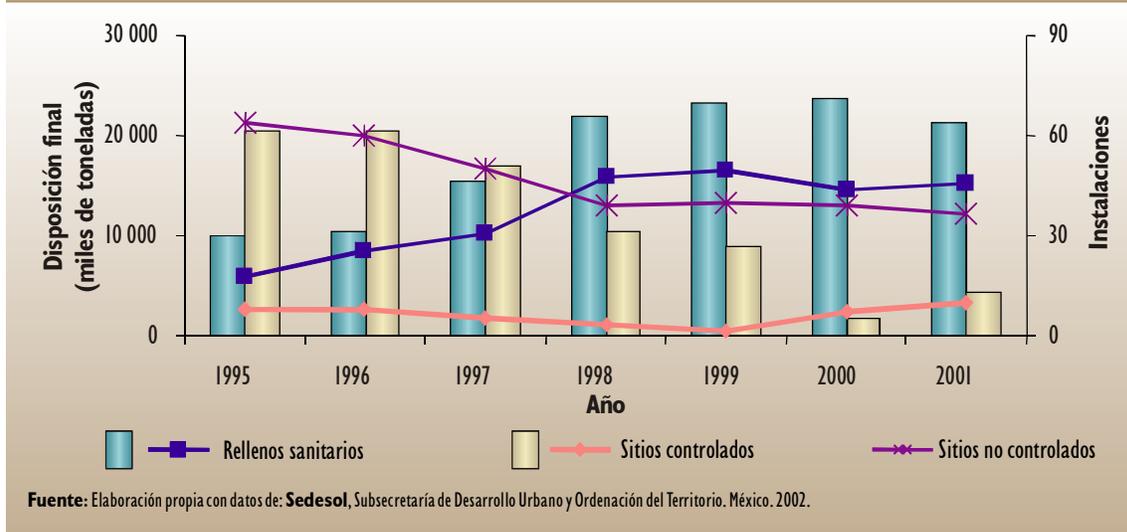
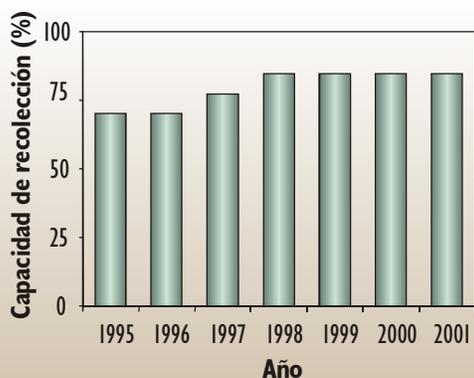


Figura 3.42. Evolución de la recolección de residuos sólidos municipales por los servicios municipales en México, 1995-2001. Los porcentajes están referidos al volumen total de residuos generados.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Sedesol. *Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal*. México. 1985. Sedesol, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. México. 2002.

disposición final de éstos también es característica del grado de urbanización: mientras que en las zonas rurales el acceso a los rellenos sanitarios es muy reducido, en las ciudades es la norma (Cuadro III.6.I.9). Sin embargo, a pesar del avance en la construcción de infraestructura para la disposición de residuos, el país aún no posee la capacidad para disponer en forma adecuada de la totalidad de los residuos sólidos municipales que se generan. En 2001, la capacidad instalada de los rellenos sanitarios y de los sitios controlados en el país fue de tan sólo el 60% de la producción estimada de residuos sólidos municipales. En ese mismo año, cerca 12 142 000 toneladas de residuos sólidos se depositaron en sitios no controlados.

Una de las opciones más atractivas en el manejo de residuos es el reciclaje, proceso mediante el cual los residuos son reincorporados como materia prima al ciclo productivo. Los beneficios ambientales de este proceso son la reducción del volumen de los desechos, la disminución de riesgos de contaminación y la liberación de la presión por la demanda de recursos naturales, tales como la madera que se emplea para fabricar papel. El reciclaje es más redituable cuando los desperdicios se componen de materiales cotizables, limpios y disponibles en grandes cantidades. Por ahora sólo las fuentes comerciales e industriales producen basura con

dichas características. La separación obligatoria de materiales reciclables a escala domiciliaria e institucional incrementaría sustancialmente la base de residuos susceptibles de ser reciclados. Proyectos de esta naturaleza se han implementado de forma exitosa en numerosos países.

No todos los residuos sólidos pueden ser reciclados. Del total generado en México, el 71.3% no puede reincorporarse a la cadena productiva, sólo un 2.4% se recupera en los sitios de disposición final y el 26.3% restante es potencialmente reciclable (aunque no se le da uso o bien es recuperado antes de llegar a los vertederos). Debido a que no se tiene ningún informe sobre lo que se separa en diversas fuentes de generación ni de lo recuperado en contenedores y vehículos de recolección, la cifra del reciclaje sólo puede ser estimada en alrededor de 8 a 12%.

Los materiales considerados como reciclables son: productos de papel, textiles, plásticos, vidrios y metales (aluminio, ferrosos y otros no ferrosos). De cada uno de estos productos la proporción que se recupera en los sitios de disposición final es muy baja. Mientras que en el caso de los textiles la proporción recuperada es de 0.01%, en el del papel, cartón y otros productos afines es de 3.5%. Estos últimos son los materiales que se reciclan en mayor porcentaje (Figura 3.43, Cuadro III.6.I.11). Cabe mencionar que dichas proporciones de reciclaje son estimaciones realizadas hace más de diez años. La situación de los RSM puede haberse modificado sustancialmente desde entonces, a juzgar por los cambios que han sufrido los volúmenes de basura.

Residuos peligrosos (RP)

En razón de los graves efectos que estos residuos tienen en el medio ambiente y la salud, la gestión en torno a los RP cuenta con numerosos instrumentos. Desde el punto de vista legal, la multitud de ámbitos en los cuales se encuentran involucrados este tipo de desechos se refleja en la convergencia de al menos nueve leyes y reglamentos (véase **Residuos peligrosos: marco legal**). En nuestro país, la regulación y el control tanto del manejo de los materiales y residuos peligrosos como de las actividades altamente riesgosas está a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), a través de dos órganos desconcentrados: el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa),

Residuos peligrosos: marco legal

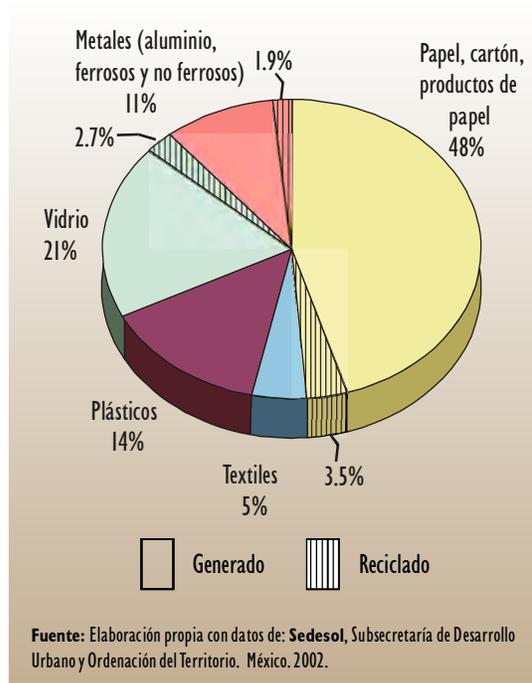
La gestión de los materiales y residuos peligrosos en las diferentes fases de su ciclo de vida, así como la de las actividades altamente riesgosas, tiene un carácter multisectorial y está sustentada en múltiples legislaciones como se observa en el siguiente cuadro:

Autorización y control	Fertilizantes	Plaguicidas	Sustancias industriales	Sustancias tóxicas	Minerales e hidrocarburos	Fármacos	Aditivos y alimentos	Explosivos
Importación y exportación	LCE/LA/LGS/LFSV/LGEEPA	LCE/LA/LGS/LFSV/LGEEPA	LCE/LA	LGS/LCE/LA/LGEEPA	LCE/LA	LCE/LA/LGS	LCE/LA/LGS	LFAFE/LCE/LA
Registro	LGS/LFSV	LGS/LFSV		LGS	LM	LGS	LGS	LFAFE
Extracción					LM			
Proceso y uso	LGS/LFT/LGEEPA/LFSV	LGS/LFT/LGEEPA/LFSV	LGS/LGEEPA/LFT	LGS/LFT/LGEEPA	LGEEPA/LFT/LM	LFT/LGS	LGS/LFT	LFAFE/LFT
Almacenamiento	LGS/LFT/RTTMRP	LGS/LFT/RTTMRP	LFT/RTTMRP	LGS/LFT/RTTMRP	LFT/RTTMRP/LM	LFT/RTTMRP	LGS/LFT/RTTMRP	LFAFE/LFT
Transporte	LGS/LFT/RTTMRP	LGS/LFT/RTTMRP	LGS/RTTMRP	LGS/LFT/RTTMRP	LGS/LFT/RTTMRP	RTTMRP	RTTMRP	LFAFE/LFT/RTTMRP
Comercialización	LGS/LFSV	LGS/LFSV		LGS	LGS/LFT/RTTMRP		LGS	LFAFE
Emisiones al aire	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA/LGS	LGEEPA/LGS	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA
Descargas al agua	LGEEPA/LGS	LGEEPA/LGS	LGEEPA/LGS	LGEEPA/LGS/LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA/LGS	LGEEPA/LGS	LGEEPA/LGS
Residuos peligrosos	LGEEPA/RTTMRP	LGEEPA/LGS/RTTMRP	LGEEPA/RTTMRP	LGS/LGEEPA/LGS/RTTMRP	LGEEPA/LGS	LGEEPA/RTTMRP	LGEEPA/LGS/RTTMRP	LGEEPA/RTTMRP
Ambiente laboral	LFT/LGS	LFT/LGS	LFT/LGS	LFT/LGS	LGEEPA/RTTMRP	LFT/LGS	LFT/LGS	LFAFE/LFT/LGS
Salud ocupacional	LGS/LFT	LGS/LFT	LGS/LFT	LGS/LFT	LFT/LGS	LGS/LFT	LGS/LFT	LGS/LFT
Salud ambiental	LGS	LGS	LGS	LGS	LGS	LGS	LGS	LGS
Saneamiento e Impacto	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA	LGEEPA

Abreviaturas

LCE	Ley de Comercio Exterior
LGS	Ley General de Salud
LFT	Ley Federal del Trabajo
LA	Ley de Aduanas
LFAFE	Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos
LM	Ley Minera
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LFSV	Ley Federal de Sanidad Vegetal
RTTMRP	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

Figura 3.43. Producción de residuos sólidos reciclables y volumen reciclado en los sitios de disposición final en México, 1995-2001.



así como de otras secretarías con competencia en la materia, entre las que destacan la Secretaría de Salud (SSA), del Trabajo y Previsión Social (STPS), de Comunicaciones y Transportes (SCT) y de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural y Pesca (Sagarpa), en lo que concierne a los plaguicidas.

La Semarnat promueve programas tendientes a prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos, así como a estimular su manejo adecuado que puede constar de alguno de los cinco procesos: reuso, reciclaje, tratamiento, incineración y confinamiento (véase **Cinco formas de manejo** en este capítulo), a los que hay que sumar el almacenamiento temporal y el transporte. Los dos primeros procesos siempre son preferibles sobre los otros, pues siguen la lógica de emitir la menor cantidad de contaminantes al ambiente.

La Semarnat cuenta con el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (Cenica) para diseñar políticas en materia de gestión de los RP. Este centro genera información técnica y científica fundamental en la toma de

decisiones de las autoridades ambientales para fortalecer la capacidad de respuesta de funcionarios y técnicos mexicanos en las áreas de calidad y contaminación atmosféricas y manejo y tratamiento de residuos peligrosos. Uno de los resultados del Cenica es el Programa de Gestión Ambiental de Sustancias Tóxicas Prioritarias, en el que se resumen las competencias y legislaciones nacionales al respecto, así como las actividades que se realizan en la materia para cumplir con los compromisos internacionales adquiridos por México en distintos foros. Otro resultado es el Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2002, en el que se describen las grandes líneas estratégicas, proyectos y acciones a desarrollar en este campo.

En el marco legal, la base fundamental es el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, el 25 de noviembre de 1988). El reglamento establece que quienes generen o manejen residuos peligrosos deberán contar con autorización de la Secretaría y con una manifestación de impacto ambiental, inscribirse y rendir informes al registro correspondiente y seguir una serie de lineamientos detallados para evitar que el mal manejo genere problemas de contaminación. Estos últimos están detallados en un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas que se desprenden de la misma ley ([Recuadro IV.2.4](#)).

Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable. A través de la Subprocuraduría de Verificación Industrial, la Profepa tiene como atribuciones vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales relacionadas con la prevención y el control de la contaminación ambiental generada por RP, así como de las medidas de prevención, control, mitigación, restauración o compensación señaladas en las resoluciones, autorizaciones, permisos y licencias derivadas de la legislación en materia de prevención y control de la contaminación, impacto ambiental y actividades altamente riesgosas.

Cinco formas de manejo

TRATAMIENTO

Es la acción de transformar los residuos de tal modo que sus características CRETIB (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico – infecciosas) se modifiquen, perdiendo con ello su peligrosidad.

REUSO

Es el proceso de utilizar nuevamente los residuos peligrosos previamente tratados. Pueden entonces aplicarse a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro tipo.

RECICLAJE

Es la transformación de los residuos con la finalidad de reincorporarlos a la cadena productiva. El reciclaje genera normalmente subproductos o colas que también deben ser conducidos a un lugar adecuado para su tratamiento y eventual confinamiento o incineración.

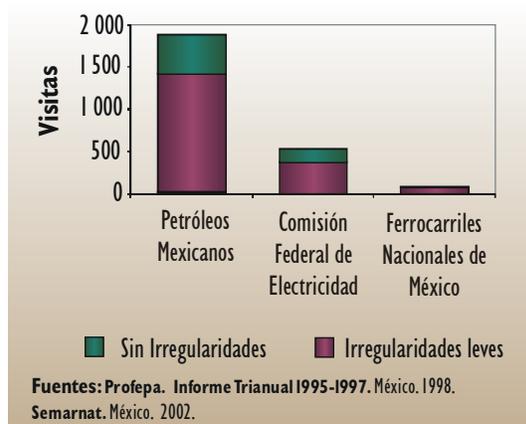
INCINERACIÓN

Es el tratamiento químico de los residuos que produce la liberación de su energía y da origen a gases de combustión inocuos y a cenizas o escorias. Éstas pueden ser tóxicas y deben enviarse a un confinamiento controlado. Aun los incineradores que destruyen el 99.9% del residuo generan cenizas que corresponden al 3 o 4% del volumen alimentado.

CONFINAMIENTO CONTROLADO

Un confinamiento es una obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos que garantiza su aislamiento definitivo, de modo que no puedan escapar y afectar la salud o el ambiente. Los diseños deben garantizar que no exista la posibilidad de filtraciones al subsuelo y que los residuos no reaccionen en el futuro, por lo que necesariamente deben estabilizarse antes de confinarlos, ya sea mediante procesos físicos, químicos o biológicos. Un líquido nunca se confinará. Este debe estabilizarse por medio de un segmentante, de tal suerte que se evite la migración o la formación de lixiviados.

Figura 3.44. Resultados de las visitas de inspección a empresas paraestatales, 1995-2001.



Al iniciar actividades en 1992, la Procuraduría realizaba en promedio más de 12 000 visitas de inspección y verificación por año en todo el país. El número de visitas de inspección se ha venido reduciendo a partir de 1998 debido a la implementación del Sistema de Índices de Cumplimiento de la Normatividad Ambiental. La calidad y complejidad de la información recabada a través de este instrumento permiten incrementar la eficiencia de la Procuraduría. La meta actual es de 7 600 visitas de inspección o verificación por año (Recuadro IV.3.2.2). En dichas inspecciones se puede notar que la proporción de irregularidades leves es mucho mayor a la de clausuras, tanto en empresas particulares como paraestatales (Figura 3.44, Cuadros IV.3.2.3 y IV.3.2.6).

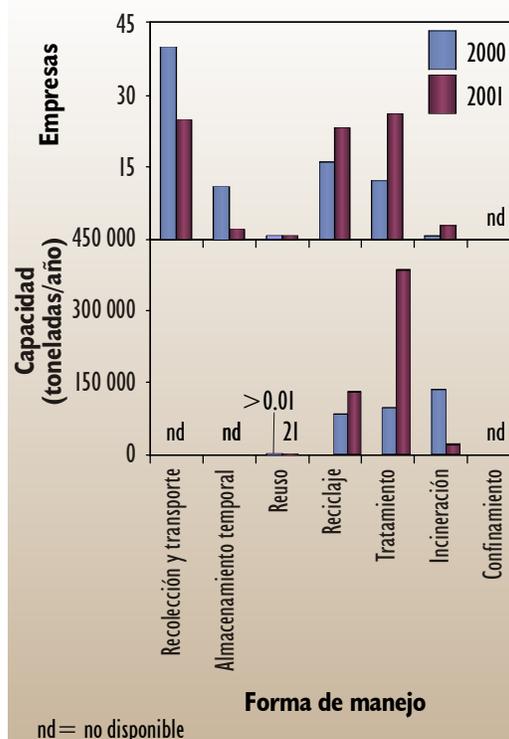
Además del programa de inspección y verificación, la LGEEPA contempla en su artículo 38 la autorregulación y las auditorías ambientales como instrumentos de la política ambiental. Se trata de mecanismos legalmente aprobados para apoyar y reconocer los esfuerzos voluntarios que las personas físicas o morales llevan a cabo a fin de lograr el cumplimiento de la legislación ambiental e, inclusive, ir más allá de lo establecido en ella. Las industrias cuyas actividades en defensa del ambiente sean excelentes son certificadas; esto podría convertirse en la base para el establecimiento de una política de apoyo a las industrias «verdes» por parte del público consumidor (Recuadro IV.3.2.3).

Como resultado de las actividades orientadas a lograr el cumplimiento de la legislación aplicable, se creó una demanda de servicios de manejo de residuos peligrosos y el número de prestadores se ha venido incrementando en los últimos años. En 2000 y 2001 se registraron 161 nuevas empresas, que para el 2001 sumaban ya alrededor de 700. La mayoría de éstas se localizan en Nuevo León, el Estado de México y el Distrito Federal. El único estado que carecía de infraestructura registrada fue Zacatecas. El reciclaje y el tratamiento constituyen las dos formas de manejo de los RP que son atendidas por un mayor número de empresas. En términos de la capacidad instalada se observa el mismo patrón. En 2001 la capacidad reportada para el tratamiento de RP registró un incremento notable (Figura 3.45, Cuadros III.6.2.5, III.6.2.6, III.6.2.7 y III.6.2.8). La principal fuente para el reciclaje la constituyen los lubricantes, que pueden ser vueltos a usar o bien emplearse como combustibles. A esto se le conoce como reciclaje energético (Figura 3.46).

En la actualidad se estima que la capacidad instalada total para el tratamiento de RP sobrepasa las 5.2 millones de toneladas (Semarnat, 2002). El total por rubro sólo se puede calcular en forma aproximada a partir de la capacidad reportada en 1999 y de las empresas que han solicitado su registro desde entonces, pero la suma no debe considerarse como una estimación exacta, ya que algunas empresas pudieron haberse dado de baja u operar sin notificación. La Figura 3.47 (Cuadros III.6.2.1, III.6.2.2, III.6.2.3, III.6.2.4, III.6.2.6, III.6.2.7 y III.6.2.8) muestra la relación entre los diferentes componentes del ciclo de los RP y las incógnitas en torno a ellos en 2000.

Gracias a la capacidad creciente que hay en el país para el tratamiento, la diferencia entre la generación y el manejo de los RP se va acortando. Sin embargo, se estima que sólo un 10% de los desechos recibe un tratamiento adecuado. El resto puede ser simplemente descartado sin control alguno o bien cruzar las fronteras internacionales para su administración. El Sistema de Rastreo de Residuos Peligrosos (SIRREP) tiene como objetivo generar información que coadyuve en el control y rastreo de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos, así como en la identificación del manejo adecuado de dichos residuos y el cumplimiento de la ley por parte de las empresas involucradas. Hoy en día se utiliza el SIRREP en combinación

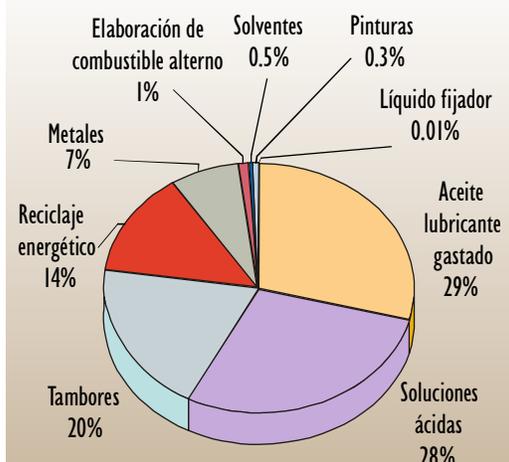
Figura 3.45. Capacidad instalada en México para el manejo de residuos peligrosos en 1999 y autorizaciones otorgadas para el mismo en 2000 y 2001, según forma de manejo.



nd = no disponible

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. México. 2002.

Figura 3.46. Principales tipos de residuos peligrosos reciclados en México, 2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. México. 2002.

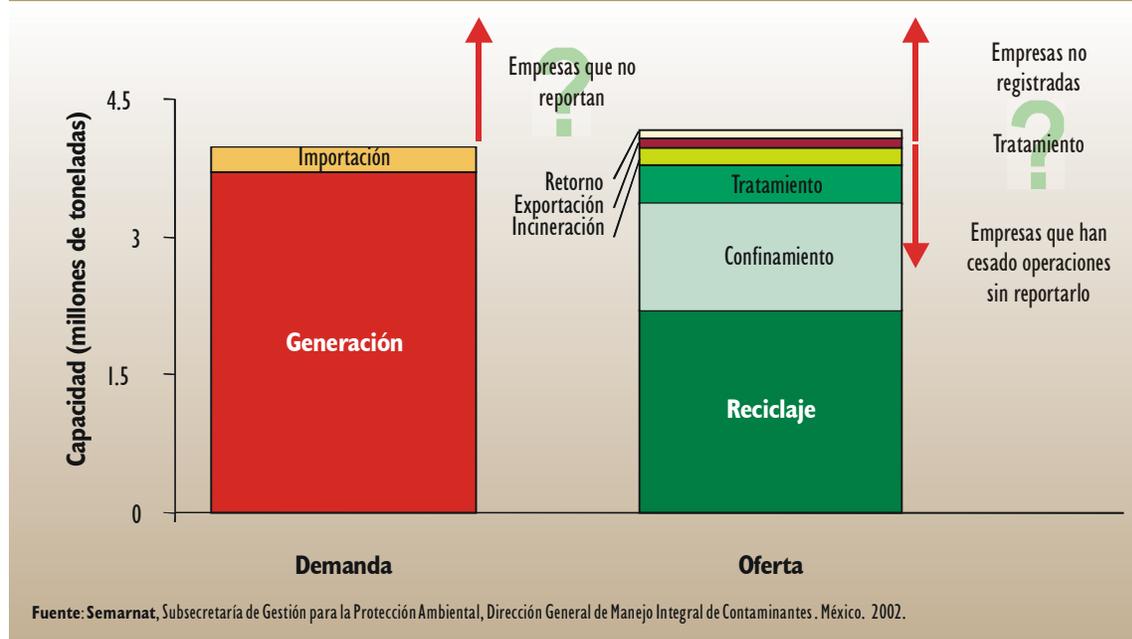
con el programa Haztraks de los Estados Unidos. En la actualidad los movimientos internacionales de RP constituyen sólo una pequeña fracción del total (Figura 3.47).

En cuanto al tema de residuos biológico-infecciosos, la mayoría de los hospitales no cuenta con infraestructura para tratar los que generan. Sólo en el Distrito Federal, Puebla y Sonora se da este caso. Por ello, la mayor parte de los sanatorios deben contratar el servicio externo (Cuadro III.6.2.9). Por lo general a estos residuos se les aplica un tratamiento térmico, ya sea incineración o esterilización o bien se almacenan (Cuadro III.6.2.9). Se estima que la capacidad instalada actualmente es suficiente para tratar todos los residuos biológico-infecciosos generados en México, contando con un excedente del 9% (Semarnat, 2002).

En torno a las sustancias tóxicas destaca la instrumentación de la Comisión Intersecretarial para el

Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest), que permite la coordinación interinstitucional para atender las múltiples dimensiones del problema que representan los materiales peligrosos; cabe señalar que, en sus estrategias, incluye la participación de la iniciativa privada. Las acciones de la Cicoplafest están enfocadas ante todo a la atención del problema de salud relacionado con el uso de dichas sustancias y se apoyan en la Ley General de Salud, como un instrumento básico en la materia, y en la Ley Federal de Sanidad Vegetal para el Manejo Adecuado de Plaguicidas y Fertilizantes en la Agricultura y Medidas Fitosanitarias. Asimismo, la comisión incorpora criterios contenidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. La principal actividad actual de la Cicoplafest es la atención al usuario en lo relativo a la emisión de registros y autorizaciones de importación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Figura 3.47. Oferta y demanda de manejo de residuos peligrosos en México, 2000. La demanda corresponde al volumen de residuos que requiere tratamiento y son producidos o importados. La oferta corresponde a la capacidad total instalada. Esta última se estimó como la suma de la capacidad reportada en 1999 y aquella que fue dada de alta en 2000. La generación corresponde sólo a aquella que se reporta. La capacidad de confinamiento corresponde a aquella que en 2002 reportan las empresas que funcionaban en 2000. No se contó con datos para el tratamiento.



Referencias

- Acurio G., A. Rossin, P. F. Teixeira y F. Zepeda. *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washington. 1997.
- Conapo. S/F. *Proyecciones de población 1995-2025*. México. Disponible en www.conapo.gob.mx.
- Conapo. *Índices de Desarrollo Humano 2000*. México. 2001.
- Denniston, D. Overview: people and mountains. *People and planet*. 5: 1-3. 1996.
- FAO. *Año internacional de las montañas*. FAO. Roma. 2000.
- FAO. S/F. *Terrastat*. Disponible en www.fao.org.
- FAO. S/F. *Todos somos gente de montaña*. Disponible en www.mountains2002.org.
- GACGC. *World in transition : the threat to soils. Annual report*. German advisory council on global change. Economica Verlag. Bonn. 1994.
- GEF-IFAD. *Tackling land degradation and desertification*. GEF. Roma. 2002.
- INE-RDS-PNUD. *Promoción de la minimización y manejo integral de residuos peligrosos*. INE. México. 1999.
- INEGI. *El sector alimentario en México*. INEGI. México. 2001.
- PNUMA-Earthscan. *Global Environment Outlook 3*. PNUMA. Nairobi. 2002.
- Profepa. *Informe Trienal 1995-1997*. Profepa. México. 1998.
- Semarnap-INEGI. *Estadísticas del medio ambiente en Mexico, 1997*. México. 1997.
- Semarnap-CP-INEGI. *Mapa de suelos dominantes de México*. México. 1999.
- Semarnat. *Memorandum de país ante la OCDE*. No publicado. México. 2002.
- The Panos Institute. *High-Stakes: the future of mountain societies*. The Panos Institute. Londres. 2002.
- Urquidi, V. L. El desarrollo urbano en México y el medio ambiente. *El mercado de valores* 4: 34-42. México. 2000.



4. AGUA

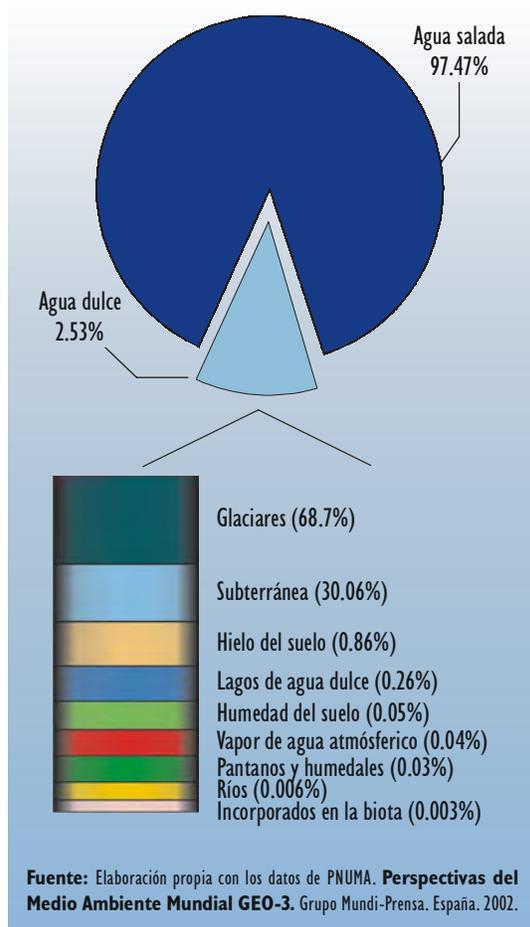
La preocupación de los países por contar con agua suficiente en cantidad y calidad para sus diferentes actividades es cada vez mayor. A pesar de que en el planeta existe una cantidad considerable de agua estimada en 1 400 millones de km³, sólo el 2.5% es agua dulce y la mayor parte de la misma se encuentra en forma de hielo o en depósitos subterráneos de difícil acceso (Figura 4.1). De esta manera, el agua disponible en teoría para las actividades humanas sería, en el mejor de los casos, del 0.01%. Además, esta mínima porción de agua frecuentemente se localiza en lugares inaccesibles o está contaminada, lo que dificulta su aprovechamiento (PNUMA, 2002).

Bajo estas circunstancias, el agua es considerada como un factor crítico para el desarrollo de las naciones y, de hecho, quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable (FNUAP, 2001), ya que no sólo es indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad sino también para el funcionamiento de los ecosistemas del planeta. De ahí la importancia de contar con información confiable acerca de la cantidad y calidad de este recurso, en

términos de su disponibilidad, usos y grado de deterioro, así como con una evaluación de los efectos que han tenido las diferentes acciones encaminadas a mejorar la cantidad y calidad del agua disponible para la gente.

El análisis de la situación del agua en México puede abordarse a diferentes escalas. Una evaluación global del país puede ser útil para la comparación con otros países o para medir el desempeño y compromisos adquiridos por México (por ejemplo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), de la cual México es miembro desde 1994). Sin embargo, un análisis a esta escala resulta de utilidad limitada para identificar los problemas locales y, por consiguiente, diseñar los programas pertinentes al interior del país. La alta heterogeneidad tanto ambiental como social que presenta el país, requiere un análisis a nivel regional o estatal que permita una evaluación más acorde con posibles estrategias de uso y manejo del agua. En este contexto, a continuación se examina la situación del agua en México considerando los niveles de país, región y estado, en función de la información disponible y su relevancia.

Figura 4.1. Principales reservas hídricas en el mundo.



Las características topográficas y geográficas que tiene México producen una condición hidrológica muy particular; su tamaño relativamente grande (casi 2 millones de kilómetros cuadrados), la influencia que tienen los 11 208 km de costa ubicados tanto en el Pacífico como el Atlántico, su ubicación geográfica, en particular su relación con los grandes cinturones de viento y la trayectoria de los huracanes, su complicada topografía —en gran parte resultado de la actividad tectónica ocurrida durante el Cenozoico— y su relieve sumamente accidentado con grandes variaciones altitudinales, ocasionan intensos contrastes en la disponibilidad de agua en el país. Así, tenemos que más de la mitad del territorio (56%) está ocupado por zonas áridas y semiáridas, donde las lluvias son escasas, aunque también existen amplias zonas húmedas y subhúmedas en el sureste (Mapa 4.1).

La mayor parte del territorio mexicano (66%) presenta régimen de lluvias de verano, donde la precipitación se concentra marcadamente en los meses de junio a septiembre, mientras que en la temporada de invierno las lluvias son escasas (menores al 10% del total). El régimen de lluvia intermedio cubre el 31% del país y corresponde a la frontera norte y a las zonas de mayor precipitación en el trópico mexicano. Finalmente, una pequeña porción ubicada en la parte norte de la vertiente del Pacífico de la Península de Baja California tiene régimen de lluvias de invierno, que se concentran en los meses fríos del año.

Variación espacial y temporal

La precipitación promedio anual en México durante el periodo 1941-2000 fue de 772 mm, lo que se considera abundante (OCDE, 1998). Sin embargo, esta cifra promedio resulta poco representativa de la situación hídrica del país, ya que existe una alta heterogeneidad espacial y temporal. Así, tenemos estados como Baja California Sur, donde apenas se registran 199 mm de lluvia en promedio, mientras que en Tabasco la precipitación es más de trece veces superior (Cuadro III.2.1.3). Los estados localizados en la zona norte ocupan cerca del 50% de la superficie del país y contribuyen sólo con un poco más del 25% del agua que ingresa al país por lluvia, mientras que los estados localizados en la parte sur (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán y Tabasco), con sólo el 20.6% de la superficie nacional, reciben el 40.5% de la lluvia (Tabla 4.1).

A nivel de regiones hidrológicas administrativas — una división del país que establece la Comisión Nacional del Agua (CNA) con criterios hidrológicos (Mapa 4.2) — también son muy claras las diferencias. Las regiones I, II, III y VI, localizadas en la parte norte del país y que comprenden el 45% del territorio nacional, reciben el 26.5% de la precipitación, en contraste con las regiones administrativas IV, V, X, XI y XII, situadas en la parte sur del país y que ocupan el 27.5% del territorio, las cuales reciben en promedio el 49.6% de la lluvia (Tabla 4.2).

Así como el valor de 772 mm de precipitación promedio no refleja la heterogeneidad al interior del país, tampoco muestra las altas variaciones que ocurren entre los años. Por

Mapa 4.I. Climas en México.

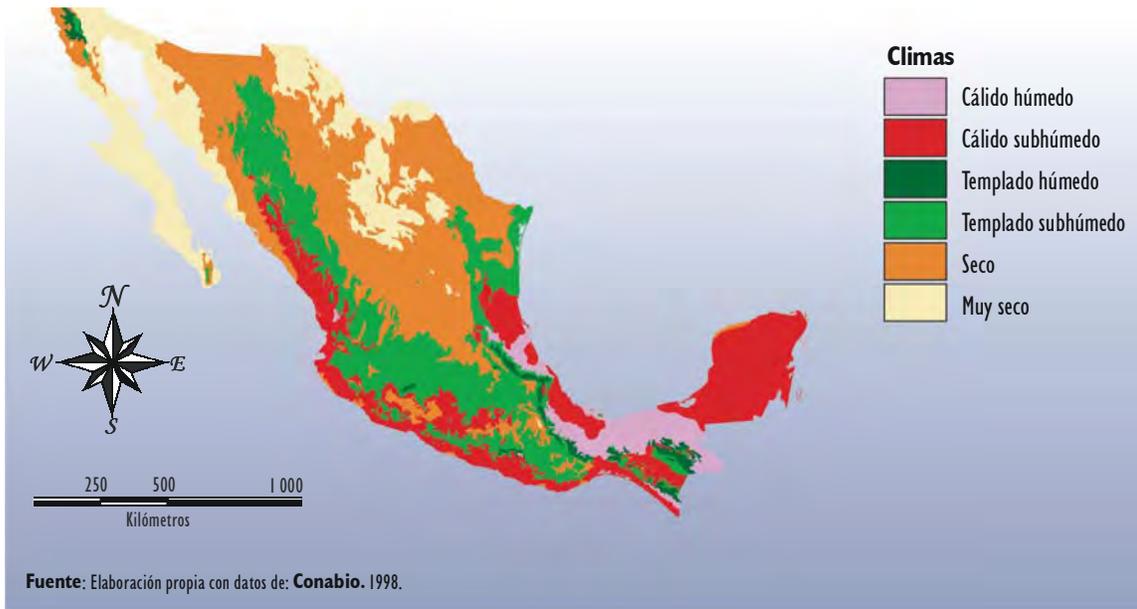


Tabla 4.I. Superficie y contribución proporcionales de la precipitación de los estados del norte y sur de la República Mexicana, 1941-2000.

Estado	Superficie (%)	Precipitación (%)	Estado	Superficie (%)	Precipitación (%)
Baja California	3.65	0.97	Campeche	2.91	4.24
Baja California Sur	3.77	0.87	Chiapas	3.76	9.55
Coahuila	7.69	3.13	Oaxaca	4.75	9.35
Chihuahua	12.55	6.88	Quintana Roo	2.00	3.24
Nuevo León	3.30	2.52	Tabasco	1.26	3.94
Sinaloa	2.98	3.06	Veracruz	3.68	7.03
Sonora	9.22	5.11	Yucatán	2.22	3.19
Tamaulipas	4.07	4.04			
Total	47.23	26.58		20.58	40.53

Fuente: Elaboración propia con datos de: Sistema Meteorológico Nacional, **CNA**. México. 2002.

ejemplo, de 1990 a 1993 la precipitación fue casi un 14% superior al promedio, mientras que en 1994, 1996 y 1997 estuvo muy por debajo de los 772 mm (7.9, 13.3 y 9.2%, respectivamente). De hecho, considerando a todo el país desde 1994, la precipitación promedio ha estado por debajo de la media histórica (Figura 4.2).

No obstante esta tendencia general, existen diferencias importantes entre los estados que componen la República

Mexicana con respecto al agua que han recibido por lluvia en los últimos años. Si se compara el volumen de agua recibido en algunos estados durante los últimos 11 años (1990-2001) con respecto a su promedio histórico, Campeche, Coahuila, Distrito Federal, Guanajuato y Puebla recibieron entre 15 y 20% más de lluvia, mientras que Durango, Guerrero, Estado de México y San Luis Potosí sufrieron una disminución de entre 15 y 25%. Durante el periodo de 1994 a 2001, años en

Mapa 4.2. Regiones Hidrológicas Administrativas.

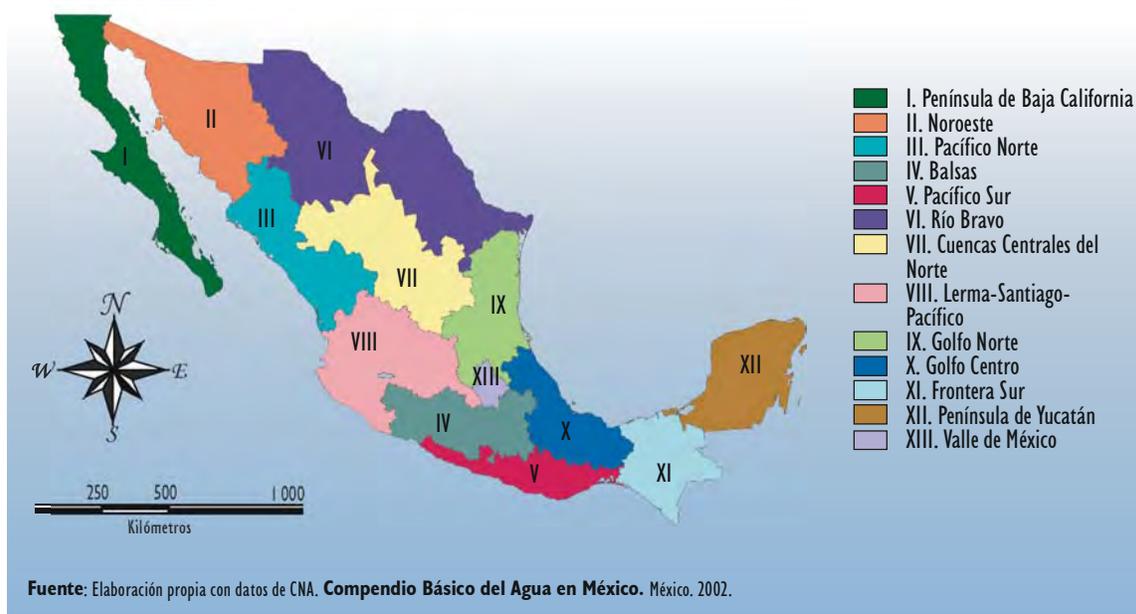


Tabla 4.2. Superficie y precipitación media anual recibida por región hidrológica administrativa en el norte y sur del país, 1941-2000.

Región administrativa	Superficie (miles de km ²)	Precipitación	
		(mm)	(km ³)
I Península de Baja California	148.9	199	30
II Noroeste	216.1	476	103
III Pacífico Norte	150.1	684	103
VI Río Bravo	377.0	449	169
IV Balsas	118.6	806	96
V Pacífico sur	79.6	1 125	90
X Golfo Centro	105.3	1 549	163
XI Frontera sur	101.7	2 258	230
XII Península de Yucatán	139.5	1 290	180

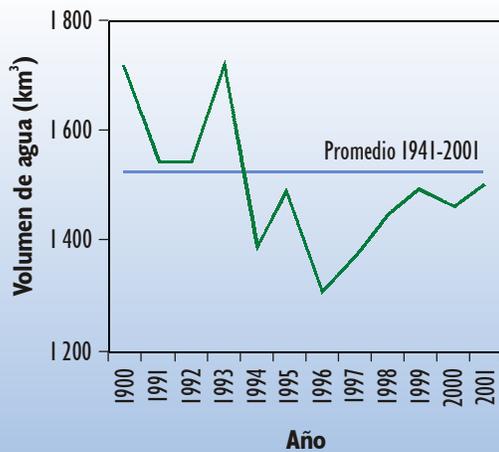
Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. **Compendio Básico del Agua en México.** México, 2002.

los que se agudizó la disminución de la lluvia, Durango y el Estado de México sufrieron reducciones superiores al 30% (Tabla 4.3). En el último siglo se presentaron cuatro grandes periodos de sequía: 1948-1952, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996, que afectaron principalmente a los estados del norte del territorio nacional. En orden de severidad por sus efectos desfavorables están: Chihuahua, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí,

Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala (Cenapred, 2001).

En México se presentan alrededor de 25 ciclones al año, con vientos mayores de 63 km/h, repartidos en las costas del Pacífico (60%) y el Atlántico (40%), de los cuales cuatro, en promedio, tienen efectos importantes sobre el territorio (Cuadro 1.8.1). La ocurrencia de ciclones tropicales se concentra entre los meses de mayo a noviembre y generan

Figura 4.2. Volumen de la precipitación a nivel nacional, 1990-2001.



Fuente: Elaboración propia con los datos de: Servicio Meteorológico Nacional, CNA. México. 20 02.

Tabla 4.3. Estados con la mayor reducción en la precipitación recibida en el periodo 1994-2001 con respecto a su promedio anual histórico 1941-2000.

Estado	Precipitación promedio periodo 1994-2001 (mm/año)	Precipitación promedio histórica 1941-2000 (mm/año)	Variación (%)
Durango	336.6	509	- 34
Guerrero	879.4	1110	- 21
Jalisco	609.3	824	- 26
Estado de México	607.1	893	- 32
Michoacán	639.6	803	- 20
San Luis Potosí	767.8	960	- 20
Sinaloa	631.0	793	- 20

Fuente: Elaboración propia con datos de: Sistema Meteorológico Nacional, CNA. México. 2002.

lluvias intensas en cortos periodos que incrementan sustancialmente la cantidad de lluvia que reciben las entidades. Por ejemplo, en noviembre de 1993, en San José del Cabo, Baja California Sur, ocurrió una precipitación de 632 mm en un solo día, valor que es 3.5 veces mayor que la precipitación total anual promedio del estado. Cabe señalar

que el agua que ingresa por estos meteoros, además de que frecuentemente ocasiona problemas de inundaciones y daños a las poblaciones asentadas cerca de las costas, no es aprovechable en muchos casos, ya que escurre muy rápidamente vertiéndose al mar.

Balance de agua

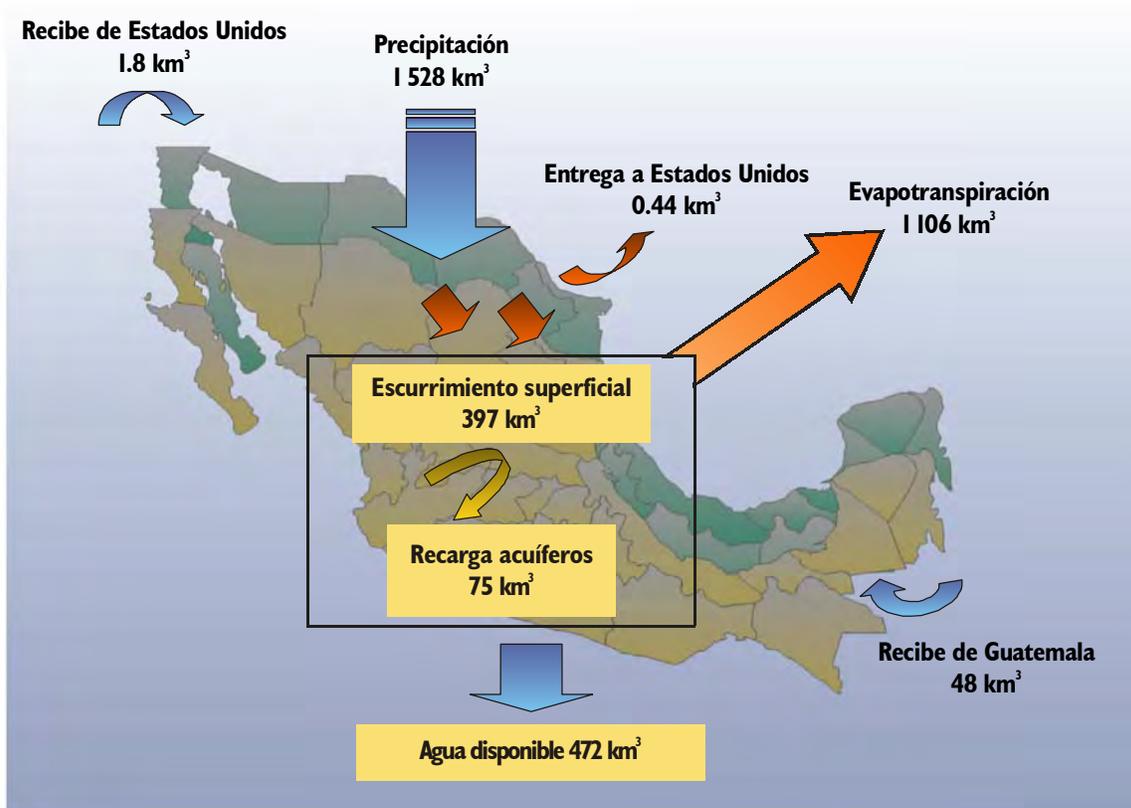
El volumen total de agua que recibe el país por precipitación es de 1 528 km³ en promedio, pero la mayor parte, cerca del 73%, regresa a la atmósfera por evapotranspiración (1 106 km³).

Además del agua que ingresa al país por medio de la precipitación, México recibe 48 km³ provenientes de Guatemala y 1.8 km³ del río Colorado y entrega 0.44 km³ del río Bravo a Estados Unidos de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, firmado en 1944. De esta forma, el balance general muestra que la disponibilidad media natural de México es de 472 km³ de agua en promedio al año (Figura 4.3, Diagrama III.2.1.2); valor superior al de la mayoría de los países europeos, pero muy inferior si se compara con Estados Unidos (2 460 km³), Canadá (2 740 km³) o Brasil (5 418 km³).

Debido a que el volumen de agua que se recibe por precipitación es diferente año con año, la disponibilidad de líquido también muestra variaciones temporales y espaciales importantes que son tomadas en cuenta en los programas de planeación hidráulica. Una aproximación de la variación en la disponibilidad de agua que ha tenido México de 1990 a la fecha, si se considera que la evapotranspiración es del orden de 1 100 km³ y no cambia significativamente entre años, muestra que en 1990 y 1993 se tuvo cerca de 40% más de agua disponible, mientras que en 1994, 1996 y 1997 el volumen de agua disponible se redujo alrededor de 30%.

Del total de agua disponible, aproximadamente el 84% (397 km³ en promedio) escurre superficialmente y el resto (75 km³) se incorpora a los acuíferos. El escurrimiento superficial también muestra variaciones importantes en el país. En la región de la frontera sur escurre cerca del 35% del total nacional, encauzado básicamente en los ríos Grijalva

Figura 4.3. Balance de agua en México.



y Usumacinta, mientras que en las penínsulas de Baja California y Yucatán el escurrimiento superficial es mínimo y no llega al 1%, aunque por diferentes causas: en Baja California por su escasa precipitación y en la Península de Yucatán por su poco relieve y sustrato permeable que no facilitan la formación de escurrimientos superficiales de importancia — no obstante, en la planicie yucateca sí se favorece la recarga de agua subterránea — (Tabla 4.4, Cuadro III.2.1.5).

La mayor parte de los escurrimientos superficiales se canalizan por los grandes ríos de México. El Grijalva, Usumacinta, Papaloapan, Pánuco y Lerma-Santiago captan, en conjunto, casi el 54% del escurrimiento superficial (Cenapred, 2001; véase Cuadro III.2.1.6). Debido al régimen climático del país, en casi todos los ríos existe una diferencia notable en el volumen de agua que acarrean en las épocas de lluvias y de secas. Esta variación está acentuada por las obras de retención de agua e irrigación, de tal manera que

muchos de los ríos que antes eran permanentes ahora se vuelven intermitentes, por lo menos en algunas partes de su recorrido (Conabio, 1998), lo que trae consigo afectaciones a los ecosistemas acuáticos y costeros.

La capacidad de almacenamiento proporcionada por la infraestructura hidráulica del país es de 150 km^3 . De las 4500 presas existentes, 840 están clasificadas como grandes presas de acuerdo con los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Presas. La capacidad de almacenamiento conjunto equivaldría al 37% del escurrimiento promedio anual del país; sin embargo, en realidad cerca del 80% del agua se descarga al mar sin ningún aprovechamiento. Si bien las grandes presas podrían aportar agua en las temporadas desfavorables del año, su principal función está centrada en la generación de energía eléctrica y el control de avenidas (por ejemplo, La Angostura, El Malpaso e Infiernillo); en menor medida, y sobre todo en el norte del país, las presas se utilizan para proveer de agua

Tabla 4.4. Disponibilidad natural, escurrimiento superficial y recarga de agua subterránea en las regiones hidrológicas administrativas del país, 2000.

Región administrativa	Disponibilidad natural (hm ³)	Escurrimiento superficial virgen* (hm ³)	Recarga acuíferos (hm ³)
I Península de Baja California	4 425	3 012 ^a	1 413
II Noroeste	7 950	5 459	2 491
III Pacífico Norte	24 474	21 933	2 541
IV Balsas	28 191	24 273	3 918
V Pacífico Sur	33 133	31 468	1 665
VI Río Bravo	14 261	9 204	5 057
VII Cuencas Centrales del Norte	6 802	4 729	2 073
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	39 479	32 370	7 109
IX Golfo Norte	24 339	23 071	1 268
X Golfo Centro	102 633	98 930	3 703
XI Frontera Sur	155 906	139 004 ^b	16 902
XII Península de Yucatán	26 496	1 348	25 148
XIII Valle de México	3 802	1 996 ^c	1 806
Nacional	471 891	396 797	75 094

* Datos preliminares.
^a Incluye 1 850 hm³ que provienen de Estados Unidos.
^b Incluye aproximadamente 50 000 hm³ provenientes de Guatemala.
^c Se consideran aguas residuales de la Ciudad de México.

Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México, 2002.

a las actividades agrícolas (Cuadro III.2.1.8). De hecho, sólo el 18% del volumen de almacenamiento del país se tiene en zonas ubicadas por arriba de la cota de los 500 msnm siendo que en éstas habita más del 75% de la población y se encuentran las mayores superficies de riego del país. El volumen de agua almacenado en lagos y lagunas es pequeño (poco más de 6 500 hm³), ya que México no cuenta con lagos extensos y profundos (Cuadro III.2.1.7).

Agua subterránea

El número de acuíferos reportados en el país para el año 2000 fue de 653, distribuidos en todo el territorio nacional. El volumen estimado de agua que se extrae de los acuíferos es de 28.5 km³/año, cantidad que no varió de manera importante en los últimos diez años. Este volumen corresponde al 38% del estimado de recarga anual para el país, lo que indicaría un balance positivo y, en teoría, todavía una reserva aprovechable importante. Sin embargo, a nivel

regional la situación es muy diferente, las regiones de la Península de Baja California, las Cuencas Centrales del Norte y el Valle de México tienen déficits estimados de 17, 38 y 32%, respectivamente, y la región noroeste está prácticamente con un balance de cero (0.8% de sobreexplotación) (Tabla 4.5).

El problema de la sobreexplotación de los acuíferos es grave. En 1975 existían 35 acuíferos sobreexplotados, cifra que se elevó a 36 en 1981, 80 en 1985 y a 96 en el año 2000 (CNA, 2002), lo cual representa ya el 14% del total de acuíferos registrados en el país. Estos acuíferos sobreexplotados se concentran en las regiones de Baja California, Noroeste, Cuencas Centrales, Bravo y Lerma-Santiago-Pacífico (Mapa 4.3). Además de la sobreexplotación, 17 acuíferos tienen problemas de intrusión salina (13 de ellos están sobreexplotados), sobre todo aquellos que se localizan en las costas de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Veracruz y Colima. En amplias zonas de riego la

Tabla 4.5. Características de los acuíferos en la República Mexicana por región hidrológica administrativa, 2000.

Región administrativa	Recarga acuíferos (hm ³)	Extracción total (hm ³)	Número de acuíferos	Sobreexplotados sin intrusión salina	Sobreexplotados y con intrusión salina	Sólo intrusión salina
I Península de Baja California	1 413	1 651	87	2	8	1
II Noroeste	2 491	2 512	63	13	5	0
III Pacífico Norte	2 541	1 247	24	1	0	0
IV Balsas	3 918	2 497	43	2	0	0
V Pacífico Sur	1 665	392	38	0	0	0
VI Río Bravo	5 057	3 707	97	14	0	0
VII Cuencas Centrales del Norte	2 073	2 863	71	20	0	0
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	7 109	7 055	127	23	0	1
IX Golfo Norte	1 268	1 089	41	4	0	0
X Golfo Centro	3 703	1 281	21	0	0	2
XI Frontera Sur	16 902	679	23	0	0	0
XII Península de Yucatán	25 148	1 160	4	0	0	0
XIII Valle de México	1 806	2 385	14	4	0	0
Nacional	75 094	28 518	653	83	13	4

Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México. 2002.

Mapa 4.3. Acuíferos sobreexplotados por región hidrológica administrativa.



Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México. 2002.

sobreexplotación de los acuíferos ha acarreado que los niveles de agua subterránea se hayan abatido decenas de metros, como es el caso de los acuíferos de Maneadero y Camalú en Baja California, que tienen registradas disminuciones del

nivel estático de más de 12 metros en la zona cercana a la costa, lo que además ha favorecido la intrusión salina.

El uso racional del agua subterránea es indispensable, ya que cada vez un número mayor de regiones dependerá de

sus reservas almacenadas en el subsuelo como la principal — y quizá única — fuente de líquido. Sin duda, los acuíferos se convertirán en un recurso patrimonial estratégico (CNA, 2001). De hecho, en la actualidad el 70% del agua que se suministra a las ciudades proviene de acuíferos y con ésta se abastece a 75 millones de personas (55 millones en ciudades y 20 millones en comunidades rurales).

Disponibilidad del agua

Debido a la importancia del agua como un recurso que puede ser limitante para el desarrollo económico y social de los países, en los últimos años se ha intensificado el estudio de la cuantificación de la disponibilidad del líquido.

Existen diversas formas de estimar la disponibilidad de agua que tiene un país o región, pero la precisión y el realismo del valor calculado dependen mucho de la información con que se cuente. Una aproximación muy gruesa es la precipitación total. En este sentido, los 772 mm de precipitación anual que recibe el país lo clasifican en la categoría de países con abundante disponibilidad de agua. Sin embargo, como ya se mencionó antes, México tiene una alta tasa de evapotranspiración que disminuye en forma significativa el volumen de agua disponible. La estimación de la evapotranspiración promedio en México, que es de aproximadamente 1 100 km³ (73% de la precipitación total), resulta menor que la de África (80%) pero mayor que las de Europa (64%), Asia (56%) o Australia (64%) (PNUMA, 2002). De acuerdo con este balance, el volumen de agua disponible en México es de casi 472 km³. Es importante resaltar que esta cantidad no sólo comprende el líquido disponible para uso humano, sino también el necesario para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos (ríos y lagos).

La disponibilidad del agua comúnmente se evalúa a través del volumen de agua por habitante. Si consideramos la cifra del censo de población del año 2000 (97.48 millones de habitantes), la disponibilidad natural de agua para ese año fue de 4 841 m³ anuales por habitante, volumen que corresponde a una categoría de disponibilidad baja, cerca de los 5 000 m³/hab/año que es el límite de disponibilidad media (Tabla 4.6). Para poner en contexto esta cifra, en 1910 la disponibilidad promedio era de 31 000 m³ por

habitante, para 1950 ya sólo era de un poco más de 18 000 m³ y en 1970 había caído por debajo de los 10 000 m³. Cabe señalar que esta reducción está explicada fundamentalmente por el crecimiento de la población y no por la disminución de la cantidad de lluvia que recibió el país en esos años. Se estima que para 2010, de acuerdo con las proyecciones que realiza la Conapo sobre la población del país, la disponibilidad de agua por habitante se reducirá a 4 180 m³ y para 2020 se limitará a cerca de 3 750 m³/hab/año. En un contexto mundial, la disponibilidad de agua por habitante en México en la actualidad es mucho menor que la que tienen países como Canadá (91 567 m³/hab/año), Estados Unidos (8 906 m³/hab/año), Brasil (32 256 m³/hab/año) y en general toda América del Sur, y es ligeramente superior al promedio de los países europeos (PNUMA, 2002).

Tabla 4.6. Clasificación de la disponibilidad de agua.

Volumen de agua (m ³ /hab/año)	Categoría de disponibilidad
< 1 000	Extremadamente baja
1 000 - 2 000	Muy baja
2 000 - 5 000	Baja*
5 000 - 10 000	Media
10 000 - 20 000	Alta
> 20 000	Muy alta

* Peligrosa en años de precipitación escasa

Fuente: UNDP, UNEP, World Bank and WRI. **World Resources 2000-2001**. WRI, U.S.A. 2000.

Una disponibilidad por debajo de los 1 700 m³/hab/año se considera como situación de estrés hídrico (Indicador de Falkenmark, WRI, 2000), donde puede faltar el abastecimiento de agua para las diversas actividades con frecuencia (sobre todo en países con propensión a sufrir sequías, como es el caso de México). Cuando el valor de disponibilidad está por debajo de 1 000 m³/hab/año las consecuencias pueden ser más severas y comprometen seriamente la producción de alimentos, el desarrollo económico del país y la protección de sus ecosistemas. En estas circunstancias con frecuencia se carece transitoriamente de agua en determinados lugares y es preciso tomar decisiones que involucran prioridades de uso entre las actividades agrícolas, industriales o el abasto a la población urbana y rural (FNUAP, 2000).

Debido a que una aproximación a una escala de país puede enmascarar situaciones de estrés hídrico importante, recientemente se propuso que la disponibilidad de agua se estudie a nivel de cuenca o en una escala en la que se considere más estrechamente la fuente de agua con la población que la utiliza (WRI, 2000). En este contexto, si se examina por regiones, México presenta todo el espectro de categorías de disponibilidad de agua. El Valle de México, con poco menos de 200 m³/hab/año, se encuentra en la categoría de extremadamente baja, mientras que la región de la Frontera Sur, con cerca de 27 000 m³/hab/año, tiene una disponibilidad calificada como muy alta (Tabla 4.7, Mapa 4.4). Si se consideran las regiones que tienen 1 700 m³/hab/año o menos, en México existe una población de 31.6 millones de habitantes en situación de estrés hídrico y otros casi 23 millones muy cerca de este nivel.

De acuerdo con un estudio realizado para detectar áreas donde la disponibilidad de agua puede caer por debajo de los 1 700 m³/hab/año para el año 2025, en diferentes cuencas de los principales ríos del mundo (y de los cuales se tenía información confiable de aspectos hidrológicos y poblacionales), en México las cuencas de los ríos Balsas, Grande de Santiago y Colorado se encontrarían en esta situación (WRI, 2000). Es importante destacar que en el caso del Río Colorado la mayor parte de la población que habita en su cuenca no se encuentra en territorio mexicano pero actualmente más del 50% del agua superficial que se utiliza en la región de la Península de Baja California proviene de lo que se importa de esa fuente, por lo que el suministro de líquido en esta región puede ser motivo de conflictos en el futuro en la relación bilateral México-Estados Unidos.

Otra forma de evaluar la disponibilidad de agua es mediante la determinación de lo que se conoce como el *grado de presión del recurso* (GPR), que representa la proporción del agua disponible que se extrae en una zona ya sea para fines agrícolas, públicos, industriales u otros. De acuerdo con este valor, la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la ONU define cuatro categorías que incluyen desde una presión fuerte (la extracción supera el 40% de la disponibilidad natural) hasta una presión escasa (el agua extraída no rebasa el 10% del líquido disponible). México, con un valor de GPR del 15% estimado para el año 2000 se

encuentra en la categoría de presión moderada, valor ligeramente superior al 12% estimado para el promedio de los países de la OCDE (OECD, 2002). No obstante, el valor relativamente bajo de la presión sobre el recurso hídrico que presenta México está influido de manera muy significativa por la alta disponibilidad de agua en el sur del país, ya que regiones como la Frontera Sur, Golfo Centro, Península de Yucatán y Pacífico Sur no extraen más del 5% de su agua disponible; en contraste, las regiones de Baja California, Noroeste, Río Bravo, Cuencas Centrales del Norte y el Valle de México se encuentran en una situación completamente diferente, ya que su grado de presión tiene valores superiores al 40%, lo que las coloca en la condición de alto estrés hídrico (Tabla 4.8, Mapa 4.5).

Otra medida de la disponibilidad de agua, más cercana a las necesidades de la población, es la que se conoce como intensidad de uso (OCDE, 1998) o extracción per cápita. De acuerdo con este indicador, la disponibilidad en México para el año 2000 fue de 740 m³/hab al año, valor semejante al calculado para Japón (720 m³/hab) y Francia (700 m³/hab) e inferior al de Canadá (1 600 m³/hab) y al promedio de países miembros de la OCDE, estimado en alrededor de 900 m³/hab (OCDE, 1998).

Usos del agua

Se calcula que en el año 2000 se extrajeron 72 km³ de agua de los ríos, lagos y acuíferos del país para los principales usos consuntivos, lo que representa el 15% del agua disponible (presión de demanda). El uso consuntivo predominante en México es el agrícola, ya que en la actualidad el 78% del agua extraída se utiliza para el riego de 6.3 millones de hectáreas (véase **Agricultura y agua**), le sigue el uso público urbano con 11.5% y el industrial con 8.5%. Otros usos como el pecuario o el destinado a la acuicultura consumen el restante 2.2%. Esta distribución del uso del agua es parecida a la que tienen países como Brasil, Egipto y Turquía, pero muy diferente a la de países desarrollados, donde la proporción destinada a usos industriales es mucho mayor (Figura 4.4). Las hidroeléctricas emplean para su funcionamiento un volumen promedio de 143 km³ de agua para generar 32 624 GWh de electricidad (17% del total del país), pero no la consumen.

Agricultura y agua

La agricultura es la actividad humana que demanda más agua y la que más efectos tiene sobre este recurso tanto en términos cuantitativos como cualitativos. Consume más del 70% del agua que se extrae en el mundo y frecuentemente está asociada a cambios en la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos por la construcción de presas y canales de riego. Además, las actividades agrícolas promueven la incorporación de sólidos suspendidos producidos por la erosión hídrica del suelo, así como de fertilizantes y plaguicidas.

Existen diferencias importantes en el consumo del agua entre los países desarrollados, que destinan en promedio sólo un 30%, y los países menos desarrollados que destinan hasta un 87%, lo que no implica necesariamente una mayor cantidad, ya que, por ejemplo, el 87% en África equivale a 206 m³ por habitante al año, mientras que el 47% que destina los Estados Unidos corresponden a 1 029 m³ por habitante. En México el 78% del agua extraída corresponde a un consumo por habitante de 575 m³ al año.

La productividad de los cultivos sujetos a riego es muy superior a los de temporal. A nivel mundial el 17% de las superficies agrícolas son regadas y producen entre un 30 y 40% de la producción mundial. En México las 6.3 millones de hectáreas con riego (alrededor del 30% de la superficie agrícola del país) tienen en promedio una productividad 3.5 veces mayor que los cultivos de temporal y producen poco más del 50% de la producción agrícola nacional, aun a pesar de que se ha observado una reducción

de más de medio millón de hectáreas en la superficie cultivada que dispone de riego en los últimos 10 años.

La eficiencia del riego en el mundo es cercana al 40%. Esta baja eficiencia es debida a pérdidas de agua durante la conducción y en su manejo una vez que llega al cultivo. En México se calcula que la eficiencia en el transporte es cercana al 65% y la eficiencia en el manejo en la parcela (debido al método por gravedad e inundación que se utiliza) es del 70%, lo que da una eficiencia global cercana al 45%. El uso de tecnología apropiada en México, como el uso de riego presurizado podría aumentar la eficiencia global hasta en un 60%, lo que implicaría un ahorro de agua de más de 12 km³ al año. El tipo de cultivo también es un factor importante en el consumo, ya que los diversos cultivos requieren diferentes volúmenes. Por ejemplo, para producir un kilo de papa se requieren cerca de 500 litros de agua, mientras que para producir un kilo de maíz (el cultivo más extendido en el país) la cantidad está en el orden de 1 400 litros.

El uso del agua para fines agrícolas afecta los ecosistemas acuáticos naturales, ya que los productos de las actividades agrícolas como el fósforo y el nitrógeno provenientes de los fertilizantes promueven la eutroficación con daños severos en la vida acuática. Además, la disminución del volumen de agua de los ríos debido a la extracción para uso agrícola disminuye su capacidad de dilución y purificación.

Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. *Compendio Básico del Agua en México*. México. 2002.
WRI. *Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems*. World Resources Institute. U.S.A. 2000.

Las regiones del país que tienen una mayor extracción destinada al consumo de agua son las del Lerma-Santiago-Pacífico, Pacífico Norte, Río Bravo y Balsas, mientras que las de menor consumo son Pacífico Sur, Frontera Sur y la Península de Yucatán (Figura 4.5). El 60% del agua consumida proviene de fuentes superficiales y el resto de fuentes subterráneas, pero existen diferencias marcadas al interior del país entre la proporción de agua superficial y subterránea que se utiliza. Por ejemplo, en las regiones del Pacífico Norte, Golfo Norte y

Pacífico Sur, el agua procede, en mayor medida, de fuentes superficiales (86, 79 y 75% respectivamente), mientras que en las regiones de las Cuencas Centrales del Norte, Lerma-Santiago-Pacífico, Valle de México y la Península de Yucatán se utiliza una fracción considerable de aguas subterráneas (69, 49, 50 y 89% respectivamente) (Figura 4.6).

Si bien el uso de agua superficial se mantuvo prácticamente sin cambios en todas las regiones del país durante el periodo de 1998-2000, el uso de agua subterránea

Tabla 4.7. Disponibilidad de agua por región hidrológica administrativa, 2000.

Región administrativa	Población año 2000 (millones)	Disponibilidad*	Disponibilidad natural (hm ³)	Disponibilidad natural por habitante (m ³ /hab/año)
I Península de Baja California	2.75	Muy baja	4 425	1 609
II Noroeste	2.34	Baja	7 950	3 397
III Pacífico Norte	3.88	Media	24 474	6 308
IV Balsas	9.91	Baja	28 191	2 845
V Pacífico Sur	3.98	Media	33 133	8 325
VI Río Bravo	9.43	Muy baja	14 261	1 512
VII Cuencas Centrales del Norte	3.79	Media	6 802	1 795
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	18.94	Baja	39 479	2 084
IX Golfo Norte	4.75	Media	24 339	5 124
X Golfo Centro	9.22	Alta	102 633	11 132
XI Frontera Sur	5.82	Muy alta	155 906	26 788
XII Península de Yucatán	3.25	Media	26 496	8 153
XIII Valle de México	19.42	Extremadamente baja	3 802	196
Nacional	97.48	Baja	471 891	4 841

* La calificación de disponibilidad está de acuerdo con World Resources Institute, 2000.

Fuente: Elaboración propia con datos de: **CNA. Compendio Básico del Agua en México.** México, 2002.

Mapa 4.4. Disponibilidad de agua por región hidrológica administrativa, 2000.

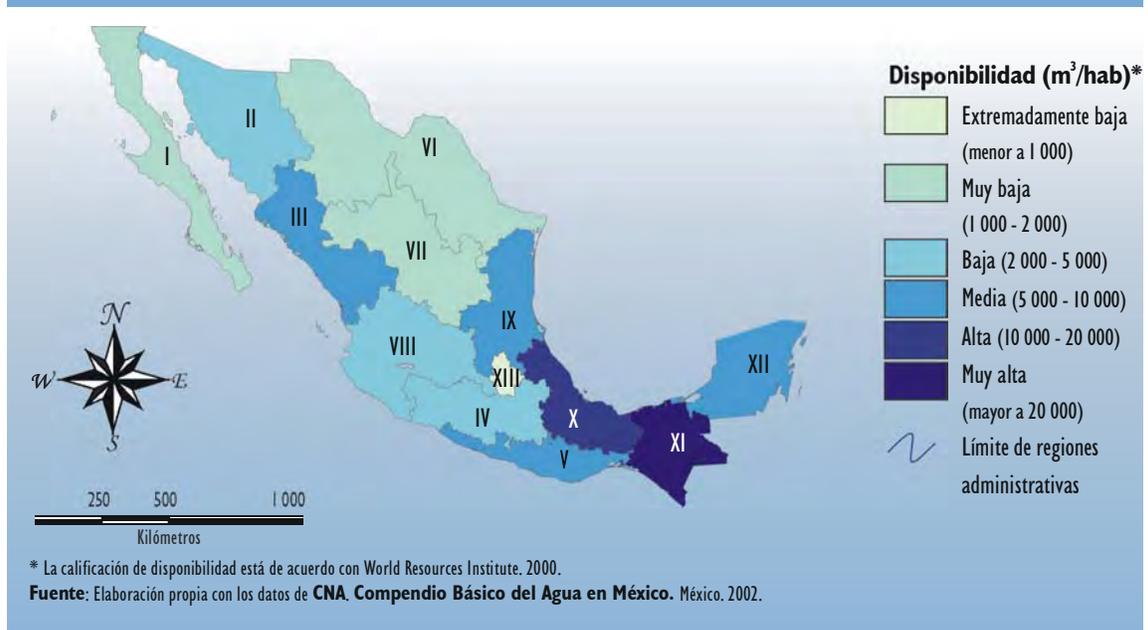


Tabla 4.8. Grado de presión sobre el recurso hídrico en las regiones hidrológicas administrativas, 2000.

Región administrativa	Disponibilidad natural (hm ³)	Extracción total anual (hm ³)	Grado de presión (%)	Categoría
I Península de Baja California	4 425	3 836	87	Fuerte
II Noroeste	7 950	6 028	76	Fuerte
III Pacífico Norte	24 474	9 224	38	Media Fuerte
IV Balsas	28 191	7 730	27	Media Fuerte
V Pacífico Sur	33 133	1 557	5	Escasa
VI Río Bravo	14 261	8 010	56	Fuerte
VII Cuencas Centrales del Norte	6 802	4 172	61	Fuerte
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	39 479	14 514	37	Media Fuerte
IX Golfo Norte	24 339	5 217	21	Media Fuerte
X Golfo Centro	102 633	3 946	4	Escasa
XI Frontera Sur	155 906	1 841	1	Escasa
XII Península de Yucatán	26 496	1 307	5	Escasa
XIII Valle de México	3 802	4 801	126	Fuerte
Nacional	471 891	72 183	15	MODERADA

Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México, 2002.

Mapa 4.5. Grado de presión sobre el recurso agua por región hidrológica administrativa, 2000.

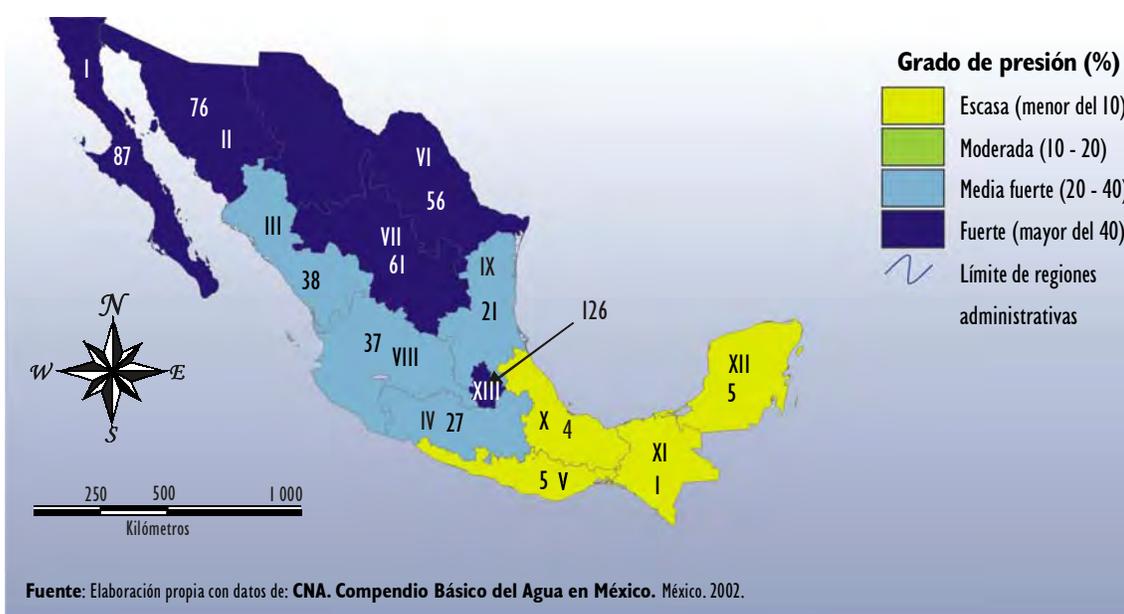
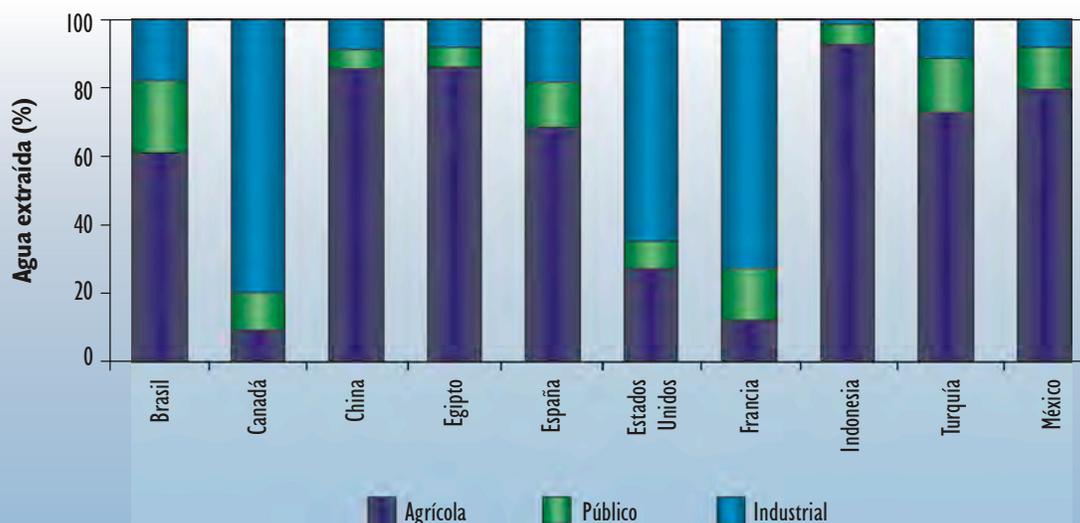
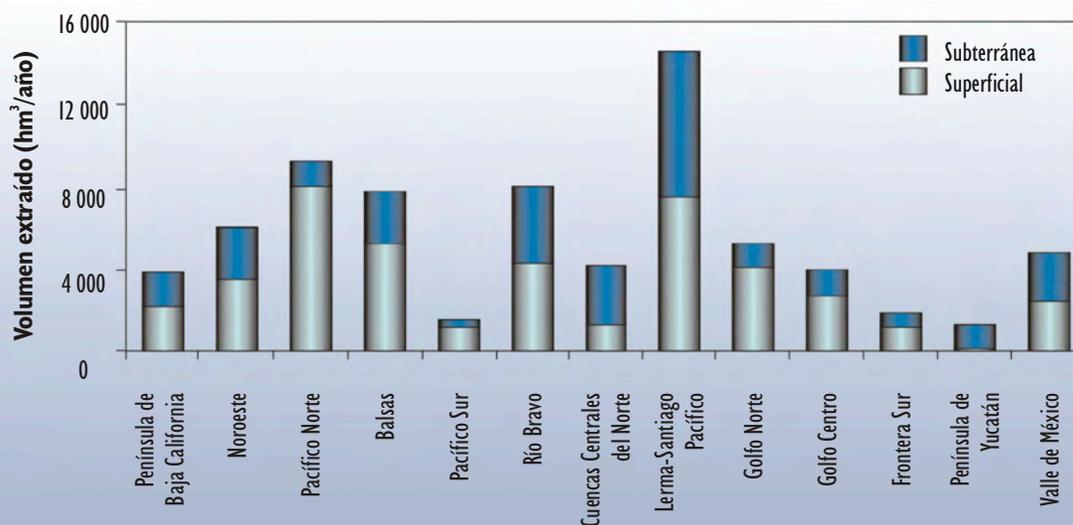


Figura 4.4. Uso consuntivo del agua en algunos países.



Fuente: Elaboración propia con los datos de CNA. **Compendio Básico del Agua en México.** México. 2002.

Figura 4.5. Volumen de extracción de agua por región hidrológica administrativa, 2000.



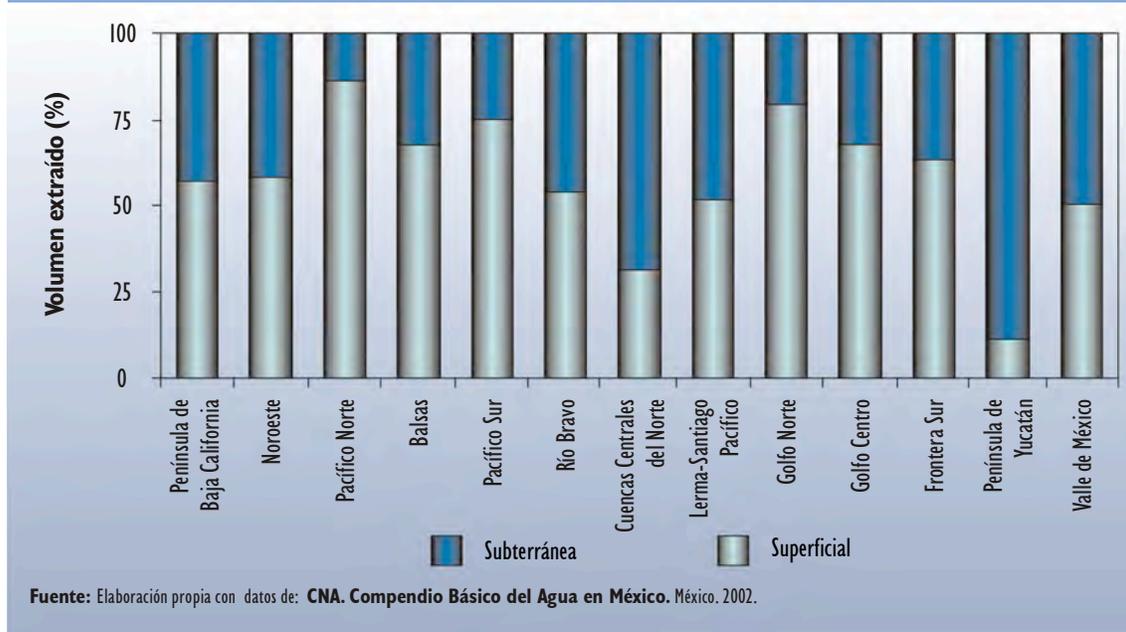
Fuente: Elaboración propia con datos de: **CNA. Compendio Básico del Agua en México.** México. 2002.

sí mostró cambios sustanciales. La región del Pacífico Norte, Cuencas Centrales del Norte y Lerma-Santiago-Pacífico incrementaron el uso de agua subterránea en 11.5, 57.6 y 12.4% respectivamente, mientras que las regiones de la Península de Baja California, Noroeste y Valle de México –

que tienen problemas severos de sobreexplotación de acuíferos –tuvieron reducciones notorias: 28, 11.5 y 7.6% respectivamente.

La proporción de agua que se dedica a distintas actividades muestra diferencias importantes. Mientras que

Figura 4.6. Procedencia del agua extraída por región hidrológica administrativa, 2000.



en la región del Pacífico Norte más del 90% del agua se destina a actividades agrícolas, en la región del Golfo Centro no alcanza el 50% (Figura 4.7). Las regiones Pacífico Sur (20.7%), Golfo Centro (16.5%), Frontera Sur (26.3%), Península de Yucatán (27.2%) y el Valle de México (35.6%) son las que, en proporción, designan más agua al uso público urbano. El agua reservada para uso industrial en general es inferior al uso público, excepto en las regiones del Golfo Norte y Golfo Centro, donde resulta superior.

El abastecimiento de agua para uso agrícola proviene principalmente de la superficial (65.8%), en contraste con el agua que se destina al uso público e industrial, que proviene en su mayor parte de fuentes subterráneas (69 y 58% respectivamente; Figura 4.8). Sin embargo, en el periodo de 1998 a 2000 se incrementó el agua subterránea utilizada para fines agrícolas en alrededor de 3 000 km³/año, volumen que representa el 52% del agua que se destinó al uso público (Figura 4.9).

Calidad del agua

La calidad del agua no es un criterio completamente objetivo, pero está socialmente definido y depende del uso que se le piense dar al líquido (WRI, 2000), por lo que cada uso

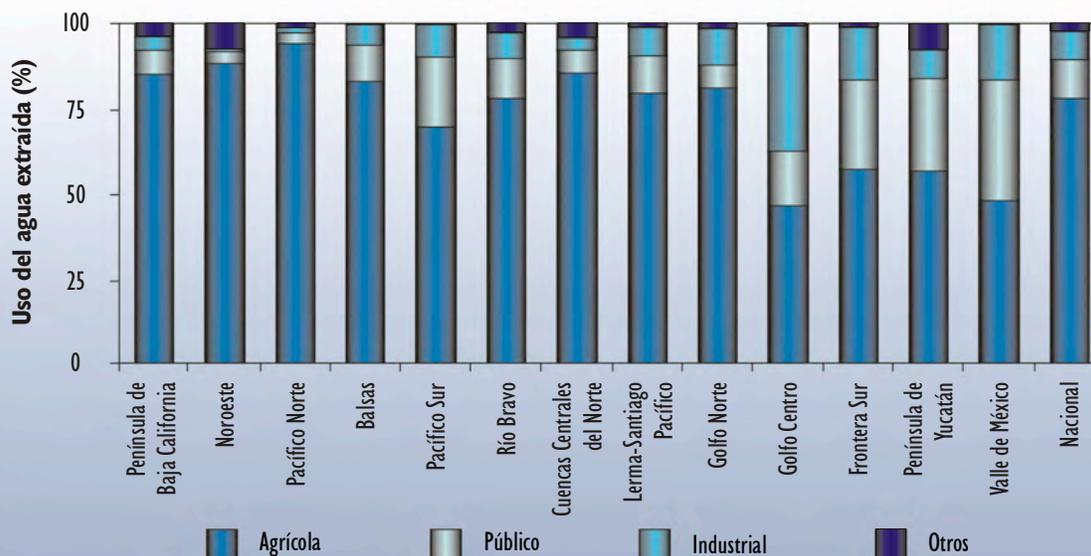
requiere un determinado estándar de calidad. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua se debe ubicar en el contexto del uso probable que tendrá.

Las estimaciones cuantitativas de la disponibilidad del agua no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que la calidad del agua en la mayor parte del mundo está lejos de ser la adecuada. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una quinta parte de la población mundial no tiene acceso a agua libre de contaminantes (FNUAP, 2001), situación que se acentúa en áreas rurales donde no existe la posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general.

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la cantidad misma de agua de los ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación.

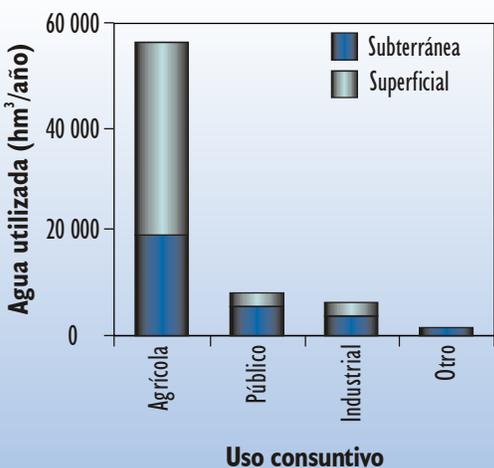
A nivel mundial en los países en desarrollo se da tratamiento a menos del 10% del agua, situación no muy diferente a la de México, donde los porcentajes están cerca del 20%, ya sea agua utilizada en servicios urbanos o

Figura 4.7. Distribución del uso del agua en las regiones hidrológicas administrativas, 2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México. 2002.

Figura 4.8. Distribución nacional del agua por tipo de uso, 2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México. 2002.

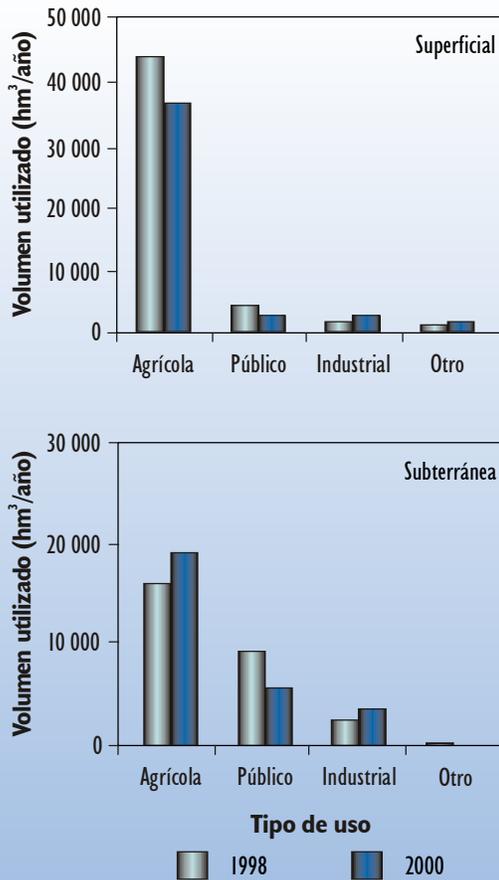
industriales (véase «Servicios y cobertura»). Esto significa que la inmensa mayoría del líquido se vierte a ríos, lagos o mares sin ningún tratamiento previo, ocasionando la contaminación de éstos y, en consecuencia, la reducción de agua disponible.

Con el fin de evaluar la calidad o grado de contaminación del agua se han desarrollado diversos índices de calidad tanto generales como de uso específico. En México se emplea el llamado Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada algunos parámetros del deterioro de la calidad del líquido (León, 1991). El índice toma valores en una escala de 0 a 100%, donde mientras mayor sea el valor mejor es la calidad. El ICA se calcula a partir de una ponderación de 18 parámetros físicoquímicos, entre los que se encuentran la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, coliformes, fosfatos, pH, sólidos suspendidos, etc. (Recuadro III.2.2.2).

En el año 2000, la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RMCA) contaba en su red primaria con 403 estaciones permanentes, de las cuales 215 se ubicaban en cuerpos de agua superficiales, 45 en zonas costeras y 143 en acuíferos. En la red secundaria se tenían 244 estaciones semifijas o móviles, de las cuales 227 estaban localizadas en aguas superficiales y 17 en zonas costeras.

La mayoría de los cuerpos de agua superficiales del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, lo que ocasiona distintos niveles de contaminación en

Figura 4.9. Volumen de agua utilizado por tipo de uso en 1998 y 2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Compendio Básico del Agua en México. México. 2002.

prácticamente todos estos cuerpos. Desde 1974 comenzó a operar un monitoreo de la calidad del agua de los cuerpos más importantes y en los que se habían detectado problemas de contaminación.

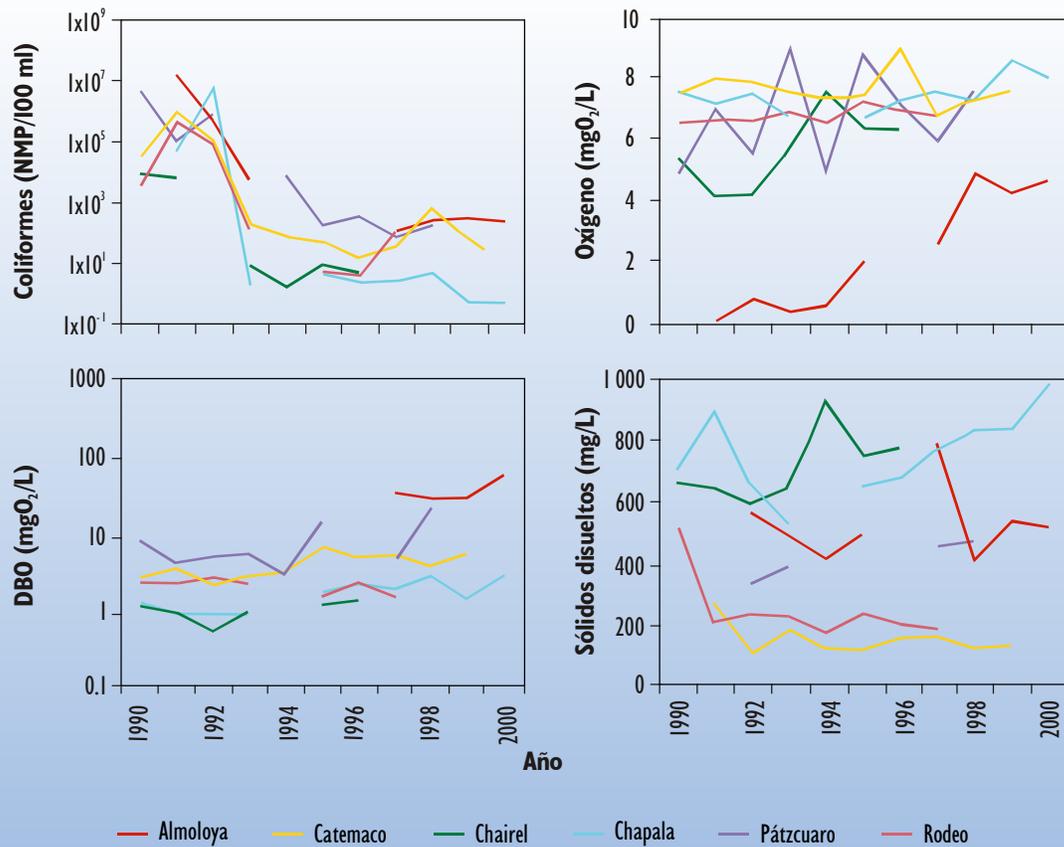
En los lagos monitoreados el hecho más notable es la disminución de la concentración de bacterias coliformes, que refleja un esfuerzo exitoso en el control de las descargas municipales a estos cuerpos de agua (Figura 4.10), destacando la reducción tan clara en el lago de Chapala. En el lago de Almoloya, si bien disminuyó la concentración de coliformes, aún se encuentra por encima del valor considerado como aceptable para uso agrícola o para fuente de abastecimiento de agua potable (Recuadro III.2.2.1).

En el caso de los demás contaminantes no se observa un patrón definido que indique el éxito en su control. La mayoría muestra oscilaciones alrededor de los valores que se registraron a principios de los años 90. Incluso en algunos cuerpos de agua se detectan ligeras tendencias a la alza, por ejemplo, en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en prácticamente todos los lagos. Aunque no existe un criterio definido para evaluar la calidad de este contaminante (Recuadro III.2.2.1), se considera que el agua no contaminada debe tener una DBO menor a 2 mg/L y ésta no debe ser mayor a 5 mg/L, cuando el agua se destina al consumo humano. Si utilizamos este parámetro, los lagos de Catemaco y Pátzcuaro todavía están por arriba de esos valores. Los valores altos de DBO y su constancia en el tiempo indican una falta de control de desechos municipales e industriales (esto último se infiere por el cociente DBO/DQO mayor a tres, lo cual es señal de contaminación industrial), así como una deficiencia en el tratamiento del agua antes de ser vertida. La concentración de oxígeno disuelto muestra fuertes variaciones pero, en general, se ha mantenido en valores aceptables excepto para el caso del lago de Almoloya. En sólidos disueltos, los lagos de El Rodeo y Catemaco muestran disminuciones, mientras que Chairel, Chapala y Pátzcuaro presentan una tendencia a aumentar (Figura 4.10, Cuadros III.2.2.1, III.2.2.2, III.2.2.3, III.2.2.4, III.2.2.5 y III.2.2.6).

A diferencia de los lagos, en los ríos monitoreados no se observa ninguna tendencia clara en ninguno de los contaminantes que muestre una mejor condición de esos cuerpos de agua de 1990 a la fecha. Resaltan algunos casos como el de los ríos Tula, Balsas y Papaloapan que siguen con valores muy altos de coliformes; la DBO ha sufrido una reducción marcada en los ríos Tula y Balsas y un incremento en el Lerma y el Colorado. Los niveles de oxígeno disuelto son aceptables excepto en el Lerma. El río San Juan tiene problemas serios con sólidos disueltos (Figura 4.11, Cuadros III.2.2.7, III.2.2.8, III.2.2.9, III.2.2.10, III.2.2.11, III.2.2.12, III.2.2.13, III.2.2.14 y III.2.2.15). A nivel nacional, las cuencas más contaminadas son las del Lerma, Alto Balsas, Blanco y la de San Juan en Nuevo León; las menos contaminadas, las de los ríos Grijalva y Usumacinta.

La información del Índice de Calidad del Agua de 2001, estimada a partir de los datos de la Red Nacional de Monitoreo,

Figura 4.10. Calidad del agua en algunos lagos de México, 1990-2000.



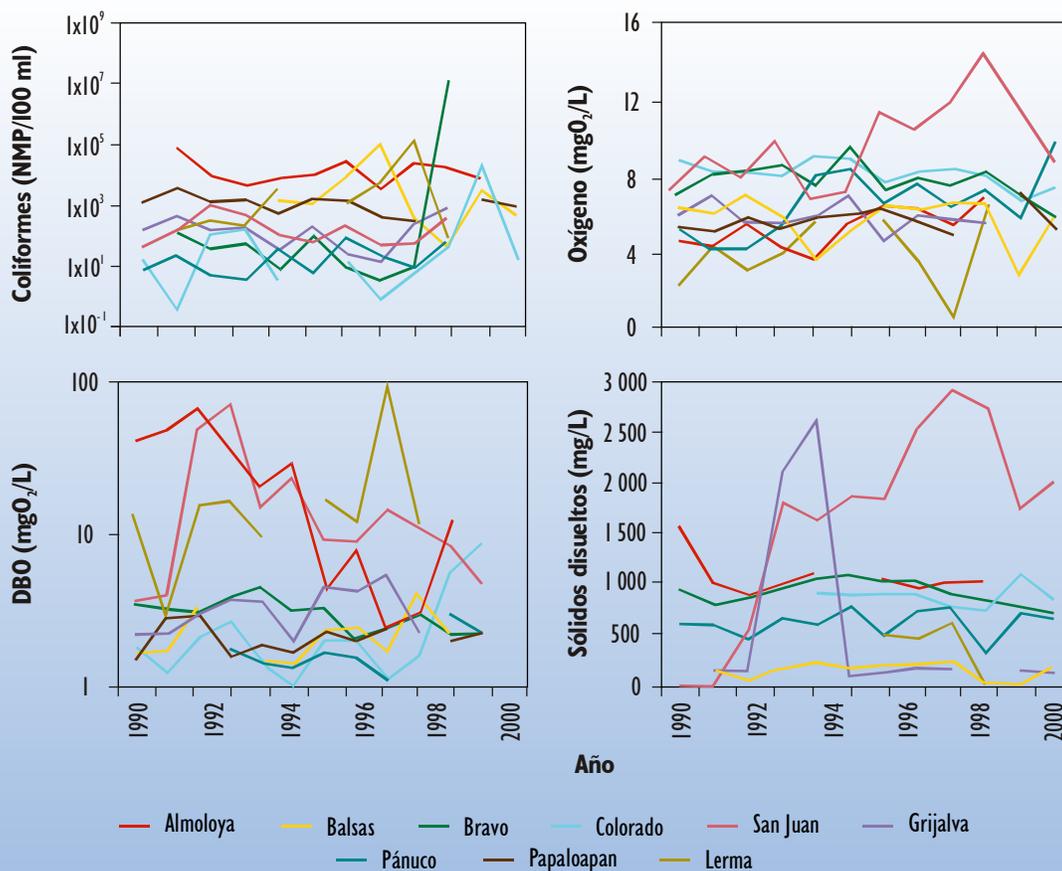
Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. 2002.

muestra que sólo el 6% de los cuerpos de agua monitoreados están en la categoría de excelente (valores de ICA mayores a 85) y el 20% tiene valores de entre 70 y 84, lo cual se considera aceptable. La mayor proporción (51%) se encuentra en el intervalo de 50 a 69, que corresponde – según el uso al que se destine – a: 1) requiere de tratamiento mayor para usarse como abastecimiento público, 2) es aceptable, mas no recomendable para uso recreacional, 3) puede afectar especies sensibles de vida acuática, 4) no requiere tratamiento para su uso agrícola o industrial y 5) no tiene problemas para su uso con fines de navegación (Recuadro III.2.2.3). El 16% de los cuerpos de agua están en la categoría de contaminados dentro del intervalo de 30 a 49, valores con los que el líquido sólo podría tener uso industrial o agrícola con tratamiento; su empleo para otros

fines sería dudoso. Por último, el 6% de los cuerpos de agua monitoreados se encuentran altamente contaminados (ICA menor a 30), que los vuelve prácticamente inaceptables para cualquier uso (Figura 4.12).

En cuanto a las regiones hidrológicas administrativas, la que tiene mayores problemas de contaminación es el Valle de México, con un 70% de sus cuerpos de agua monitoreados altamente contaminados. Después figura la Península de Baja California, con un 27%. La región del Noroeste es la que presenta el agua de mejor calidad con el 88% de sus cuerpos de agua en la categoría de aceptable. Las demás regiones están en la categoría de poco contaminadas, concentrando la mayor parte en la categoría de poco contaminados (Cuadro II.2.2.19).

Figura 4.II. Calidad del agua en algunos ríos de México, 1990-2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. 2002.

Al comparar los valores de ICA del año 2001 con los obtenidos en 1998 se observa que las regiones del noroeste y Balsas mejoraron sensiblemente su calidad del agua, en contraste con las regiones del Río Bravo, Cuencas Centrales del Norte, Pacífico Sur, Golfo Centro, Frontera Sur y Valle de México, que mostraron un mayor deterioro en la calidad de sus aguas.

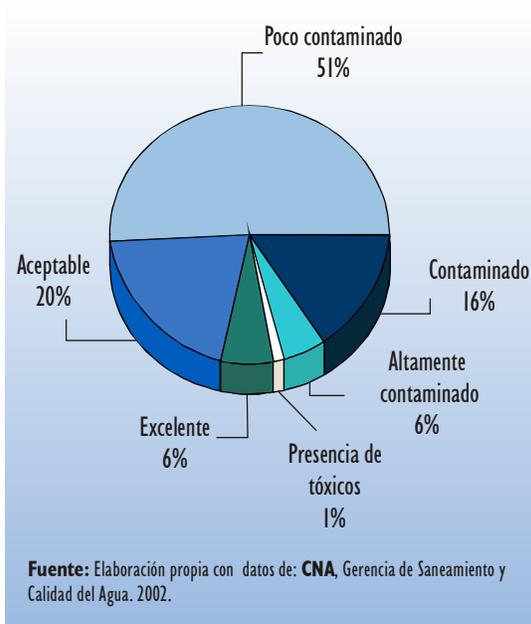
Servicios y cobertura

La cobertura mundial estimada de agua apta para el consumo humano es de alrededor de 82% (PNUMA, 2002), con grandes contrastes. Por ejemplo, países como Estados Unidos, Francia y Canadá tienen coberturas prácticamente del 100%, mientras que el promedio de África apenas llega al 62%. En

2000 en México se tenía identificada una cobertura de agua potable de 87.8%, ligeramente superior a la estimada para toda América Latina y el Caribe: 85% (PNUMA, 2002). En el periodo de 1990 a 2000 casi 19 millones de personas más tuvieron acceso a agua potable, lo que equivale en términos reales a siete millones más que el incremento total de la población en ese mismo periodo. La cobertura en zonas urbanas pasó de 88.4 a 94.6%, mientras que en zonas rurales la cobertura siguió siendo considerablemente menor al pasar de 51% en 1990 a 68% en 2000.

Al interior del país, durante el mismo periodo todos los estados incrementaron en términos reales la cobertura de este servicio (Cuadro III.2.3.1), aunque existen diferencias importantes en la cobertura y los esfuerzos que ha realizado

Figura 4.12. Distribución de la calidad del agua (ICA) en cuerpos de agua superficiales, 2001.



cada uno. Mientras que entidades como el Distrito Federal, Aguascalientes, Colima y Coahuila tienen coberturas superiores al 97%, Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Veracruz y Guerrero no llegan al 75% (Mapa 4.6). También son notorias las diferencias que se manifiestan en los esfuerzos por incrementar la cobertura, por ejemplo Yucatán la incrementó en cerca de 25% para alcanzar un valor de más del 90% en 2000. En contraste, estados como Veracruz enfrentan un problema grande, ya que las tasas de crecimiento del servicio, aunque altas, resultan insuficientes para lograr niveles de cobertura aceptables a corto plazo (véase **Medidas del desempeño ambiental**).

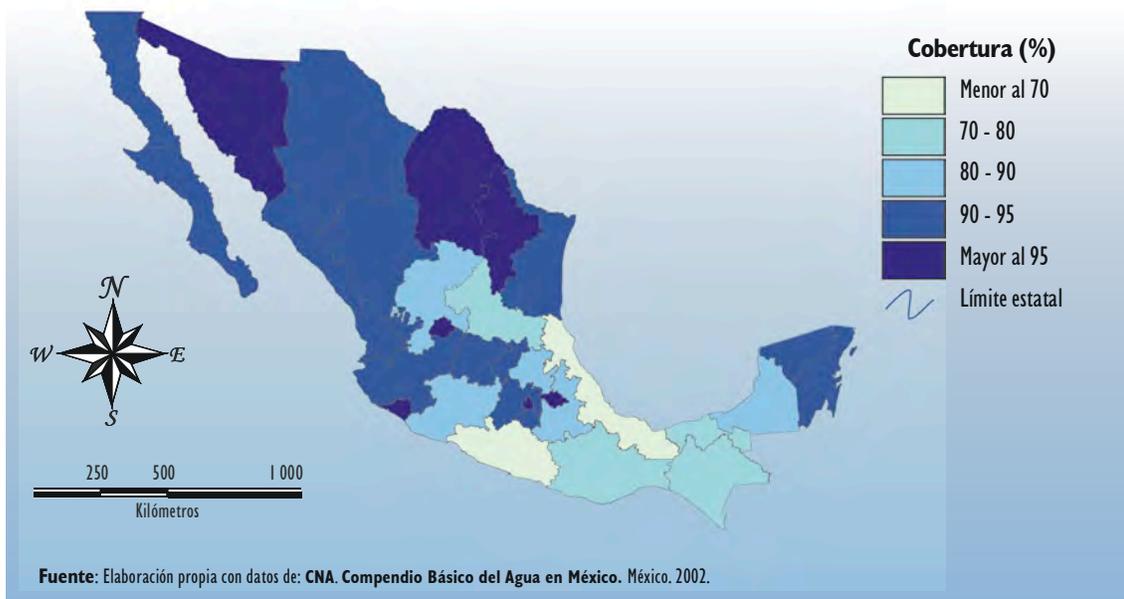
En México, al igual que en el resto del mundo, se realizan más esfuerzos para suministrar agua de calidad aceptable al consumo humano que para servicios de alcantarillado y drenaje. En 2000 la cobertura de alcantarillado en México fue de 76%, valor ligeramente inferior a lo estimado para América Latina y el Caribe, que es del 78% (PNUMA, 2002). Al igual que en la cobertura de agua potable, también en alcantarillado y drenaje existen diferencias muy marcadas entre las zonas urbanas y rurales. En las primeras se alcanzó una cobertura del 90% en 2000, mientras que en las segundas apenas se cubrió el 37%.

Aunque todos los estados tuvieron un incremento de la cobertura en el periodo de 1990 a 2000, existen diferencias notables. En el Distrito Federal, Aguascalientes, Jalisco y Nuevo León se tienen coberturas mayores al 90%, mientras que en los estados de Oaxaca y Guerrero no llegan al 50% (Mapa 4.7). Las entidades que tuvieron los mayores incrementos en su cobertura fueron Chiapas, Hidalgo, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala y Zacatecas con aumentos superiores al 20% en los últimos diez años (Cuadro III.2.3.4). Los estados que tienen mayores diferencias entre la cobertura de agua potable y alcantarillado son Yucatán (39.1%), Oaxaca (29.1%) y Campeche (23.9%). El Distrito Federal, Aguascalientes, Colima, Jalisco y Nuevo León tienen diferencias pequeñas que son inferiores al 5%.

El suministro de agua de buena calidad en los sistemas de abastecimiento es importante para la salud e higiene de la población, razón por la cual es necesaria la construcción de instalaciones específicas para potabilizar el agua de acuerdo con la normatividad. A nivel nacional en el año 2000 se suministraron 312 007 litros por segundo para consumo humano, de los cuales el 94% fue por lo menos desinfectado y el 27% fue potabilizado, en su gran mayoría por el proceso de clarificación completa (Cuadros III.2.3.7 y III.2.3.10).

Estas cifras significan que se suministran alrededor de 268 litros por día por habitante en promedio a nivel nacional, lo cual está por arriba de lo mínimo recomendable según la ONU: 50 litros diarios por habitante para cubrir las necesidades mínimas básicas (alimento y aseo) y 100 litros para satisfacer las necesidades generales (FNUAP, 2001). Considerando todo el Estado en su conjunto, Baja California Sur, Colima, Chihuahua, Durango, Morelos, Sonora y Yucatán tienen suministros superiores a los 400 litros diarios por habitante, mientras que Chiapas y Puebla no llegan a los 150 litros. Cabe resaltar el caso de Oaxaca, ya que el suministro apenas alcanzó los 87 litros diarios por habitante y de éstos sólo el 55% fueron desinfectados. El agua potable

Mapa 4.6. Cobertura de agua potable, 2000.



Mapa 4.7. Cobertura de alcantarillado, 2000.



(esto es, el líquido que atravesó un proceso de potabilización completo y no sólo de desinfección) suministrada fue de sólo 68 litros diarios por persona, en promedio a nivel nacional. Tamaulipas tiene el mayor volumen por habitante con poco

más de 300 litros diarios de agua que se potabiliza por persona, mientras que estados como Baja California Sur, Colima, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Zacatecas no tienen plantas potabilizadoras (Cuadro III.2.3.7).

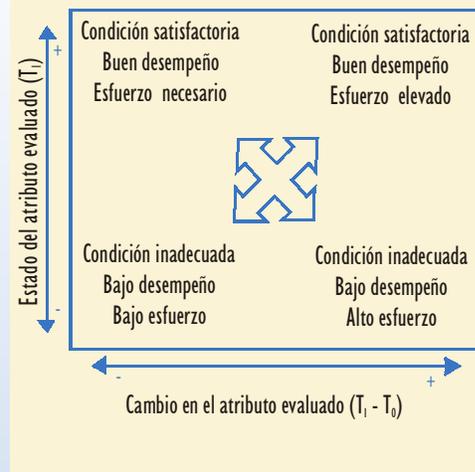
Medidas del desempeño ambiental

Los desafíos que enfrentan los gobiernos en la actualidad de hacer un uso adecuado de los recursos naturales, así como proveer de los servicios que demanda la población, implican que las políticas y los programas estén fundamentados en información lo más objetiva y completa posible. En este sentido, la evaluación de la situación que guardan tanto los componentes del ambiente (aire, agua, suelo, etc.), la cobertura de los servicios, como el avance que han tenido sus programas deberían ser elementos mínimos de información de los tomadores de decisiones.

Actualmente se ha estado trabajando en el desarrollo de indicadores ambientales que midan tanto la situación como el desempeño ambiental. Buenos indicadores serán aquellos que puedan ser objetivamente cuantificados y tengan la suficiente sensibilidad como para medir el éxito o fracaso de una acción de gobierno en un periodo determinado. En este contexto, los análisis comparativos pueden ser de gran utilidad para analizar el desempeño ambiental.

Existen diversas formas de mostrar el desempeño comparativo de un conjunto de elementos. Uno de ellos es el llamado diagrama de estado-esfuerzo. En éste se evita la medida clásica de cambio relativo (magnitud de la diferencia del atributo entre dos tiempos dividido por el valor del parámetro en el tiempo inicial), ya que tiende a sobreestimar a los elementos que inician con valores bajos y subestimar a los que inician con valores altos (por ejemplo, en un estado con cobertura cercana al 100% los cambios serán mínimos aunque su situación general sea

Figura a. Modelo estado-esfuerzo.



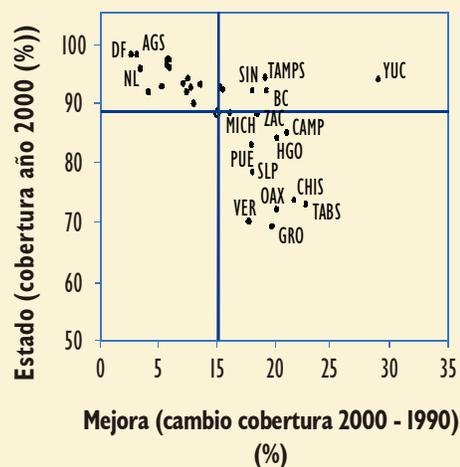
adecuada). En un diagrama como éste (Figura a), se pueden identificar zonas en la gráfica que pueden ser fácilmente interpretadas en el contexto del estado que tiene el elemento y su cambio en el tiempo.

A manera de ejemplo, utilizando la información sobre la cobertura del servicio de agua potable de los diferentes estados del país, es evidente que los estados de Aguascalientes y Distrito Federal tienen una cobertura alta que muestra su buen desempeño aunque no tengan incrementos relativos importantes (Figura b). En contraste, Yucatán muestra un esfuerzo grande que ahora lo coloca con una cobertura adecuada. Estados como Veracruz y Guerrero, aunque tuvieron una mejora sustancial (sus cambios relativos son altos), mantienen todavía una condición de cobertura baja.

Otra manera de representar el desempeño es mediante un diagrama de estado del elemento al tiempo inicial con respecto al final (Figura c).

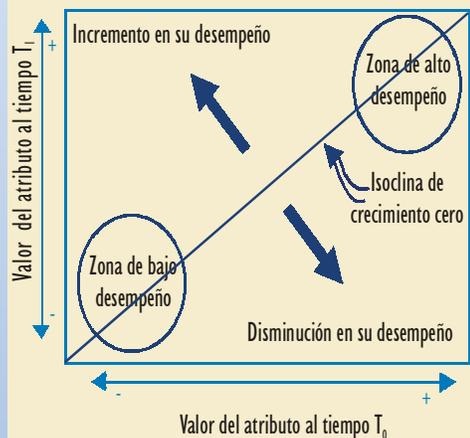
Medidas del desempeño ambiental (continuación)

Figura b. Cobertura de agua potable.



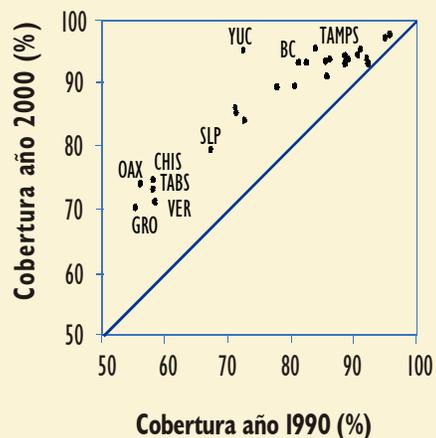
La distancia de la línea es una medida de la mejora o disminución de la cobertura del servicio. En el caso de variables en que la medida de desempeño esté relacionada con el tamaño de la población, es importante considerar el cambio de la población en el periodo ya sea con coberturas relativas (como en el caso del servicio de agua potable o de alcantarillado) o bien calculando cocientes como el de agua potable por habitante. Por ejemplo, es evidente en la Figura d que todos los estados tuvieron un incremento real de la cobertura del servicio, ya que ésta creció en términos reales más que la población (un estado que hubiese incrementado su servicio exactamente al mismo ritmo que la población se localizaría sobre la línea) y que los mayores cambios se dieron en los estados que iniciaron el periodo con las menores coberturas, excepto en el caso de Yucatán que tuvo un incremento muy evidente.

Figura c. Modelo estado T_0 .



En este diagrama la línea representa la situación de no cambio (isocлина de crecimiento cero), la zona por encima de la línea indica una mejora y por debajo un decremento de la cobertura. En estos diagramas la

Figura d. Cobertura de agua potable.



El tratamiento de aguas residuales tanto municipales como industriales en términos generales es bajo. En el año 2000 se contaba con 1 018 sistemas municipales para el tratamiento de aguas con una capacidad instalada de 75.9 m³/seg, de los cuales sólo 793 estaban en operación (77.8%) con un gasto tratado de 45.9 m³/seg (60.5%). Los estados de Nuevo León, México, Baja California, Chihuahua, Distrito Federal y Sonora, en conjunto, tratan cerca del 50% del agua residual municipal nacional colectada en las alcantarillas (Cuadros III.2.3.14 y III.2.3.15).

En ese mismo año se estimó que los centros urbanos generaron 250 m³/seg de aguas residuales, de los cuales el 80% (200 m³/seg) se colectó en el alcantarillado y de éstos el 23% (45.9 m³/seg) recibió algún tipo de tratamiento. Al conjuntar la eficiencia de captación y procesamiento del agua se tiene que a nivel nacional sólo el 18.3% del agua residual municipal es tratada antes de ser vertida a los cuerpos de agua. La proporción de agua tratada en México, aunque baja, está por encima del promedio de América Latina, que apenas llega al 13%. La mayor parte del agua tratada en México recibe tratamiento secundario mediante lodos activados y lagunas de estabilización, procesos que tienen una eficiencia para la remoción de DBO de entre un 80 y 90% (Cuadros III.2.3.16, III.2.3.17, III.2.3.18 y III.2.3.20, véase *Tratamiento de aguas residuales*).

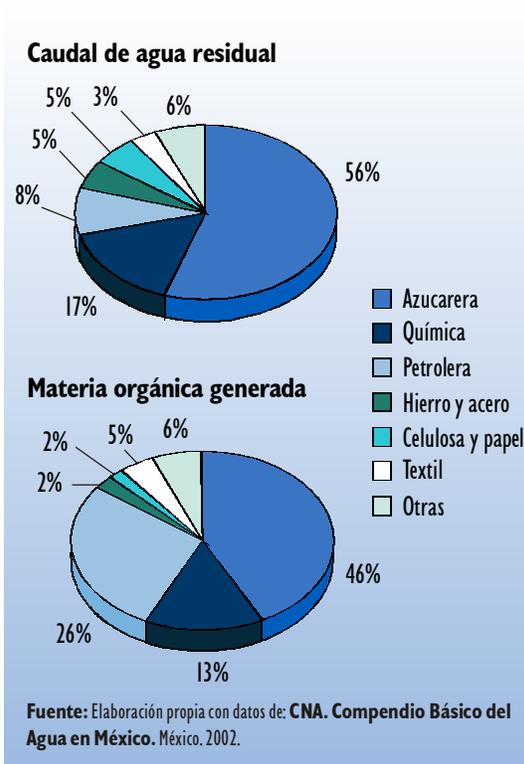
A nivel nacional en el año 2000 se trataron en promedio 39.8 litros diarios de agua residual por habitante, con grandes diferencias entre los estados, ya que Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Durango y Nuevo León procesaron volúmenes por encima de 100 litros diarios por persona, mientras que Campeche, Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Veracruz no llegaron a los 10 litros diarios por habitante.

Un indicador aproximado¹ del esfuerzo que hacen los estados para tratar el agua es la relación entre el agua suministrada a la población y el agua tratada. Las entidades que procesan en mayor proporción el agua que suministran a su población son Nuevo León, Aguascalientes y Baja California, con una relación entre el agua tratada y la suministrada mayor al 40%; en contraste, Puebla, Veracruz, Yucatán, Zacatecas, Campeche, Chiapas e Hidalgo no alcanzan el 5%.

Las industrias en todo el país emplean alrededor de 6 km³/año de agua y descargan 5.36 km³ (170 m³/seg) de aguas residuales que se traducen en más de 6 millones de toneladas de DBO al año. De esta cantidad, sólo el 13% es removido en los sistemas de tratamiento, ya que casi un 45% del volumen de líquido procesado en las plantas de tratamiento de aguas industriales es manejado mediante un método primario que remueve principalmente partículas grandes no disueltas, con eficiencias de remoción de DBO inferiores al 40%. Las industrias que contribuyen con más carga de contaminantes son la azucarera, química y petrolera (Figura 4.13).

En el año 2000 el país contaba con 1 479 plantas de tratamiento de agua residual industrial que procesaban apenas 25.3 m³/seg (14.9%) del agua generada. Además del bajo volumen de agua tratada, sólo el 35% (8.8 m³/seg)

Figura 4.13. Distribución del caudal y materia orgánica generada en aguas de desechos industriales, 2000.



¹ Es aproximado debido a que en los sistemas de alcantarillado, además del agua que se suministra, también reciben agua proveniente de las lluvias.

Tratamiento de aguas residuales

Tratamiento primario. Consiste principalmente en medios mecánicos para la remoción de partículas grandes y no disueltas en el agua. Utiliza cribas, mallas de filtrado, trampas de grasa, tanques desarenadores, tanques de sedimentación, floculadores, aplicación de químicos, etc. Remueve cerca del 60% de los sólidos suspendidos y hasta el 35% de la DBO.

Tratamiento secundario. Involucra medios mecánicos para la remoción de partículas grandes y procesos biológicos tanto aerobios como anaerobios. Se utilizan lodos activados, filtros percoladores, reactores anaerobios, biodiscos, etc. Remueve sólidos suspendidos, nitratos, fosfatos, metales pesados, bacterias patógenas y hasta el 85% de la DBO.

Tratamiento terciario. Utiliza microfiltración, coagulación y precipitación, absorción por carbón activado, intercambio iónico, ósmosis inversa, electrodiálisis, remoción de nutrientes, cloración y la ionización.

Principales procesos de tratamiento de aguas residuales

Lagunas de estabilización. Consiste en retener el agua contaminada en estanques poco profundos durante períodos de suficientemente largos para provocar la degradación de la materia orgánica contaminante por medio de la actividad microbiológica. La eficiencia para la remoción de DBO se encuentra entre el 80 y el 90%, aunque es afectada por la temperatura ambiente.

Lodos activados. Involucra la producción de una masa activa de microorganismos capaces de remover la materia orgánica presente en el agua. La función del lodo activado es absorber y flocular; contiene una población activa de microorganismos, por lo que es un proceso de contacto aeróbico y requiere de un abastecimiento constante de oxígeno. La eficiencia para la remoción de DBO se encuentra en el rango de los 85 al 90%.

Tanque séptico. Consiste en un recipiente cerrado e impermeable que ofrece un tratamiento primario a las

aguas residuales, llevando a cabo una oxidación anaerobia que remueve los sólidos suspendidos y los fragmenta anaeróbicamente. Únicamente remueve alrededor del 45% de la DBO.

RAFA. El reactor anaerobio de flujo ascendente cuenta con un sistema de separación gas-líquido-sólido que evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas y la decantación de los flóculos. Produce una remoción media de los sólidos suspendidos totales y de entre un 35 y 55% de la DBO.

Filtros biológicos. Son filtros que mantienen colonias de bacterias y que son atravesados por la corriente de agua a limpiar, con esto se logra que el agua y las bacterias participen en el reciclaje. Su efectividad está cerca del 80% de DBO removido.

Tanque Imhoff. Consiste en un tanque séptico de forma cilíndrica en el cual se lleva a cabo el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales. Posee un dispositivo decantador que evita que los gases y sólidos en suspensión se mezclen, mejorando así la sedimentación y la digestión. Remueve aproximadamente el 60% de la DBO.

Zanjas de oxidación. Son zanjas poco profundas, que reciben aguas residuales crudas y las tratan con procesos de estabilización natural. La actividad anaerobia produce la estabilización parcial de los lodos y libera la materia orgánica en forma soluble para su mayor degradación en la zona aerobia. Remueve alrededor del 85% de la DBO.

Tratamiento anaerobio. Se realiza por medio de la hidrólisis de los compuestos orgánicos complejos, los cuales producen unidades menores que son transformadas en metano y bióxido de carbono por los microorganismos metanogénicos.

Primario avanzado. Incluye la filtración por arena o grava y la desinfección con cloro, luz ultravioleta u ozono. Permite una depuración significativa de organismos patógenos, sólidos suspendidos, DBO, fósforo, H_2S y metales pesados.

Tratamiento de aguas residuales (continuación)

Lagunas de aireación. Son embalses de escasa profundidad, donde la oxigenación de las aguas residuales se realiza mediante unidades de aireación, la cual mantiene los sólidos en suspensión y proporciona oxígeno disuelto a toda el agua. La depuración la realizan bacterias anaerobias. Retienen la mayoría de los sólidos en suspensión que se depositan en el fondo. Remueven hasta un 80% de la DBO.

Biodiscos. Son tratamientos biológicos aerobios, en los cuales la población bacteriana se autorregula en función de la afluencia. Se garantiza una calidad constante del efluente. Remueven hasta un 80% de la DBO.

Biológico. Son tanques con difusores que generan burbujas de aire que aportan el oxígeno necesario para la degradación aerobia de la materia orgánica disuelta en el agua residual.

Dual. Consiste en la degradación de la materia orgánica del agua residual por métodos biológicos. En este proceso las aguas son fuertemente aireadas para estimular el crecimiento de bacterias aerobias y otros microorganismos que oxidan la materia orgánica a bióxido de carbono y agua.

Digestor anaerobio. Consiste en el calentamiento de las aguas residuales para una mayor producción de gas, seguido de una sedimentación estática y la separación de los sólidos. Es un tratamiento aeróbico y de lodos.

cumple con las condiciones particulares de descarga descritas en la NOM-001-ECOL. Veracruz es el estado que más descargas produce y también el que más agua residual procesa (cerca del 40% del total nacional), seguido por Nuevo León, Michoacán y Tamaulipas (Cuadros III.2.3.24, III.2.3.25 y III.2.3.27).

Referencias

- Cenapred. *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México*. Cenapred. México. 2001.
- CNA. *Compendio Básico del Agua en México*. CNA. México. 2002.
- CNA. *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. CNA. México. 2001.
- Conabio. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Conabio. México. 1988.
- FNUAP. *El estado de la población mundial 2000. Huellas e hitos: población y cambio del medio ambiente*. 2001.
- León, L. F. *Índice de Calidad del Agua*, ICA. Inf. # SH-9101/01. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 1991.
- OCDE. *Análisis del desempeño ambiental: México*. OCDE Francia. 1998.
- OECD. *OECD in figures: statistics on the member countries*. Supplement I. France. 2002.
- PNUMA. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3*. Grupo Mundi-Prensa. España. 2002.
- WRI. *Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems*. World Resources Institute. U.S.A. 2000.



5. AIRE

La población y el estado del ambiente están estrechamente relacionados. El hombre siempre ha hecho uso de los recursos naturales y modificado al ambiente para tener mejores condiciones para su desarrollo. Sin embargo, a partir del año 1900, en buena medida debido al crecimiento poblacional explosivo, la industrialización y las pautas de consumo, se ha intensificado la extracción y el uso de los recursos sin que se haya avanzado en la misma magnitud en el manejo de los desechos producidos. Los residuos de las diferentes actividades humanas se han venido descargando al ambiente con la idea de que los ecosistemas tendrían la capacidad de absorberlos o «limpiarlos» sin que se generaran problemas. El resultado es que hoy en día las huellas de la actividad humana son evidentes en prácticamente cualquier lugar del planeta, por más alejado que se encuentre. La degradación del suelo y los problemas con la calidad del agua y el aire están extendidos ampliamente en el mundo.

El crecimiento rápido y la concentración de la población en áreas urbanas frecuentemente están asociados a una mayor presencia de actividades industriales, incremento del parque vehicular y elevado consumo de combustibles, que contribuyen a agudizar el problema de la contaminación atmosférica. La calidad del aire en México es una preocupación permanente, ya que los signos más evidentes de la disminución en su calidad, como la menor visibilidad y el incremento en las molestias y enfermedades asociadas a la contaminación, son ya cotidianos en las principales ciudades del país.

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera no sólo tienen efectos a nivel local en la salud de las personas o en el estado de sus pertenencias (como el deterioro de los monumentos arquitectónicos), sino también a nivel regional, como es la afectación de los bosques y ecosistemas acuáticos debido a las lluvias ácidas (como ocurrió en el norte de Europa y está sucediendo actualmente en China) o, incluso, a nivel mundial, como el cambio climático y la reducción

del espesor de la capa de ozono estratosférico que ya afecta severamente la Antártida y otras regiones del mundo (PNUMA, 2002).

Ante este escenario resulta fundamental contar con un diagnóstico de la situación del aire en México que incluya tanto un análisis a nivel local, esto es, de las principales ciudades del país, como una evaluación del papel de nuestro país ante dos de los grandes problemas mundiales: el cambio climático global y el agujero de la capa de ozono. En este contexto, el análisis de la situación del aire en México aquí presentado incluye información sobre el inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera, la normatividad vigente relacionada con los principales contaminantes y una descripción comparativa de la calidad del aire en las principales ciudades y zonas urbanas del país en los últimos diez años. Además, se añade información reciente del problema del cambio climático global y la disminución del espesor de la capa de ozono estratosférico, incluyendo tanto las acciones que ha tomado México al respecto como las posibles consecuencias en el territorio nacional.

Inventario de emisiones

La calidad del aire en una zona determinada, aunque es afectada por factores climáticos y geográficos, tiene una relación directa con el volumen de los contaminantes emitidos a la atmósfera. De ahí que un componente necesario en el diseño y la aplicación de cualquier programa para controlar la contaminación del aire es la información sobre las principales fuentes de contaminantes atmosféricos, así como el peso específico de cada uno de los sectores en el aporte de contaminantes a la atmósfera.

Los antecedentes del inventario de emisiones se remontan al año de 1988, cuando se implementó el Sistema Nacional del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas, así como el estudio encaminado a cuantificar las emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), este último patrocinado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón. A partir de esa fecha se ha ido ampliando la información sobre emisiones de tal forma que, actualmente, se tiene información relacionada con las emisiones de fuentes fijas para las principales zonas urbanas del país y algunos corredores industriales.

La metodología básica para elaborar el inventario de emisiones fue desarrollada por el Instituto Nacional de Ecología e incluye manuales técnicos que han permitido uniformar los criterios y métodos de estimación de las emisiones, con el fin de que los inventarios sean comparables en el tiempo y entre lugares diferentes.

El inventario está formado por las estimaciones de todas las emisiones de contaminantes que se generan en un área determinada; éstas pueden provenir de fuentes fijas, como las industrias; móviles, como los vehículos automotores, y de fuentes naturales como el suelo y la vegetación. Para fines prácticos se pueden clasificar por tipo de fuente (industria, generación de electricidad, servicios, transporte y fuentes naturales) (Recuadro III.1.1.2) o por sector (fuentes puntuales, de área, móviles y de vegetación y suelo), como se hizo para la ZMVM en el inventario más reciente (1998). A mediados de los años noventa se elaboraron los inventarios disgregados de las principales zonas metropolitanas del país: Valle de México, Guadalajara (ZMG), Monterrey (ZMM) y Valle de Toluca (ZMVT), y algunas ciudades como Mexicali, Ciudad Juárez y Tijuana.

Para el caso de la ZMVM se realizó en 1998 un nuevo inventario en el que se aprovecharon las experiencias nacionales e internacionales y se reforzaron los procedimientos de aseguramiento y control de calidad para tener una estimación más precisa de las emisiones. En este último inventario se incorporaron, además de las emisiones de los contaminantes criterio —partículas menores a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y bióxido de azufre (SO_2)— las emisiones de dos de los gases de efecto invernadero: bióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). La metodología empleada en el inventario de 1998 se utilizó para recalcular las emisiones de los inventarios de 1994 y 1996 de tal forma que se pudieran comparar. Por esta razón, es posible encontrar estimaciones diferentes de las emisiones a la atmósfera generadas en el Valle de México para la misma fecha.

De acuerdo con los inventarios de emisiones realizados a mediados de los años noventa y que todavía reflejan bien la situación de las emisiones en la actualidad, la zona que tiene una mayor emisión es la ZMVM, donde se estimó para 1996 un poco más de 3.1 millones de toneladas/año (2.5 millones de toneladas/año siguiendo la metodología del

inventario de 1998). Las otras zonas metropolitanas que tuvieron emisiones importantes fueron la ZMM con 1.9 millones de toneladas/año y la ZMG con 1.4 millones de toneladas/año.

De manera global, considerando a las seis zonas urbanas examinadas (Cuadro III.I.I.I), el transporte es la principal fuente de contaminantes con el 70% del volumen total de las emisiones a la atmósfera. Las fuentes naturales contribuyeron con cerca del 17% del total de emisiones, siendo éstas básicamente de partículas suspendidas. El sector servicios emitió un poco menos del 5% y la industria un porcentaje inferior al 3% (Cuadro III.I.I.I). El sector transporte fue responsable de la mayor parte de las emisiones de CO a la atmósfera (95%), de NO_x (70.5%) y de los hidrocarburos (HC) (43%), siendo los vehículos particulares la principal fuente; los camiones, tractocamiones y autobuses que utilizan diesel como combustible contribuyen en mayor medida en la emisión de partículas. Las fuentes naturales y principalmente el suelo desprovisto de vegetación, fueron responsables de cerca del 80% de la emisión de partículas suspendidas. Por su parte, la industria contribuyó con más del 70% del SO₂ y de un poco más del 11% de los NO_x emitidos a la atmósfera, resaltando por el volumen de emisiones la industria química, la mineral no metálica y la de productos metálicos. El sector servicios produce fundamentalmente HC, siendo sus fuentes principales el consumo de solventes y las fugas que ocurren tanto en las estaciones de servicio de combustibles como durante la distribución y almacenamiento del gas LP de uso doméstico. En la ZMVM los HC no completamente quemados también contribuyen de manera importante a la contaminación atmosférica.

En términos generales, para la ZMG la mayor cantidad de emisiones son de CO con casi 900 mil toneladas/año debido, como en las demás ciudades, a la enorme cantidad de vehículos de uso particular, de transporte de pasajeros y de carga. La emisión de partículas provenientes del suelo también alcanza valores considerables representando cerca del 22% de las emisiones totales. La ZMM tiene, además de una gran cantidad de emisiones asociadas al transporte, la mayor emisión de partículas, que se estimó en un poco más

de 800 mil toneladas/año, valor que supera en más de 20 veces al de la ZMVM y es más del doble de lo estimado para la ZMG. Otro rasgo de la ZMM es que la contribución total de emisiones por la industria es superior también al registrado en la ZMVM y ZMG. La Zona Metropolitana de Toluca, así como Ciudad Juárez y Mexicali, tienen emisiones muy por debajo de las grandes urbes, pero siguen el mismo patrón, esto es, altas emisiones de CO, NO_x e HC asociados al transporte y de SO₂ a la industria donde ésta se encuentra desarrollada como en la ciudad de Toluca. Resalta el caso de Mexicali por la alta cantidad de partículas que tienen un origen diferente al del suelo desprovisto de vegetación (por ejemplo, caminos sin pavimentar) (Cuadro III.I.I.I).

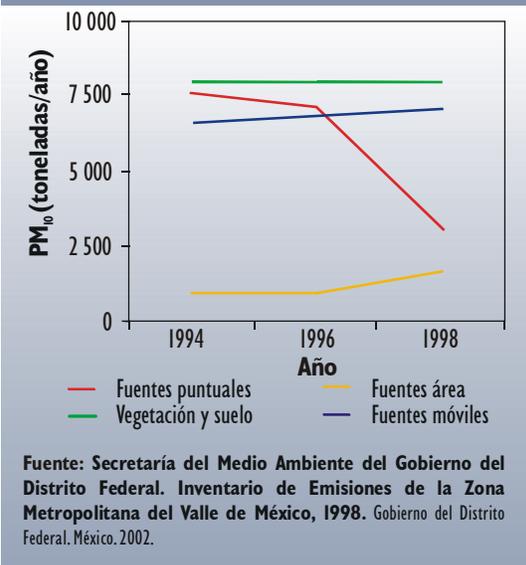
En la ZMVM para 1998 se estimó que las fuentes móviles contribuyeron con poco más de 2 millones de toneladas por año, lo que representó el 84% de las emisiones totales. Le siguen en importancia las fuentes de área con cerca del 12%; las fuentes puntuales y naturales contribuyen, en conjunto, con menos del 5%. Las fuentes móviles fueron responsables del 98% de las emisiones de CO, 80% de NO_x, 40% de HC y 36% de PM₁₀. Los vehículos particulares, debido a su gran número, fueron los emisores principales, aunque también otros vehículos que utilizan gasolina como combustible (taxis, microbuses y camiones) tienen contribuciones importantes. Para el caso de partículas, las principales fuentes fueron vehículos que utilizan diesel (Gobierno del Distrito Federal (GDF), 2000).

Las fuentes puntuales contribuyeron principalmente a la emisión de SO₂ (55%), aunque también tienen emisiones importantes de partículas (16%) y de NO_x (13%). Las industrias química, del vestido, de madera y derivados, así como la mineral no metálica, fueron las que más contribuyeron a la emisión de SO₂. Las fuentes de área fueron el origen principal de emisiones de HC (52%), siendo el consumo de solventes y las emisiones asociadas a las labores de limpieza y recubrimientos de superficies las más importantes. La contribución de las fuentes de área en la emisión de SO₂ fue de cerca del 24%, debido a procesos de combustión comercial e institucional. El suelo, principalmente el desprovisto de vegetación, fue el responsable del 40% de las PM₁₀ que se emitieron a la

atmósfera (Cuadro III.1.1.2). Cabe señalar que las emisiones de HC y NO_x son importantes ya que, además de representar cerca del 30% del total, intervienen directamente en la formación del ozono, contaminante que es el principal problema en la ZMVM.

Los cambios más importantes que se dieron durante el periodo de 1994 a 1998 en la ZMVM fueron las reducciones

Figura 5.1. Emisión de partículas menores a $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) por tipo de fuente en la ZMVM, 1994-1998.



superiores al 50% que han tenido las fuentes puntuales, tanto de PM_{10} (Figura 5.1) como de SO_2 (Figura 5.2) y de cerca del 30% de NO_x (Figura 5.3). Las emisiones de las fuentes móviles no han cambiado de manera importante, con excepción del SO_2 , que disminuyó cerca del 45% debido fundamentalmente a la mejora de las gasolinas y los combustibles industriales. Las fuentes de área han incrementado significativamente sus emisiones de CO y de

Figura 5.3. Emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) por tipo de fuente en la ZMVM, 1994-1998.

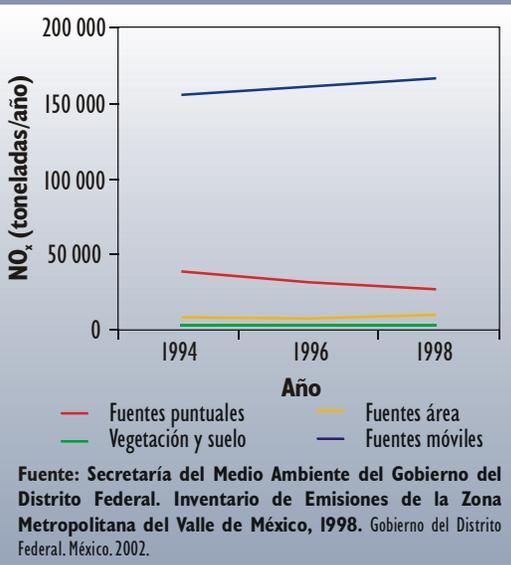
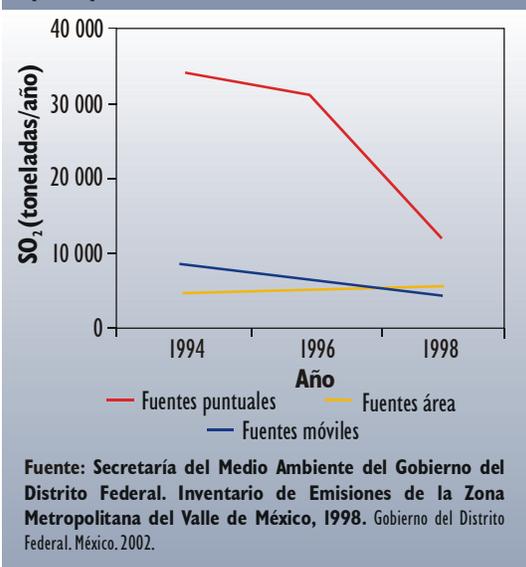


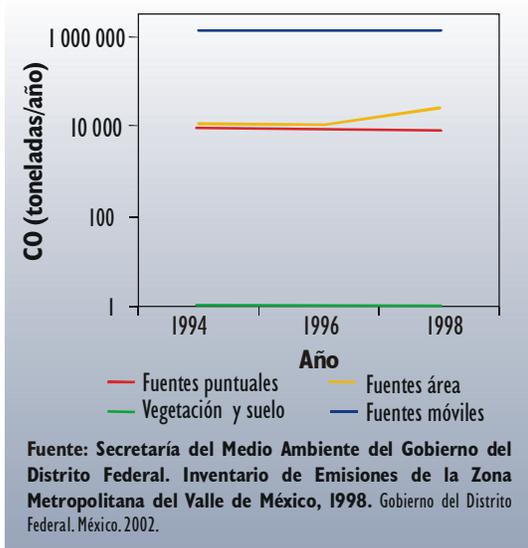
Figura 5.2. Emisión de bióxido de azufre (SO_2) por tipo de fuente en la ZMVM, 1994-1998.



partículas, aunque todavía están muy por debajo de los valores que registran las fuentes móviles para el caso del CO (Figura 5.4) y del suelo para el caso de PM_{10} . No obstante, este último contaminante es importante, ya que la ZMVM frecuentemente presenta valores que están por encima de la norma de calidad, como se describe con más detalle en el apartado de calidad del aire.

Con respecto a la emisión de gases de efecto invernadero, los valores preliminares estimados para CO_2 en 1998 fueron de entre 16.7 y 37.5 millones de toneladas/año. Dependiendo del método de cálculo, el primer valor se obtuvo siguiendo el método de EPA (Environmental Protection Agency) y el segundo con el método del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Las principales fuentes fueron la combustión de gas natural por la industria y de gasolina por vehículos automotores. Para el caso del CH_4 los valores

Figura 5.4. Emisión de monóxido de carbono (CO) por tipo de fuente en la ZMVM, 1994-1998.



estimados van de 388 (IPCC) a 172 012 toneladas/año (EPA), siendo las principales fuentes la combustión de gas natural y LP por la industria y las emisiones generadas en los rellenos sanitarios (Gobierno del Distrito Federal, 2000).

Normatividad y monitoreo del aire

En nuestro país se registran los siguientes contaminantes atmosféricos: SO_2 , CO, NO_2 , ozono (O_3), PM_{10} , partículas suspendidas totales (PST) y plomo (Pb). Para cada uno de estos contaminantes se cuenta con un estándar o norma de calidad del aire donde se establecen las concentraciones máximas que no debieran sobrepasarse en un periodo definido (frecuentemente una vez por año), para que pueda garantizarse la protección adecuada de la salud de la población, inclusive la de los grupos más susceptibles (Recuadro III.1.1.5).

Con el fin de hacer más comprensible el nivel de contaminación, en México se utiliza un índice conocido como Imeca (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire), que consiste en una transformación de las concentraciones del contaminante a un número adimensional que indica el nivel de contaminación de una manera fácil de entender (Recuadro III.1.1.6). En la escala utilizada por este índice, los valores de la Norma de Calidad del Aire le corresponden

a 100 puntos Imeca y es el límite de lo que se considera como calidad de aire satisfactorio. Los múltiplos de 100 Imeca se han desarrollado por medio de algoritmos sencillos que toman en cuenta criterios de salud ambiental (Recuadro III.1.1.7). La calidad del aire se considera buena o satisfactoria cuando el valor Imeca no rebasa los 100 puntos, de 101 a 150 es regular o no satisfactoria, de 151 a 200 mala y de 201 en adelante se considera muy mala.

Las normas vigentes de calidad del aire fueron publicadas por la Secretaría de Salud en el Diario Oficial de la Federación en diciembre de 1994. Éstas señalan procedimientos para la medición y calibración del equipo destinado a determinar las concentraciones de los contaminantes, los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera, especificaciones de los combustibles que se utilizan (Recuadro III.1.1.3) y los valores que se consideran adecuados para la protección de la salud en materia de contaminantes atmosféricos (Recuadro III.1.1.5).

En una situación ideal, los límites que establecen las normas deberían estar basados en estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, tanto en animales como en seres humanos, que identifiquen los niveles del contaminante que son capaces de causar un efecto negativo en la salud de algún grupo de la población con un cierto margen de seguridad. Sin embargo, en nuestro país, debido principalmente a la falta de recursos e infraestructura suficiente para realizar todos los estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición necesarios para fundamentar el establecimiento de estándares de calidad del aire y a la gravedad del problema que se tenía a principios de los años noventa, las normas de calidad del aire mexicanas tuvieron como base fundamental la revisión de normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud y por Estados Unidos. No obstante, recientemente la Secretaría de Salud, por medio del Centro Nacional de Salud Ambiental (Censa), ha realizado estudios tanto epidemiológicos como otros encaminados a establecer relaciones dosis-respuesta para contaminantes como el O_3 y las PM_{10} que permitirán, en un futuro cercano, contar con información suficiente para ajustar las normas oficiales a las características de la población mexicana.

Actualmente se cuenta con registros de contaminantes atmosféricos en 23 ciudades y zonas metropolitanas (Figura 5.5). En todas ellas los contaminantes se miden aplicando procedimientos estandarizados a nivel internacional. La red más completa y más antigua se localiza en la ZMVM, que hoy en día tiene 32 estaciones de monitoreo automático (EMA) y 19 estaciones de monitoreo manuales (no todas funcionan de manera permanente) que registran O_3 , CO , SO_2 , NO_x , PM_{10} y PST, considerados como contaminantes básicos y de los cuales se tiene más información acerca de sus efectos sobre la salud (véase **Principales contaminantes atmosféricos y sus efectos sobre la salud**).

Otras ciudades que cuentan con redes de monitoreo importantes y con registros relativamente antiguos (mediados de los noventa) son las zonas metropolitanas de Guadalajara, Monterrey, Toluca y ciudades fronterizas como Tijuana, Mexicali y Ciudad Juárez. Algunas otras ciudades se concentran en evaluar alguno o varios contaminantes que les resultan importantes, como es el caso de Cananea, Cumpas y Nacozari, en el estado de Sonora, que registran principalmente SO_2 y las ubicadas en Querétaro y San Luis Potosí que se concentran en SO_2 y partículas suspendidas. La lista completa de las estaciones de monitoreo y los contaminantes registrados se pueden consultar en el Cuadro III.1.1.3.

Calidad del aire en ciudades mexicanas

Existen diversas formas de enfocar el análisis de la calidad del aire. La descripción y el análisis de la calidad del aire en las principales ciudades del país que aquí se presentan se realizaron utilizando como información base el Imeca máximo anual por contaminante, la proporción de días en un año en que se iguala o excede la norma y las tendencias de cambio en el promedio de los Imecas máximos mensuales.

Los valores máximos anuales de cada uno de los contaminantes es una medida directa del posible cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respectivas, ya que en éstas la frecuencia que se considera aceptable no debe exceder de una vez al año. En este sentido, el registro de un valor máximo de cualquier contaminante que esté por arriba del valor de la norma (equivalente a 100 puntos Imeca) indicaría que se sobrepasaron los límites descritos. El análisis de las excedencias permite evaluar la magnitud del problema, ya que muestra la frecuencia con la que se sobrepasan los límites marcados en la norma. Por último, la descripción de las tendencias de cambio permite tener una visión de la dinámica temporal de la calidad del aire y, sobre todo, permite evaluar con mayor objetividad la efectividad de las medidas que se toman para controlar el problema de

Figura 5.5. Ciudades con estaciones de monitoreo en México.



Fuente: Semarnat, Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Contaminantes. México. 2002.

Principales contaminantes atmosféricos y sus efectos sobre la salud

Ozono (O₃). Es un contaminante secundario formado por una compleja serie de reacciones químicas de los contaminantes primarios o precursores (por ejemplo, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles) en presencia de oxígeno atmosférico y luz solar. Los principales efectos a la salud están asociados con el daño que ocasiona a las células en las vías respiratorias causando, entre otros problemas, inflamación y reducción de la capacidad del aparato respiratorio tanto para combatir infecciones como para remover las partículas externas, por lo que se incrementa la incidencia de infecciones respiratorias, tos, flemas, atrofia de la mucosa nasal, irritación de ojos, disminución de la función respiratoria y visitas de emergencia por ataques de asma. Otros estudios indican que la exposición al ozono puede ocasionar inflamación pulmonar, depresión del sistema inmunológico frente a infecciones pulmonares, cambios agudos en la función, estructura y metabolismo pulmonar, además de efectos sistémicos en órganos blandos distantes del pulmón, como el hígado. Los efectos observados en seres humanos saludables expuestos a concentraciones urbanas típicas de ozono son un decremento de la capacidad respiratoria, una broncoconstricción moderada y síntomas subjetivos de tos y dolor al inspirar prolongadamente.

Las evidencias de la asociación entre mortalidad y exposición a ozono son más débiles que aquellas para partículas suspendidas (ver siguiente sección). El estimador compuesto, calculado a partir de los resultados de estudios en tres ciudades, una de ellas la ZMVM, indica un aumento en la mortalidad diaria de 0.5% por un aumento de $10 \mu\text{m}^3$ (0.005 ppm) en la concentración de ozono.

Partículas en suspensión (menores a 10 y 2.5 μm). Las partículas en suspensión comprenden un amplio espectro de sustancias sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y artificiales. Los elementos presentes en las

partículas varían según las fuentes locales pero, en general, los principales componentes son carbono, hidrocarburos, material soluble en agua (como el sulfato de amonio), material insoluble que contiene pequeñas cantidades de hierro, plomo, manganeso y otros elementos, así como material biológico (polen, esporas vegetales, virus y bacterias).

Según su tamaño las partículas se dividen en *gruesas* que incluyen a partículas con diámetro entre 2.5 y 10 micrómetros y *finas*, que tienen tamaños menores a 2.5 micrómetros. Las partículas gruesas, como las que generalmente se levantan del suelo, difícilmente penetran hasta los alveolos pulmonares pues, en su mayoría, son retenidas por las mucosas y cilios de la parte superior del aparato respiratorio. En contraste, partículas provenientes de las quemas agrícolas forestales, así como las generadas por la combustión de vehículos a gasolina y diesel son en su mayoría partículas finas que sí penetran hasta los alveolos pulmonares.

Las partículas pueden tener efectos tóxicos debido a sus características físicas o químicas inherentes, o bien pueden afectar de manera indirecta al hombre tanto por la interferencia de mecanismos del aparato respiratorio como por actuar como vehículo de una sustancia tóxica absorbida o adherida a su superficie.

El aumento de las concentraciones de las partículas en suspensión se ha relacionado con el aumento de visitas a servicios de urgencias, hospitalizaciones por incremento de los padecimientos respiratorios, bronquitis aguda en niños y muerte prematura, principalmente en menores de edad y personas de la tercera edad.

Estudios de series de tiempo realizados en más de 100 ciudades del mundo, incluida la ciudad de México, han encontrado incrementos de entre 0.5% y 2.6% en las tasas de mortalidad promedio diarias por cada incremento de $10 \mu\text{m}^3$ en las concentraciones de PM_{10} .

Principales contaminantes atmosféricos y sus efectos sobre la salud (continuación)

Un estimador compuesto calculado a partir de los resultados de los estudios realizados en la ZMVM indica que el incremento en la mortalidad diaria es de 1.4% con un aumento en la concentración de PM_{10} de $10\mu\text{m}/\text{m}^3$.

Monóxido de carbono (CO). Es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente menos denso que el aire. En la naturaleza se genera CO en la producción y degradación de la clorofila, mientras que su origen antropogénico se sitúa en las combustiones incompletas, por lo que es emitido casi en su totalidad (98%) por fuentes móviles (principalmente vehículos particulares). Dado que la afinidad de la hemoglobina por el CO es unas 250 veces mayor que por el oxígeno, el monóxido de carbono se combina con la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre y forma carboxihemoglobina (COHb) que disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, además de interferir en su liberación en los tejidos, por lo que produce hipoxia y alteraciones del funcionamiento celular en las neuronas, en las células del corazón y en las de otros músculos. La exposición crónica a CO induce la aparición de fenómenos de aclimatación como el aumento del número de glóbulos rojos, del volumen sanguíneo y el tamaño del corazón.

Bióxido de azufre (SO_2). Es un gas incoloro que en altas concentraciones puede ser detectado por su sabor y por su olor cáustico e irritante. Se disuelve con facilidad en el agua para formar ácido sulfuroso (H_2SO_3), el cual se oxida lentamente y forma ácido sulfúrico (H_2SO_4) con el oxígeno del aire. El SO_2 también puede formar trióxido de azufre (SO_3), vapor muy reactivo que se combina rápidamente con vapor de agua para formar un aerosol ultra fino de ácido sulfúrico, de gran importancia desde el punto de vista de efectos en la salud. En altas concentraciones en individuos normales y más bajas en individuos asmáticos, puede producir broncoconstricción.

Bióxido de nitrógeno (NO_2). Junto con el óxido nítrico (NO) se produce de forma natural en cantidades muy superiores a las generadas por la actividad humana. La mayoría de las combustiones liberan óxido nítrico, el cual se convierte fácilmente en bióxido de nitrógeno en la atmósfera. La oxidación del NO a NO_2 por oxidantes atmosféricos como el ozono ocurre rápidamente, siendo una de las principales rutas de producción de NO_2 . El bióxido de nitrógeno es un contaminante del aire en ambientes interiores, debido al tabaco y a fuentes de combustión de gas inadecuadas o mal ventiladas.

Compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos compuestos son motivo de preocupación tanto por su papel como precursores de ozono y otros oxidantes, como por la alta toxicidad de algunos de ellos. Debido a su gran variedad, no se conocen completamente sus efectos, sin embargo, para algunos de ellos, como el benceno, se ha reconocido su papel cancerígeno. Cuando las personas se exponen por periodos largos a concentraciones altas de benceno pueden sufrir edemas y hemorragias bronquio alveolares. Los efectos cardiovasculares producto de los mismos se expresan como extrasístoles o taquicardia ventricular. Los efectos gastrointestinales dependen de la dosis ingerida, pero pueden producir desde gastritis tóxica hasta estenosis pilórica. De los efectos a la salud producidos por los COV, los hematológicos son los más ampliamente documentados, dado que los componentes celulares de la sangre son muy susceptibles a estas sustancias produciendo pancitopenia, anemia aplásica y leucemia.

Fuentes: PNUMA. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3*. Grupo Mundi-Prensa. España. 2002.

Aránguez, E., J. M. Ordóñez, J. Serrano, N. Aragonés, R. Fernández-Petier, A. Gandarillas e I. Galán. Contaminantes Atmosféricos y su Vigilancia. *Revista Española Salud Pública*. España. 1999.

Instituto Nacional de Salud Pública, Centro Colaborador de Salud Ambiental, www.insp.mx.

INE. Dirección de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2003.

la contaminación del aire. En el presente trabajo se utilizaron los promedios de los máximos mensuales para describir la dinámica temporal, debido a que permiten tener una idea de los cambios en la calidad del aire en sus valores más críticos.

El problema de la contaminación del aire es importante en todas las ciudades que se reportan (Figura 5.6). De 1994 a la fecha todas presentan valores máximos anuales de Imeca superiores a 100 (límite de la norma). La ZMVM y la ZMG son las que consistentemente mantienen los valores más altos, aunque en esta última han disminuido significativamente de 1999 a la fecha, manteniéndose por debajo de los 200 puntos Imeca. También resalta el caso de la ciudad de Mexicali, que fue la que mostró el mayor incremento en los valores máximos de Imeca, al pasar de 189 en 1997 a casi 400 en 1999, debido a la alta concentración de partículas (PM_{10}); desafortunadamente no se cuenta con registros actualizados que permitan conocer la calidad del aire en esta ciudad al día de hoy (Cuadros III.I.I.9, III.I.I.10, III.I.I.11, III.I.I.12 y III.I.I.13).

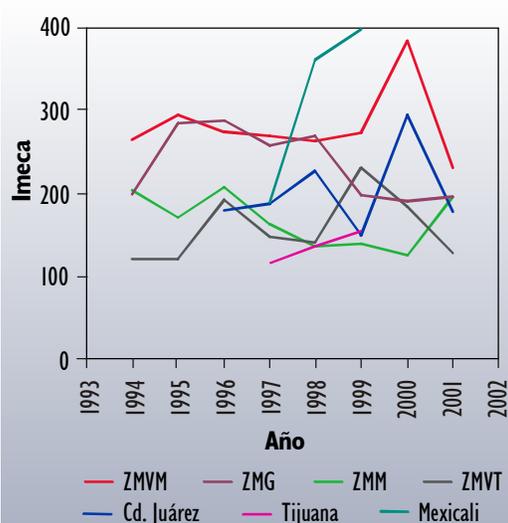
En cuanto al número de días en que se rebasan las normas de calidad del aire, es evidente que el problema en

la ZMVM continúa siendo grave: no han disminuido del 80% de 1988 a la fecha, aunque cabe señalar que se observa una ligera tendencia a reducirse en los últimos años, ya que pasó de un 95% en 1994 a un promedio de 85% en los últimos tres años. En la ZMG, aunque aún tiene una alta frecuencia de días en que se rebasó la norma, es claro que ha experimentado una disminución importante: en 1994 se tuvieron 270 días (74%) y bajó a menos del 40% en promedio de 1999 a 2001. En la ZMM la situación es menos severa, sin embargo, en los últimos años tuvo un incremento en la proporción de días en que se excedió la norma, alcanzando un 27% en 2001, valor muy semejante a los registrados a principios de los noventa y muy por encima de los registrados entre 1995 y 1998, cuando no se superó el 20%. Las ciudades fronterizas de Mexicali y Tijuana mostraron un incremento durante el periodo de 1997-1999, sobre todo en Mexicali, donde el último registro con que se cuenta alcanzó un valor superior al 30% de días con excedencia. La ZMVT mostró un incremento en los días que se rebasó la norma durante el periodo de 1995-1998, pero ha disminuido consistentemente desde entonces a valores cercanos al 10% en los últimos años (Figura 5.7).

Si se examinan los valores promedio (Figura 5.8), resulta evidente que la ZMVM es la que registra mayores niveles de contaminación, sin embargo, éstos muestran una clara tendencia a la baja a partir de 1990. La ZMG también presenta una reducción consistente de 1994 a la fecha, incluso registrando valores promedio inferiores a 100 puntos Imeca en los últimos tres años. Las demás ciudades actualmente muestran valores promedio inferiores a los 100 puntos Imeca.

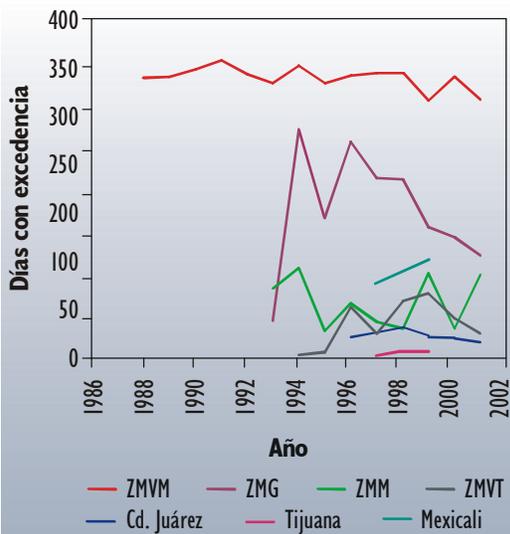
Los dos principales contaminantes a nivel nacional son el O_3 (Figura 5.9) y las partículas (Figura 5.10), ya que todas las ciudades rebasaron al menos una vez al año las concentraciones máximas permitidas. El O_3 es el principal problema en la ZMVM: el porcentaje de días iguales o mayores a la norma aún es superior al 60%, aunque ya es considerablemente más bajo si se compara con los registrados en el periodo de 1990 a 1994, cuando se mantuvieron por arriba del 85%, llegando en su momento más alto a cerca de 97% en 1991. La ZMG ha disminuido las excedencias de O_3 de cerca del 60% en 1996 a menos del 20% en promedio de

Figura 5.6. Imeca máximo anual en algunas de las principales ciudades, 1994-2001.



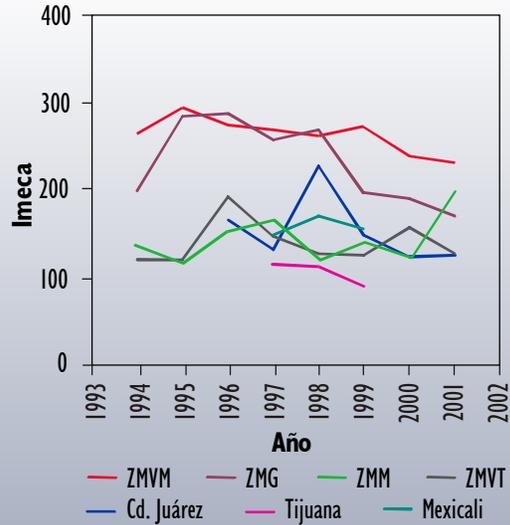
Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México, 2002.

Figura 5.7. Días con excedencia de algún contaminante en algunas de las principales ciudades, 1988-2001.



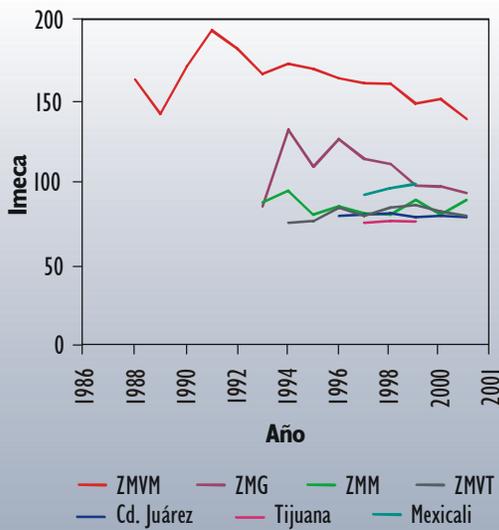
Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

Figura 5.9. Imeca máximo anual de ozono (O₃) en algunas de las principales ciudades, 1994-2001.



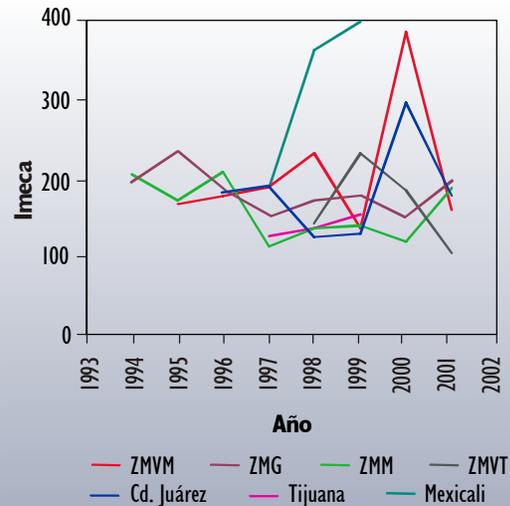
Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

Figura 5.8. Imeca máximo promedio en algunas de las principales ciudades, 1988-2001.



Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

Figura 5.10. Imeca máximo anual de partículas menores a 10µm (PM₁₀) en algunas de las principales ciudades, 1994-2001.

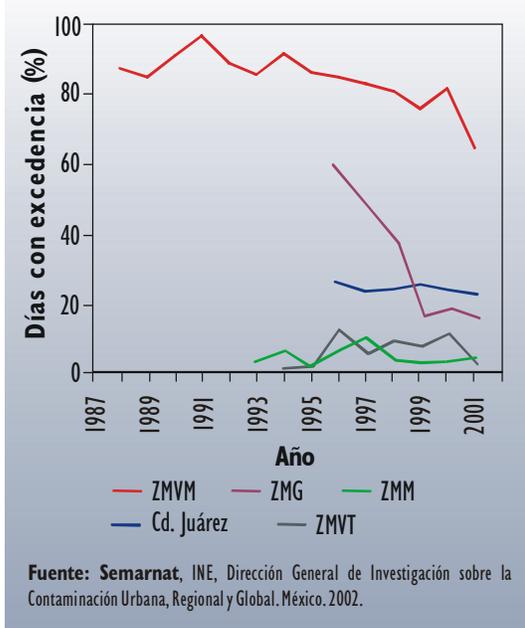


Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

1999 a la fecha. Las demás ciudades mantienen valores inferiores al 10% de días en que se iguala o excede la norma de ozono en los últimos cinco años (Figura 5.11).

En el caso de las PM₁₀, la ZMVM ya no es la que registra con más frecuencia días con valores iguales o mayores a la norma, ya que se ha reducido su ocurrencia de cerca del

Figura 5.11. Días con excedencias en ozono (O₃) en algunas de las principales ciudades, 1988-2001.

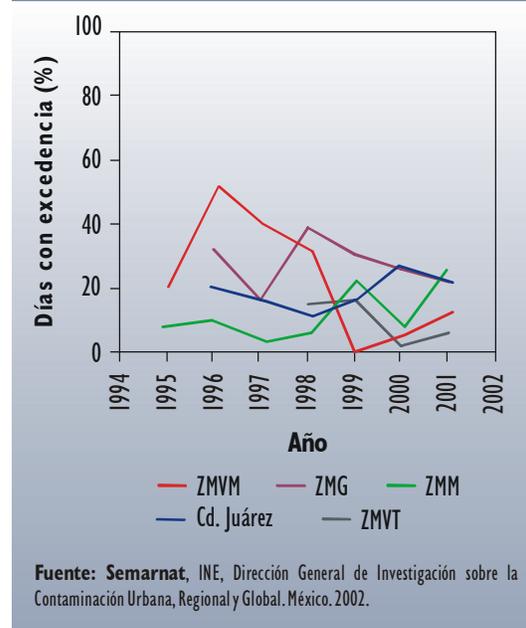


50% en 1996 a menos del 12% en los últimos tres años, en contraste con las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey, que superaron el 20% en el año 2001. La ZMM muestra la tendencia más preocupante, ya que tiene un crecimiento de los días con excedencia de PM₁₀ más o menos sostenido de 1997 a la fecha (Figura 5.12). De hecho, esta zona es la que emite más partículas a la atmósfera de acuerdo con los datos del inventario de emisiones realizado en 1995.

La contaminación por CO parece estar bajo control, a pesar de los valores tan altos de emisión (véase «Inventario de emisiones»), ya que en 2001 prácticamente todas las ciudades estuvieron por debajo del valor de 100 puntos Imeca (Figura 5.13). El SO₂ que se había mantenido por debajo de los 100 puntos Imeca en la mayoría de las ciudades y también parecía controlado —debido en gran parte a la mejora de los combustibles que suministra Pemex—, en los dos últimos años mostró un repunte en las concentraciones en la ZMVM y la ZMG, de tal forma que se registraron días en los que se rebasó con mucho el valor de la norma (Figura 5.14, Cuadro III.1.1.11).

El problema de la contaminación por NO₂ ha disminuido de manera importante y constante en la ZMVM desde 1996,

Figura 5.12. Días con excedencia en partículas menores a 10µm (PM₁₀) en algunas de las principales ciudades, 1995-2001.

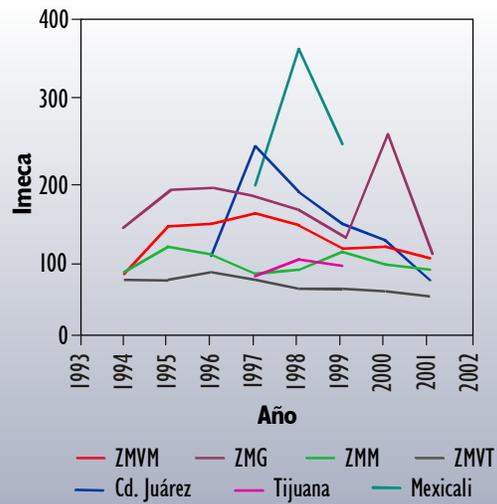


aunque en los últimos años aún se han presentado días donde la concentración iguala o excede la norma. Caso contrario a lo que se observa en la ZMG, donde los valores han aumentado con respecto a los registrados antes de 1997.

En algunas otras ciudades se han registrado monitoreos de los principales contaminantes (Cuadro III.1.1.3) pero, debido a problemas en su operación, no se cuenta con datos suficientes para una evaluación completa.

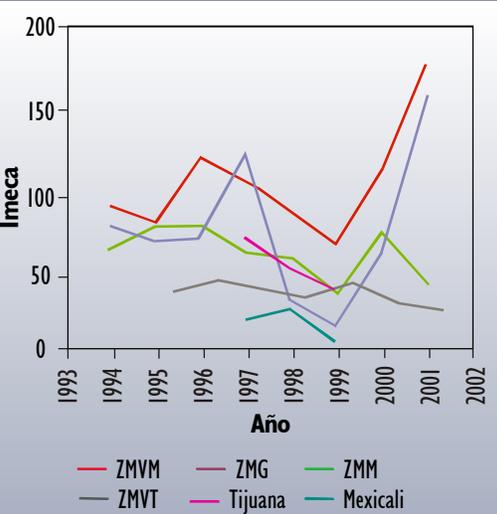
Otra forma de examinar la calidad del aire es por medio de la distribución de los días con una calidad de aire determinada (Cuadro III.1.1.14). En la ZMVM es notoria la disminución en el número de días con valores de Imeca iguales o mayores a 200, reduciéndose de 162 días en 1991, que fue un año muy crítico en términos de la calidad del aire, a sólo 15 en el año 2001. La frecuencia de días extremadamente contaminados, con valores de Imeca superiores a 300, es muy baja en la actualidad, de hecho sólo se ha registrado un día desde el año de 1994 (en enero del año 2000), el cual fue motivado por una alta concentración de partículas restringida a la zona de Tláhuac, por lo que sólo en dicha zona se aplicó el plan de contingencia. Si se toma como referencia el comportamiento de los días

Figura 5.13. Imeca máximo anual de monóxido de carbono (CO) en algunas de las principales ciudades, 1994-2001.



Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

Figura 5.14. Imeca máximo anual de bióxido de azufre (SO₂) en algunas de las principales ciudades, 1994-2001.



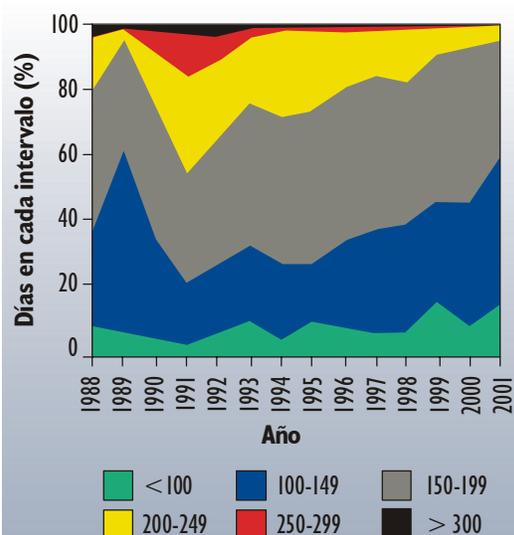
Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

que presentan calidad satisfactoria (valores de Imeca inferiores a 100), éstos se han ido incrementando lentamente en los últimos años, alcanzando una frecuencia del 16% en 2001, valor muy superior al 4% de 1991. La calidad del aire

en los últimos años ha tendido a pasar de mala a regular, presentando valores de Imeca comprendidos en el intervalo de 101 a 150.

En 1991 la mayor frecuencia de días estaba en la categoría de mala (151-200 Imeca) o muy mala (mayores a 200) (38 y 29% respectivamente), mientras que en 2001 los días con calidad regular (Imeca entre 101 y 150) fueron los más frecuentes (44%) (Figura 5.15). En la ZMG también se muestra un claro aumento de la frecuencia de días con calidad satisfactoria, pasando de sólo 95 en 1994 (26%) a más del 61% en promedio entre 1999 y 2001 (Figura 5.16). De hecho, en este último periodo (1999-2001) únicamente se han presentado dos días con valores de Imeca superiores a los 200 puntos. Aunque la ZMM aún mantiene una elevada frecuencia de días con calidad satisfactoria (79% en promedio en el periodo 1999-2001), éstos han disminuido con respecto a los tres años anteriores (1996-1998), cuando se tenían valores de 87% en promedio (Figura 5.17). En la Zona Metropolitana del Valle de Toluca la frecuencia de días con calidad satisfactoria muestra una tendencia a aumentar en los dos últimos años, alcanzando frecuencias superiores al 90% en el año 2001.

Figura 5.15. Comportamiento del Imeca durante el periodo 1988-2001 en la ZMVM.



Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

Al examinar las tendencias de los principales contaminantes, se puede concluir que la calidad del aire en las principales ciudades, incluida la ZMVM donde el problema de la contaminación continúa siendo grave, ha mejorado en la última década gracias a las acciones tomadas tanto a nivel federal como local. Debido a que el transporte es la principal fuente de emisiones, la mejora en la calidad de las gasolinas, en particular la eliminación del plomo con la desaparición del mercado de la gasolina Nova en agosto de 1997, la reducción significativa del azufre en el diesel industrial y vehicular, así como la adopción de tecnologías vehiculares modernas, han contribuido a que el plomo ya no sea un problema de contaminación en el aire y que los niveles de SO₂ y de CO raramente sobrepasen el valor de la norma. Por otra parte, las acciones tomadas a nivel local, como la reforestación y pavimentación, los apoyos para la renovación del parque vehicular y mayor control sobre la emisión de fuentes fijas también han sido importantes.

El gobierno federal ha puesto particular atención a los problemas de contaminación atmosférica en zonas urbanas mediante la elaboración —coordinada con autoridades estatales y municipales y con la participación del sector académico— de programas conocidos como Proaires, que

Figura 5.16. Comportamiento del Imeca durante el periodo 1993-2001 en la ZMG.

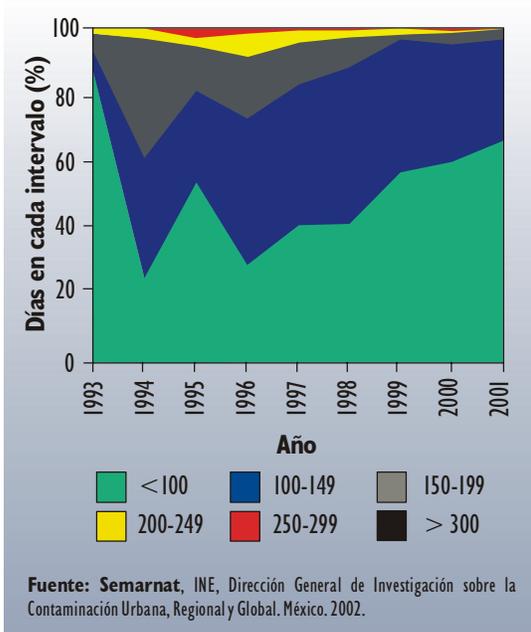
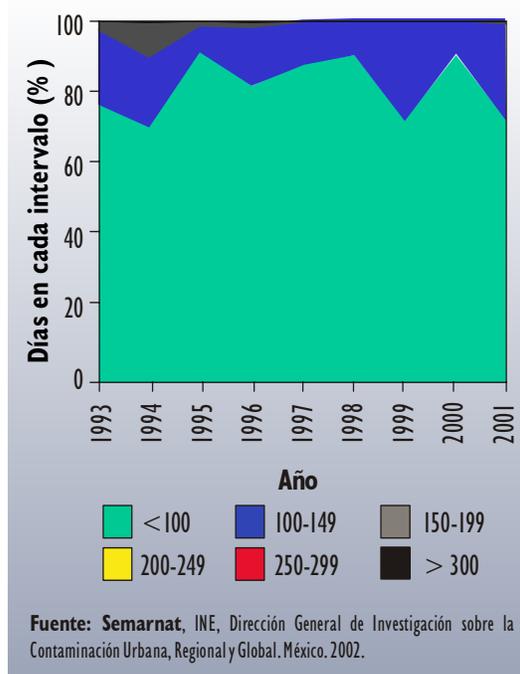


Figura 5.17. Comportamiento del Imeca durante el periodo 1993-2001 en la ZMM.



tienen como objetivo principal mejorar la calidad del aire; estos programas ya operan en las ciudades de México, Monterrey, Guadalajara, Toluca, Ciudad Juárez, Mexicali y Tijuana. Su elaboración tuvo como pilar básico la información de la calidad del aire y de las fuentes de emisiones.

Los Proaires incorporan una visión de mediano y largo plazos que busca revertir, en primera instancia, el deterioro de la calidad del aire y luego mantenerla dentro de las normas. Las acciones contenidas están orientadas a las fuentes con mayor aporte de contaminantes e incluyen medidas de reducción factibles en su costo y con un beneficio significativo en la calidad del aire (véase **Programas de gestión de la calidad del aire en las principales ciudades de México**).

Cambio climático y efecto invernadero

El clima y la temperatura media de la superficie de la Tierra dependen del balance entre la energía solar que recibe el planeta y la energía (radiación infrarroja) que éste emite. La atmósfera que lo envuelve está constituida de manera

Programas de gestión de la calidad del aire en las principales ciudades de México

Proaire (Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 1995-2000). El objetivo principal fue alcanzar menores niveles de contaminación y reducir el número de contingencias anuales como resultado del abatimiento del 50% de las emisiones de hidrocarburos, 40% de óxidos de nitrógeno y 45% de partículas suspendidas de origen antropogénico, así como reducir en 75% la probabilidad de ocurrencia de contingencias. Está formado por 94 acciones y proyectos concretos. Entre las principales estrategias incluye una nueva normatividad de óxidos de nitrógeno y COV; normas de calidad más estrictas para combustibles industriales y de servicios; utilización del Hoy No Circula y Doble No Circula; revisión progresiva de la normatividad para gasolinas; reestructuración y ampliación del transporte público de superficie; vigilancia e información epidemiológica; sistemas de vigilancia vial, industrial y de servicios y del parque vehicular; promoción de la diversificación del uso de suelo, reciclaje urbano, protección de zonas de conservación ecológica y la revitalización de las áreas centrales; recuperación lacustre, reforestación y restauración ecológica en zonas suburbanas.

Recientemente se presentó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010, que tiene como objetivo principal reducir el número de contingencias anuales y reducir los niveles de los contaminantes criterio. Está formado por 89 medidas que involucran al transporte, servicios, recursos naturales y educación ambiental entre otros temas.

Aire Limpio (Programa para el Valle de Toluca 1997-2000). Se dio a conocer el 10 de junio de 1997. El objetivo principal del programa es proteger la salud de la población de la ZMVT mediante la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera y la coordinación de las políticas de desarrollo urbano e industrial, fomento económico, transporte, medio ambiente y manejo de recursos. Está formado por seis subprogramas integrados por 45 proyectos, con 185

acciones específicas. Su meta principal es el abatimiento del 40% de las emisiones de hidrocarburos, 50% de óxidos de nitrógeno y 40% de las partículas para el año 2000, para reducir de un 15 a un 10% el número de días en que se exceden las normas de la calidad del aire. Entre las principales medidas que incluye el programa se encuentran: la actualización del programa de verificación vehicular adoptando los límites establecidos en la NOM-041-ECOL-1997; modernización del transporte público; eliminación de las gasolinas con plomo y proveer gasolinas con características similares a las establecidas en la NOM-086-ECOL-1994; uso de combustibles menos contaminantes en la industria; ordenamiento ecológico en la ZMVT y su zona de influencia; cumplimiento por parte de industrias, comercios y servicios de la norma NOM-085-ECOL-1994, relacionada con los niveles máximos permisibles para humos, partículas suspendidas totales, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno; mejorar la vialidad en la ZMVT; autorregulación y auditoría ambiental; control de emisiones en ladrilleras y hornos de alfarería; recuperación de vapores en estaciones de servicio; fomentar los programas de recuperación de suelos y reforestación de áreas erosionadas; establecer un programa de verificación vehicular obligatorio y eficiente.

Programa para el mejoramiento de la calidad del aire en la ZMG 1997-2001. Se dio a conocer el 2 de abril de 1997. Incorpora 32 medidas con las cuales se estima que el porcentaje de días con problemas de la calidad del aire pasará de un 70% a alrededor del 50% y el valor promedio del Imeca de 125 a 105 puntos para el año 2001. Se estima que dejarán de emitirse cerca del 50% de las emisiones de partículas y de los óxidos de nitrógeno, y alrededor del 25% las emisiones de hidrocarburos. Entre las principales medidas que incluye el programa se encuentran: la revisión y actualización del programa de contingencias ambientales; establecer convenios con la industria para reducir las emisiones de precursores de ozono; introducción de combustibles más limpios para uso industrial y vehicular; ampliar y modernizar el programa de afinación controlada aplicando la normatividad;

Programas de gestión de la calidad del aire en las principales ciudades de México (continuación)

limitar el asentamiento de nuevas industrias altamente contaminantes; control de emisiones de partículas y bióxido de azufre en industrias; recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolina; promover el reordenamiento y renovación del transporte colectivo con unidades de baja emisión de contaminantes; uso de gas natural por camiones de carga y transporte público de pasajeros; mejorar la vialidad en la ZMG; intensificar programas de pavimentación de calles y avenidas para reducir emisiones de partículas; fortalecer el sistema de vigilancia epidemiológica; reforzar la red de monitoreo atmosférico; programas para la formación y capacitación en cultura ecológica; establecer programas de reforestación de la ZMG y su área ecológica de influencia.

PACADAMM (Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000).

Se dio a conocer el 18 de marzo de 1997. El objetivo principal del programa es proteger la salud de los habitantes del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) mediante acciones específicas que prevengan y controlen la contaminación del aire, tanto por agentes químicos como físicos. Incorpora 31 medidas con las cuales pretende alcanzar, como meta principal, la reducción del 10% de las emisiones de hidrocarburos, más del 30% de las de partículas y de las de óxidos de nitrógeno con lo que se estima que el porcentaje de días en que se rebasa alguna norma de calidad del aire bajará de un 18% a alrededor del 10%. Entre las principales medidas incluye: la realización de estudios de evaluación e investigación del problema de la contaminación del aire y por ruido; establecer convenios de cooperación y apoyo financiero con países e instituciones internacionales; promover el uso de gas natural por camiones de carga y transporte público de pasajeros; establecer mecanismos de agilización de tráfico vehicular; promover la ampliación de la red del metro; diseñar e instrumentar el programa de contingencias ambientales; desarrollar reglamentación

específica relacionada con la contaminación atmosférica y por ruido; establecer un sistema de información geográfica referenciado del estado; promover la utilización de combustibles limpios; aumentar la inspección y vigilancia de emisiones industriales y vehiculares a la atmósfera, principalmente de precursores del ozono; establecer convenios con industrias altamente contaminantes en partículas y bióxido de azufre; incorporar la medición de ruido en el programa de inspección y vigilancia a establecimientos industriales; modernizar y reforzar el programa de verificación vehicular y de reducción de emisiones de partículas; establecer una política de autorregulación con el sector industrial; diseñar e instrumentar una campaña de abatimiento de emisión de partículas por erosión del viento.

Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 1998-2002.

Se dio a conocer en 1997. Incorpora 40 medidas con las cuales se pretende, a mediano plazo, disminuir la contaminación de la ciudad hasta cumplirse las normas de calidad del aire. Determina responsabilidades tanto de los gobiernos norteamericanos (EPA), estatales de Texas (TNRCC) y Nuevo México (NMED) y locales (condados de El Paso y Doña Ana) y, por la parte mexicana, a nivel federal (Semarnat), el gobierno del estado de Chihuahua y el municipio de Juárez. Entre las principales estrategias del programa se encuentran: programa de verificación vehicular, mejora de la red vehicular y tráfico vial; establecimiento de una red de monitoreo ambiental; programa de industria limpia mediante auditorías ambientales, proyecto piloto de aplicación del sistema integrado de regulación directa y gestión ambiental de la industria para la formulación de políticas ambientales, reducción de emisiones de partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono; promover actividades de soporte, como son las investigaciones científicas y tecnológicas de medidas de control; entrenamiento, capacitación y educación ambiental.

Programas de gestión de la calidad del aire en las principales ciudades de México (continuación)

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005. El objetivo principal del programa es señalar acciones encaminadas a proteger la salud de la población y a prevenir y controlar la contaminación del aire generada por fuentes emisoras. La meta general del programa es reducir gradualmente las emisiones generadas hasta conseguir el cumplimiento de las normas de calidad del aire, en un horizonte de aplicación de 2000 a 2005. Plantea cinco áreas de trabajo con acciones específicas, entre ellas: la regulación de emisiones a empresas altamente contaminantes, establecer un programa de empadronamiento y terminales de almacenamiento para la recuperación de vapores; inspección y vigilancia de establecimientos industriales y de servicios; establecer un programa de verificación vehicular; alternativas para el transporte masivo y renovación del parque vehicular; impulsar el cambio de combustible con la Comisión Federal de Electricidad; convenir con Pemex el suministro de gasolina oxigenada; crear programas de reforestación municipal y de pavimentación; operación local de la red de monitoreo atmosférico; revisar de manera periódica el inventario de emisiones; crear un programa de vigilancia epidemiológica asociada a la contaminación; reforzar las acciones del programa Frontera XXI; elaborar programas de concientización y educación ambiental.

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Mexicali 2000-2005. Entre sus objetivos están: la reducción de emisiones contaminantes por kilómetro recorrido en vehículos automotores; reducir las emisiones provenientes de las industrias y reducción de partículas en calles no pavimentadas. Plantea cinco áreas de trabajo con acciones específicas, entre ellas reducir las emisiones por parte de las industrias, instalando equipos de control y reingeniería de procesos; recuperación de vapores en terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles; crear un programa de reducción de COV; auditorías ambientales; registro de emisiones y transferencia de contaminantes; utilización de gasolina oxigenada y de baja presión de vapor Reid; programa de verificación vehicular; aplicación de estabilizadores de suelo para controlar emisiones de partículas; establecimiento de una red de monitoreo atmosférico; mejoras al transporte público; diseño de programas de forestación y preservación de zonas arboladas; revisar y actualizar periódicamente el inventario de emisiones y el Proaire; reforzar las acciones del programa Frontera XXI y programas binacionales.

Fuente: INE-Cenica. Almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en ciudades mexicanas. México, 2000.

natural por nitrógeno, oxígeno y argón, principalmente, pero también tiene otros gases en más bajas concentraciones (por ejemplo, bióxido de carbono (CO_2), vapor de agua, ozono (O_3), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O)), que se conocen como «gases de efecto invernadero». Estos gases dejan pasar la radiación solar a través de la atmósfera casi sin obstáculo, pero absorben la radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra e, incluso, irradian nuevamente una parte hacia ella, produciendo un efecto neto de calentamiento, de manera similar a lo que ocurre en los invernaderos (Recuadro III.1.2.1). Este efecto mantiene la temperatura de la superficie del planeta más caliente de lo que sería sin su

existencia y es responsable, en mucho, de la vida en la Tierra. A pesar de que existen varios factores que pueden afectar el clima (véase *¿Qué motiva el cambio en el clima?*) y que existe una variabilidad natural bien documentada, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) concluyó en su informe de 2001 que hay evidencias sólidas de que el calentamiento observado durante los últimos 50 años es atribuible a las actividades humanas (IPCC, 2001);

¹ Un gas de efecto invernadero es cualquier molécula que absorbe radiación en el intervalo de 8-14 mm de longitud de onda.

Tabla 5.1. Resumen de evidencias de la ocurrencia del cambio climático global.

Indicador	Evidencia
Concentración de contaminantes	
CO ₂ atmosférico	280 ppm en el periodo 1000-1750, para el año 2000 es de 368 ppm (incremento 31 ± 4%).
CH ₄ atmosférico	700 ppb en el periodo 1000-1750, para el año 2000 es de 1750 ppb (incremento 151 ± 25%).
N ₂ O atmosférico	270 ppb en el periodo 1000-1750, para el año 2000 es de 316 ppb (incremento 17 ± 5%).
Ozono troposférico	Incremento del 35 ± 5% del año 1750 al 2000.
Ozono estratosférico	Disminución del año de 1970 al 2000; varía con la altitud y la latitud.
HCFC, PFCs y SF ₆	Incrementos globales en los últimos 50 años.
Indicadores del clima	
Temperatura superficial media	Incremento de 0.6 ± 0.2°C en el siglo XX. La superficie terrestre se ha calentado más que los océanos.
Temperatura superficial en el hemisferio norte	Se incrementó en el siglo XX más que en cualquier otro siglo en los últimos 1000 años. La década de 1990 fue la más caliente del siglo y posiblemente del milenio*.
Precipitación continental	Incremento del 5-10% en el último siglo en el hemisferio norte, aunque disminuyó en algunas regiones como África y partes del Mediterráneo*.
Eventos de lluvia extremos	Incremento en latitudes medias y altas del norte*.
Frecuencia y severidad de sequías	Se ha observado una mayor incidencia en regiones de África y Asia*.
Indicadores biológicos y físicos	
Nivel del mar	Se ha incrementado a una tasa de 1 a 2 mm por año durante el último siglo.
Duración de la cobertura de hielo en ríos y lagos	Disminución de una a dos semanas en altitudes medias y altas del hemisferio norte*.
Espesor y extensión de los hielos del Ártico	Disminución de 40% del espesor del 10 al 15% de su área.
Cobertura de nieve	Disminución de 10% de acuerdo con imágenes de satélite*.
Eventos de El Niño	Son más frecuentes, persistentes e intensos durante los últimos 30 años en comparación con los 100 años previos.
Blanqueamiento del coral	Incremento en su frecuencia de ocurrencia, principalmente durante los eventos de El Niño.
Migración, reproducción y distribución de especies	Migración a latitudes o altitudes mayores de insectos, aves y peces. Cambios en la temporada de reproducción.
* Las evidencias no son tan claras. HCFC: hidroclorofluorocarbonos; PFC: perfluorocarbonos	
Fuente: IPCC. <i>Climate change 2001: synthesis report</i> . IPCC. 2001.	

en el mismo documento se presentan y documentan las evidencias del cambio climático registrado (Tabla 5.1), siendo quizá las más notables el calentamiento de la superficie terrestre de aproximadamente 0.6°C durante el último siglo y el aumento del nivel del mar de entre 10 y 20 centímetros. Como muestra de lo anterior está el hecho de que 1998 fue el año más caliente de los registrados hasta la fecha y la década de los noventa se considera como la más caliente en el siglo XX y posiblemente del milenio (IPCC, 2001).

A partir del siglo XVIII, la concentración de CO₂ ha aumentado de manera constante debido principalmente a la quema de combustibles fósiles (Figura 5.18). La quema de biomasa (principalmente la asociada a la deforestación),

las emisiones derivadas de la producción de cemento y del cambio de uso del suelo también han contribuido significativamente a su incremento (PNUMA, 2002). La acumulación de este gas en la atmósfera se debe a que los sumideros naturales (por ejemplo, la absorción por la vegetación y su disolución en el agua) no son capaces de capturar su creciente emisión.

Además del CO₂, otros gases que inducen el calentamiento de la Tierra, debido a su contribución al efecto invernadero, también han aumentado su concentración significativamente en los últimos años (Tabla 5.2). En términos generales, se ha estimado que el CO₂ es responsable de aproximadamente el 60% del efecto invernadero acumulado desde el siglo XVIII,

¿Qué motiva el cambio en el clima?

De la energía del sol que alcanza la atmósfera de la Tierra, parte es reflejada al espacio por nubes y aerosoles, parte es absorbida selectivamente por gases de la atmósfera y el resto alcanza la superficie del planeta, donde una fracción es absorbida y otra reflejada. La energía absorbida es posteriormente redistribuida por la circulación de la atmósfera y de los océanos y, eventualmente, es regresada al espacio en forma de radiación de longitud de onda larga (infrarrojo). La superficie de la Tierra y la parte baja de la atmósfera se calientan a una temperatura tal que la radiación infrarroja que se emite es prácticamente igual a la energía solar que se absorbe. De esta forma, cualquier factor que afecte ya sea la radiación recibida, la que se emite o, incluso, que altere la redistribución de la energía en la atmósfera y entre ésta y la Tierra o los océanos, puede afectar el clima.

Los gases de efecto invernadero tienen la propiedad de ser prácticamente transparentes a la radiación que proviene del Sol, pero absorben la radiación infrarroja. Estos gases reducen la eficiencia con que la Tierra emite radiación infrarroja (calor), produciendo un calentamiento en la parte baja de la atmósfera y la superficie del planeta. Este fenómeno se conoce como efecto invernadero y ha operado por millones de años debido a la presencia de gases como el bióxido de carbono, ozono, metano y el vapor de agua que, de manera natural, se encuentran en la atmósfera. De hecho, este efecto es responsable en gran parte de la vida en la Tierra, ya que ha permitido que la temperatura sea significativamente superior a lo que sería sin la presencia del efecto invernadero y que las oscilaciones térmicas entre el día y la noche sean menos severas. Sin embargo, cuando la cantidad de gases de efecto invernadero se incrementa en la atmósfera, se tiende a un balance positivo de la energía ya que aumenta la cantidad de radiación absorbida y, por consiguiente, la temperatura de la superficie de la Tierra.

No obstante, es incorrecto atribuirle el cambio del clima únicamente a la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ya que existen otros factores y procesos que también influyen en el clima de manera local o regional. Por ejemplo, los aerosoles, que son partículas microscópicas o gotas suspendidas en el aire (como las producidas por la quema de combustibles fósiles y de biomasa) si son de colores claros pueden reflejar la radiación que proviene del sol produciendo un efecto de enfriamiento, aunque si son de color oscuro, como las partículas de hollín, absorben la radiación e inducirían un calentamiento. Las erupciones volcánicas también pueden modificar el clima de forma importante durante periodos cortos, ya que incorporan grandes concentraciones de gases con azufre (principalmente SO_2) a la estratósfera, que son transformados en aerosoles de sulfatos que reflejan la radiación y producen un enfriamiento a corto plazo.

Otra causa de variabilidad climática está relacionada con las oscilaciones en la cantidad de radiación que emite el Sol hacia la Tierra. La más conocida es la que tiene un periodo aproximado de 11 años, pero las más importantes se presentan con ciclos de miles de años y son la causa de cambios muy profundos en el clima. Estos ciclos están asociados a variaciones en la órbita terrestre¹ que modifican la cantidad de radiación que recibe un sitio, siendo el resultado más evidente de estas variaciones las glaciaciones que se presentaron recurrentemente en la Tierra durante el Pleistoceno.

Otro fenómeno muy ilustrativo de la variabilidad climática del planeta es el conocido como El Niño², éste es un fenómeno más o menos cíclico que ocurre en

¹ Esta idea fue planteada en 1930 por el matemático Milutin Milankovitch para explicar la ocurrencia de la Edad del Hielo y las glaciaciones y fue demostrada hasta después de 1970 cuando se examinaron depósitos de foraminíferos en el fondo del mar.

² El Niño forma parte de un fenómeno más grande conocido como ENSO (El Niño Southern Oscillation) el cual incluye también al fenómeno conocido como La Niña.

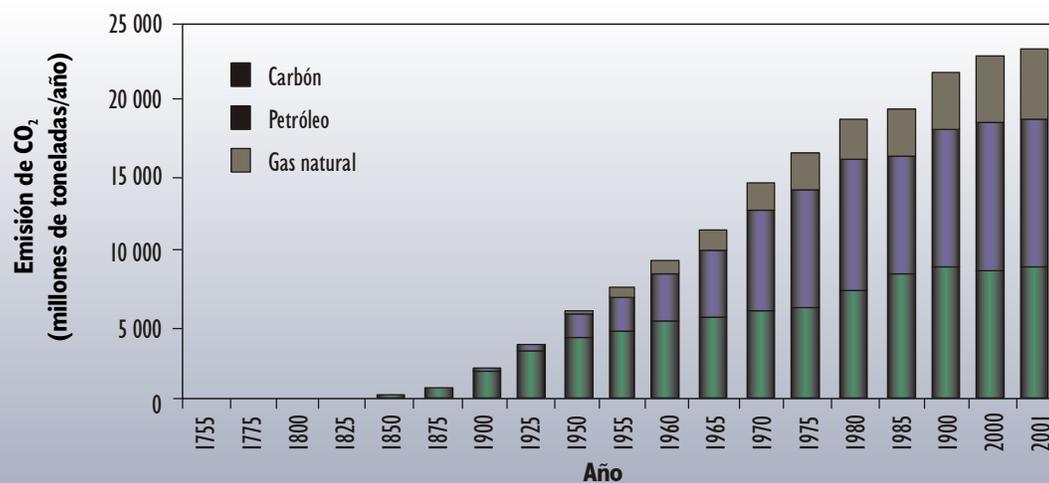
¿Qué motiva el cambio en el clima? (continuación)

un periodo que va de tres a siete años. El Niño es resultado de una interacción compleja entre la atmósfera y el océano (en el Pacífico tropical); durante este evento una masa de agua cálida se desplaza de su posición habitual en el oeste hacia las costas del continente americano, ocasionando un incremento en las lluvias en Perú y sequías en los bosques tropicales de Indonesia.

Debido a la diversidad de factores que pueden inducir cambios en el clima, e incluso, a lo complejo que son las interacciones en el mismo sistema climático, es importante que cualquier cambio presuntamente inducido por el hombre se sitúe en el contexto de la variación climática natural y que se identifiquen las señales inequívocas del factor antropogénico.

Fuente: IPCC. Climate change 2001. Technical summary. IPCC. 2001.

Figura 5.18. Emisiones mundiales de CO₂ producidas por el consumo de combustibles fósiles, 1755-2001.



Fuentes: Elaboración propia con datos de: De 1755 a 1990: WRI. *A guide to the global environment, 1998-1999*. USA. 1998; Para 2000 y 2001: IEA. *Key global statistics*. France. 2003.

el CH₄ de un 20%, el óxido nitroso (N₂O) de un 6% y los halocarbonos de un 14% (IPCC, 2001; PNUMA, 2002).

En el contexto mundial, en el 2001 se emitieron cerca de 24 mil millones de toneladas de CO₂ provenientes de la quema de combustibles (Figura 5.19), siendo los mayores emisores los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) con el 52%, seguido de los países de la ex URSS con un 14% y de China con el 13%. Estados Unidos, con sus más de cinco mil millones y media de toneladas por año es el país que más bióxido de carbono emite, cantidad que representa casi la cuarta parte de las emisiones totales del planeta. México con aproximadamente 360 millones de toneladas de CO₂ al año

es el país con la emisión más alta de América Latina y contribuye con cerca del 1% de las emisiones mundiales (IEA-OECD, 2002).

Durante la década de los noventa la emisión de CO₂ en México se incrementó en un 23.1%, casi el doble del aumento promedio de los países miembros de la OCDE que fue del 13% (OECD, 2002). En México, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en el año de 1998 las emisiones totales de todas las fuentes de energía y emisiones fugitivas fueron de un poco más de 350 millones de toneladas de CO₂, de las cuales cerca del 60% se produjeron por la generación eléctrica y el sector transporte. Si se examina la generación de CO₂ con referencia al Producto

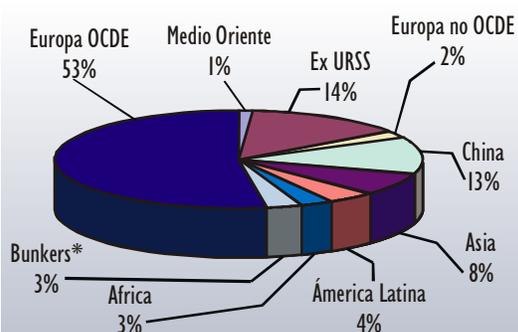
Tabla 5.2. Concentración atmosférica de los principales gases de efecto invernadero, 1980-1996.

Año	Bióxido de carbono (CO ₂) (ppm)	Óxido nitroso (N ₂ O) (ppb)	Metano (CH ₄) (ppb)
1980	338.5	299	
1981	339.8	299	
1982	341.0	301	
1983	342.6	302	
1984	344.3	303	
1985	345.7	304	1 600
1986	347.0	305	1 611
1987	348.8	306	1 619
1988	351.3	306	1 641
1989	352.8	306	1 645
1990	354.0	307	1 657
1991	355.5	307	1 673
1992	356.3	308	1 671
1993	357.0	308	1 666
1994	358.9	309	1 681
1995	360.9	309	1 670
1996	362.6	310	

Nota: ppm (partes por millón); ppb (partes por billón)

Fuente: WRI. *A guide to the global environment 1998-1999*. Oxford, USA. 1998.

Figura 5.19. Emisión de CO₂ a la atmósfera por región, 2001.



Nota: La suma de los porcentajes es superior al 100%, debido al error de redondeo.
*Bunkers: depósitos de combustible como los frecuentemente utilizados en embarcaciones.

Fuente: IEA. *Key World Energy Statistics*. France. 2003.

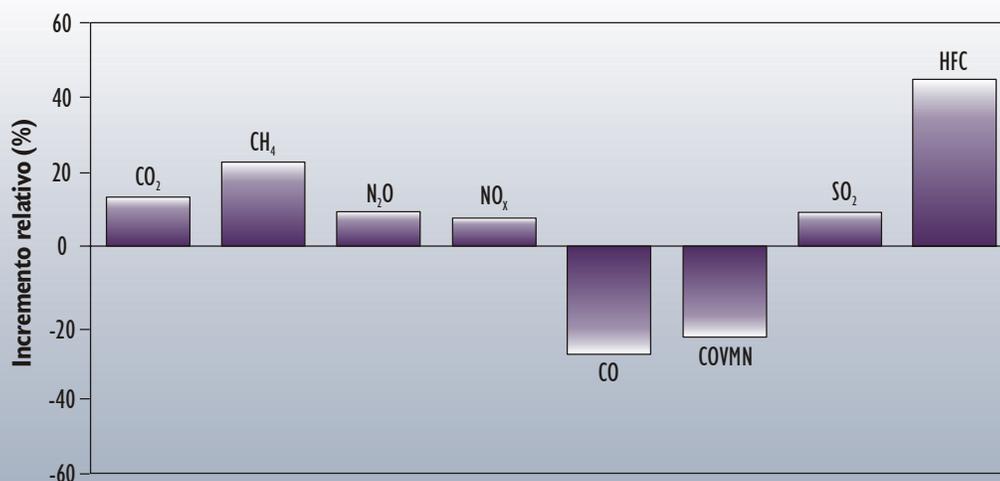
Interno Bruto del país, México— con un valor de 0.96 kg de CO₂ por dólar a precio de 1995— ocupa el sexto lugar dentro de los países de la OCDE después de la República Checa, Eslovaquia, Hungría, Polonia y Turquía (OECD, 2002). La emisión de CO₂ por habitante en México fue de 3.7 toneladas/año en 2000, el segundo más bajo de los países de la OCDE y muy por debajo de la cifra de Estados Unidos, Australia y Canadá de 20.5, 17.2 y 17.1 toneladas/año, respectivamente (OECD, 2002). En el contexto latinoamericano, países más pequeños como Trinidad y Tobago y Venezuela superan a México en las emisiones por habitante (WRI, 1998; IEA-OECD, 2002).

Los otros gases de efecto invernadero, aunque en volumen son considerablemente menores que el CO₂, contribuyen de manera significativa al calentamiento global, ya que su acción combinada de retención de calor y tiempo de permanencia en la atmósfera hacen que sus efectos sean importantes. Por ejemplo, los clorofluorocarbonos (CFC) pueden permanecer en la atmósfera más de 50 000 años y tener más de 5 000 veces el impacto por molécula sobre el calentamiento global que tiene cada molécula de CO₂ (IPCC, 2001).

La primera estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para México se realizó en 1995 con cifras de 1990 y sus resultados se presentaron ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1997. Posteriormente se calcularon las emisiones de 1994, 1996 y 1998 con la metodología revisada del IPCC de 1996. Cabe señalar que debido al cambio de método, las comparaciones del inventario de 1990 con los demás años no son correctas, mientras que las comparaciones entre los valores de los años 1994, 1996 y 1998 son válidas (Recuadro III.1.2.2).

De acuerdo con las estimaciones para 1996 de las emisiones de gases de efecto invernadero en México el CO₂ es el gas que se emitió en mayor cantidad con un poco más de 514 millones de toneladas/año² (74.3% del total de las emisiones equivalentes de CO₂). Las principales fuentes de este contaminante son la quema de combustibles fósiles que se utilizan tanto para la generación de electricidad como para el transporte. El cambio de uso de suelo también es un componente importante tanto por las emisiones que se

Figura 5.20. Cambios en las emisiones de los diferentes gases de efecto invernadero en México, 1994-1998.



*Solo se incluyen las emisiones asociadas a la combustión y fuga de combustibles.
COVMN: Compuestos orgánicos volátiles, no incluye el metano; HFC: Hidroclorofluorocarbonos.

Fuente: Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

desprenden directamente del suelo como las que se derivan de la tala y limpia de los terrenos desmontados (Cuadro III.1.2.1). Para 1998, las emisiones de CH₄ fueron de cerca de ocho millones de toneladas, generadas principalmente en los sitios de depósito de desechos sólidos y como consecuencia del tratamiento de aguas residuales; otras fuentes importantes son las emisiones asociadas a las fugas de petróleo y gas natural que contribuyeron con casi el 31% de las emisiones totales y las derivadas de actividades agrícolas, en particular la fermentación entérica, con un 24%. Las emisiones de N₂O fueron de poco menos de 50 mil toneladas, siendo su fuente primordial las actividades agrícolas. Los NO_x, CO y compuestos orgánicos volátiles son principalmente emitidos por la quema de combustibles empleados en el transporte. Los CFC son producidos únicamente por la industria y, aunque su volumen es muy pequeño en términos comparativos con los demás gases, son importantes debido a que su efecto como gas invernadero puede ser considerablemente mayor que el CO₂, ya sea por su mayor tiempo de permanencia o su mayor capacidad de retención de calor³.

Entre 1994 y 1998 se incrementaron las emisiones nacionales de casi todos los gases de efecto invernadero resaltando por su importancia en volumen las de CO₂,

asociadas a la combustión y fugas de combustibles, que aumentaron un 12.3%, y del metano con un 22.2%. En contraste, se redujeron las emisiones de CO en un 28.2% y de compuestos orgánicos volátiles en un 24% (Figura 5.20).

La gran cantidad de procesos que intervienen para determinar el clima de un lugar hace poco confiables las extrapolaciones de las tendencias registradas en el pasado para predecir el clima futuro. Por esta razón, las proyecciones sobre el clima se realizan por medio de modelos numéricos complejos que predicen la respuesta de éste ante diferentes escenarios como, por ejemplo, diferente volumen de emisiones de CO₂ o cambios en la dinámica de retención por parte de la vegetación. A pesar de la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos en los modelos, los escenarios más conservadores predicen varias consecuencias sobre aspectos tan importantes como la salud humana, los ecosistemas y la disponibilidad de los recursos hídricos, lo que ha provocado

² En 1998 no se calculó la emisión de CO₂ asociada al cambio de uso de suelo y silvicultura que en 1996 contribuyeron con cerca del 31% de las emisiones totales de este gas.

³ Esto también ocurre para otros gases de invernadero, por ejemplo, un gramo de metano, por su capacidad de retener la radiación infrarroja, equivale a 21 gramos de CO₂ y un gramo de óxido nitroso equivale a 310 gramos de CO₂, considerando un periodo de 100 años, tomando en cuenta su tiempo de residencia.

que a nivel mundial se tomen acciones decididas para evitar que las actividades humanas alteren más el clima del planeta.

De acuerdo con los modelos analizados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, para el año 2100 se habrá alcanzado una concentración de CO₂ en la atmósfera de entre 540 y 970 ppm (en el año 2000 la concentración fue de 368 ppm), la temperatura se incrementará entre 1.4 y 5.8°C más de lo registrado en 1990 y el nivel del mar también habrá aumentado entre 9 y 88 centímetros. Dentro de este escenario es muy probable que se incremente el número de muertes en el mundo por efectos de las ondas cálidas y que enfermedades como la malaria y el dengue se conviertan en un problema de salud pública mundial, ya que el área de distribución de sus organismos vectores podría extenderse.

El problema de la disponibilidad de agua, que ya se considera muy serio hoy en día en diversas regiones del mundo, podría agudizarse. Se prevé que ocurrirán cambios en la distribución espacial de las precipitaciones, por lo que habrá zonas que verán disminuida la cantidad de agua que reciben por lluvia, lo que dará lugar a que se intensifiquen las sequías en amplias zonas del mundo. Algunas de las regiones que se espera sufran los efectos más fuertes de la sequía son África y la región del Mediterráneo. Otro factor que contribuirá a la disminución de la disponibilidad de agua dulce será la disminución generalizada en su calidad debido al incremento en la temperatura. Los acuíferos costeros podrían tener problemas de intrusión salina debido a la presión ocasionada por el aumento en el nivel del mar. Asimismo, se predice una mayor ocurrencia de daños asociados a inundaciones o sequías extremas.

No se tiene una certeza de cómo se verá afectado el territorio mexicano debido al cambio climático. En el *Estudio de país*, que coordinó el Instituto Nacional de Ecología a mediados de los años noventa, se presentó un análisis sobre la vulnerabilidad de México ante el cambio climático. Los resultados obtenidos en este estudio indican que probablemente México sufra modificación en el régimen de distribución espacial y temporal de la precipitación pluvial, trayendo consigo un aumento en la ocurrencia de inundaciones, una agudización de las sequías y de los procesos

de desertificación del territorio, así como una alteración en la recarga de acuíferos. Otros efectos importantes serían daños a los ecosistemas boscosos del país, tanto por los cambios en el clima como por el incremento de los incendios, lo que a su vez profundizaría los procesos de deforestación y erosión del suelo. De acuerdo con estudios de la Conabio los tipos de vegetación más afectados serían los bosques templados, los bosques tropicales y los bosques mesófilos de montaña. En el capítulo que aborda los aspectos de la biodiversidad se describen con más detalle los efectos sobre la misma.

Agotamiento de la capa de ozono

La reducción del espesor de la capa de ozono es actualmente uno de los problemas ambientales más importantes en el mundo. El agotamiento del O₃ es causado por varios agentes que se conocen genéricamente como sustancias agotadoras de ozono (SAO). Las más conocidas son los clorofluorcarbonos (CFC), que se utilizaban ampliamente en los sistemas de refrigeración, los aerosoles, la limpieza de partes electrónicas, así como agentes esterilizadores y fumigantes, entre otros usos. Los compuestos que contienen un elemento del grupo de los halógenos (flúor, cloro, bromo o yodo) son conocidos

Figura 5.21. Concentración atmosférica de algunas sustancias agotadoras de ozono (SAO), 1977-1996.

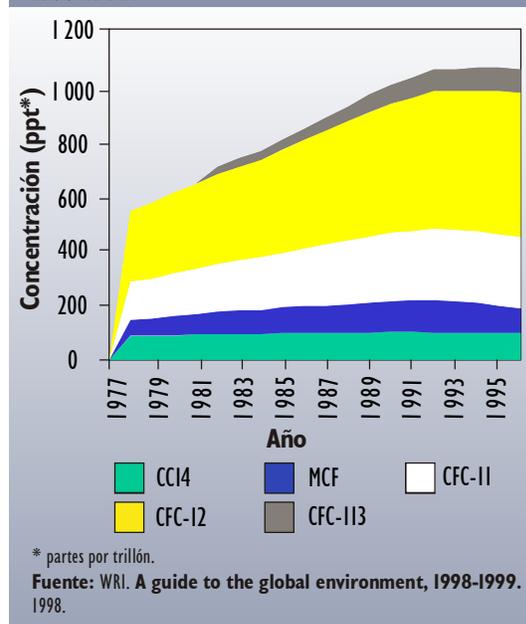
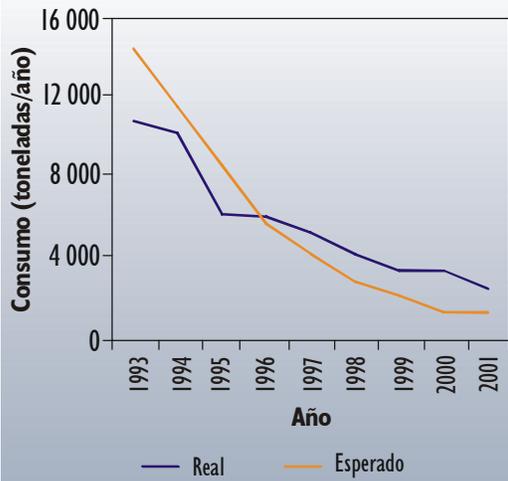


Figura 5.22. Eliminación de las sustancias agotadoras del ozono (SAO) en México, 1993-2001.

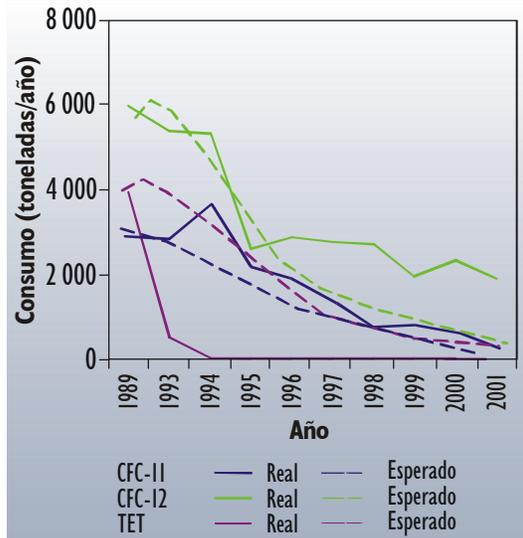


Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. México. 2002.

como halocarbonos, y de éstos los que contienen cloro o yodo afectan la capa de ozono, por lo que actualmente su producción está controlada bajo el Protocolo de Montreal, firmado el 16 de septiembre de 1987. La reducción de la capa de ozono se refleja muy claramente en la región de la Antártida donde, en 2000 el «agujero» ya había alcanzado un tamaño de 28 millones de kilómetros cuadrados (PNUMA; 2002).

Para el año de 1995 la mayoría de las sustancias agotadoras de ozono incluidas en el Protocolo de Montreal habían dejado de producirse en los países industrializados. En el caso de los países en desarrollo, en el Protocolo se especificó un periodo de gracia de diez años para su eliminación y, además, se les ofrecieron apoyos financieros que les permitirían enfrentar los costos de eliminar las SAO. A pesar de las reducciones observadas en la producción de SAO, su concentración en la atmósfera no se ha reducido (Figura 5.21). De hecho, en los escenarios más optimistas, se predice que la capa de ozono comenzará a recuperarse en 10 ó 20 años y su recuperación plena no llegará antes de la primera mitad del siglo XXI (PNUMA, 2002).

Figura 5.23. Eliminación de algunas de las principales SAO en México, 1989-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. México. 2002.

México, mediante acuerdos voluntarios, ha favorecido la eliminación de los CFC adelantándose a los controles internacionales y marcando un calendario para la reducción de SAO. La estrategia que ha seguido el país se ha basado en tres puntos: 1) controlar la producción de SAO, 2) fomentar y asesorar el uso de sustancias alternativas que minimicen los impactos en la capa de ozono y 3) capacitar a los usuarios sobre las medidas de conservación de la capa de ozono. El calendario adoptado por México para la eliminación de las SAO se muestra en el [Recuadro III.1.3.2](#).

Considerando a 1989 como año base se propuso reducir la cantidad de SAO de casi 11 000 toneladas/año a poco más de 3 500 toneladas en el año 2000 (Figura 5.22). Algunos de los resultados más notables son la reducción del CFC-11 y CFC-12, que pasaron de 2 993 y 6 000 toneladas en 1989 a 700 y 1 885 toneladas respectivamente en el año 2000, mientras que el Halón-1301 y el tetracloruro de carbono (TET) fueron eliminados por completo (Figura 5.23). No obstante, en algunos otros como el metil cloroformo, los resultados no han sido los esperados a pesar de que a partir de 1995 se ha observado una reducción sostenida.

Referencias

- Gobierno del Distrito Federal. *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1998*. México. 2002.
- IEA-OECD. *CO₂ emissions from fuel combustion 1971-2000*. France. 2002.
- IPCC. *Climate Change 2001: synthesis report*. IPCC. 2001.
- OECD. *OECD in figures: statistics on the member countries. Supplement I*. France. 2002.
- PNUMA. *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-3*. Grupo Mundi-Prensa. España. 2002.
- Semarnat, INE, Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Contaminantes. México. 2002.
- Semarnat, INE, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.
- WRI. *A guide to the global environment 1998-1999*. Oxford. USA. 1998.



6. BIODIVERSIDAD

Diversidad en México

México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo, no sólo por poseer un alto número de especies, que es la noción más común de biodiversidad, sino también por su diversidad en otros niveles de la variabilidad biológica, como el genético y el de ecosistemas. Se estima que en el país se encuentra entre un 10 y 12% de las especies conocidas para la ciencia. De acuerdo con la clasificación jerárquica de los hábitats terrestres elaborada por Dinerstein y colaboradores en 1995 para la WWF, México y Brasil son los países latinoamericanos con más tipos de ecosistemas, y nuestro país incluso es superior en cuanto a la variedad en tipos de hábitats y ecorregiones (Tabla 6.1). La extraordinaria biodiversidad del país se explica principalmente por la complejidad de su topografía, la variedad de climas y la convergencia de dos zonas biogeográficas: la Neártica y la Neotropical.

De acuerdo con la información del Inventario Forestal Nacional del año 2000, los matorrales son el bioma más importante por su extensión, ya que cubren cerca del 29%

del territorio nacional, le siguen los bosques (17%) y las selvas (16%) (Cuadro III.3.2.1). En el capítulo 2 se describen con más detalle las características y la situación de los biomas y tipos de vegetación terrestres en el país.

Además de la alta diversidad de ecosistemas terrestres, México posee una gran variedad de ecosistemas acuáticos marinos, dulceacuícolas y costeros. En el país existen más de 70 cuencas fluviales; los ríos que drenan hacia el Pacífico son generalmente pequeños, de flujo rápido y con pendientes pronunciadas, mientras que los que desembocan en el Golfo de México y el Caribe son, en general, grandes, caudalosos y con pendientes suaves. Los ríos más importantes por su volumen medio anual son, en la vertiente del Pacífico, el Colorado, Yaqui, Fuerte, Culiacán, Lerma-Santiago, Balsas, Papagayo, Ometepec, Verde, Tehuantepec y Suchiate; en la vertiente del Golfo, el Bravo, Pánuco, Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta y, para la vertiente del Mar de las Antillas, el Río Hondo. Los ríos del interior más importantes son el Nazas, Aguanaval, Santa María, Casas Grandes y del Carmen.

Tabla 6.I. Comparación de la riqueza de ecosistemas, hábitats y ecorregiones de algunos países de América Latina y el Caribe.

País	Tipo de ecosistema	Tipo de hábitat	Número de ecorregiones
México	(5/5)	9/11	(51/191)
Brasil	(5/5)	8/11	(34/191)
Colombia	(4/5)	6/11	(29/191)
Argentina	(3/5)	6/11	(19/191)
Chile	(3/5)	4/11	(12/191)
Costa Rica	(3/5)	4/11	(8/191)

Los números entre paréntesis corresponden a la clasificación jerárquica de los hábitats terrestres de América Latina y el Caribe que se muestra a continuación:

Tipo de ecosistema	Tipo de hábitat	Número de ecorregiones
I. Bosques tropicales de hoja ancha	1. Bosques húmedos tropicales de hoja ancha	55
	2. Bosques secos tropicales de hoja ancha	31
II. Bosques de coníferas y bosques templados de hoja ancha	3. Bosques templados	3
	4. Bosques tropicales y subtropicales de coníferas	16
III. Pastizales/sabanas/matorrales	5. Pastizales, sabanas y matorrales	16
	6. Pastizales inundables	13
	7. Pastizales montanos	12
IV. Formaciones xéricas	8. Matorrales mediterráneos	2
	9. Desiertos y matorrales	27
	10. Restingas	3
V. Manglares	11. Manglares	13

Fuente: Conabio. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. México. 1998; Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec. *Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The World Bank/The World Wildlife Fund. Washington, D. C. 1995.

Dentro de los cuerpos de agua lénticos existen alrededor de 70 lagos de tamaño muy diverso que, en conjunto, cubren una superficie cercana a las 371 mil hectáreas. El mayor número de lagos en el país se localiza en la zona del Eje Volcánico Transversal, asociados al sistema Lerma-Santiago; la zona centro-occidente (que incluye los estados de Jalisco y Michoacán) es la más importante, ya que alberga los lagos más grandes: Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro. Los embalses artificiales también son relevantes, ya que las más de 4 500 obras de almacenamiento actualmente cubren una superficie mayor que los embalses naturales. Los embalses artificiales más grandes del país son las presas La Amistad, Falcón, Vicente Guerrero, Álvaro Obregón, Infiernillo, Cerro del Oro,

Temascal, Caracol, Requena y Venustiano Carranza.

En números absolutos los ecosistemas acuáticos continentales tienen relativamente pocas especies, pero su número por unidad de área es ligeramente superior a lo encontrado en ecosistemas terrestres y más de 15 veces superior a los ecosistemas marinos (Arriaga *et al.*, 2000). A nivel mundial, cerca del 12% de las especies animales y el 41% de todas las especies de peces viven en los ríos y lagos dulceacuícolas. En México las aguas continentales —a pesar de que comparativamente ocupan una superficie muy pequeña del país— albergan una gran variedad de grupos taxonómicos.

La descripción de la diversidad de los ecosistemas acuáticos en México está basada fundamentalmente en los peces, ya que son el grupo del que se tiene la información más completa y podría reflejar la magnitud de la diversidad de otros taxa. A la fecha se han descrito alrededor de 384 especies de peces dulceacuícolas, cantidad que duplica lo registrado en países como Japón (186 especies), Canadá (177) o Turquía (152), aunque es inferior a la de Estados Unidos, que tiene más de 800 especies.

Los ríos con más diversidad de peces son el Pánuco con 75 especies (30% endémicas), Lerma-Santiago con 57 especies (58% endémicas), Coatzacoalcos con 53 especies (13% endémicas) y Papaloapan con 47 especies (21% endémicas) (Miller, 1986). Algunos de los sistemas lacustres más importantes por su biodiversidad y alto número de endemismos conocidos son el Lago de Chapala, los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental, el Lago de Catemaco, la Laguna de Chichankanab y el Lago de la Media Luna. Cuatro Ciénegas, en el estado de Coahuila, es un sitio particularmente importante, ya que en esta pequeña zona viven 12 especies de crustáceos (la mitad son endémicas), 33 especies de moluscos, 16 especies de peces (la mayoría endémicas y en peligro de extinción: *Dionda episcopa*, *Cyprinodon atrotus*, *Lucania interioris*, *Cichlasoma minckleyi*, entre otras), una herpetofauna de 70 especies y 61 aves acuáticas reportadas (Arriaga *et al.*, 2000).

Los ecosistemas costeros incluyen una gran variedad de biomas altamente productivos que han estado sujetos a una enorme presión en todo el mundo. Excluyendo a las costas de la Antártica, que están relativamente bien conservadas, de la totalidad de las tierras ubicadas dentro de la zona costera, el 19% está fuertemente alterado y otro 10% presenta una fragmentación notoria (WRI, 2000). De entre los ecosistemas costeros más importantes se encuentran los manglares, las lagunas costeras y los arrecifes de coral.

Los manglares están ampliamente distribuidos en las costas de México, tanto del Pacífico como del Golfo de California y Atlántico (Golfo de México y el Caribe). Estas comunidades vegetales tienen un papel fundamental en la producción de pesquerías tropicales debido a que numerosas especies de peces, moluscos y crustáceos los utilizan como sitios de desove. Además del aprovechamiento de los árboles

de mangle como leña, los manglares son importantes porque ayudan a estabilizar las líneas costeras y disminuyen los efectos negativos de tormentas y marejadas.

No existe información completa de la magnitud de pérdida que han sufrido los manglares en México y el mundo. De acuerdo con estimaciones del World Resources Institute (WRI), México ha perdido alrededor del 65% de sus manglares, cifra sólo comparable con la reportada en Panamá (67%), pero muy por arriba de otros países de Latinoamérica como Guatemala (32%), Jamaica (30%), Perú (25%) y El Salvador (6%). Los valores más altos de destrucción de manglares reportados en el mundo son los de Tailandia (84%), Paquistán (78%) y Malasia (74%).

De las aproximadamente 55 especies de árboles de mangle que se conocen en el mundo, México cuenta con seis: mangle negro (*Avicennia germinans* y *A. bicolor*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle* y *R. harrisonii*). Las principales amenazas de los manglares en el país son la tala motivada por la ampliación de la frontera agrícola-ganadera, la destrucción ocasionada por el desarrollo de centros turísticos y urbanos, así como la construcción de granjas camaronícolas.

Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales producto del encuentro de dos masas de agua distintas—una proveniente del escurrimiento de ríos y otra del mar—debido a la actividad de las mareas. Constituyen uno de los sistemas naturales más productivos del mundo por la entrada de nutrientes provenientes de las comunidades vegetales que las rodean y de la materia orgánica que se retiene en el sedimento. Debido a sus condiciones naturales, sirven de área de reproducción para especies como jaiba, langosta, camarón, caracol y numerosos peces. Además, proporcionan refugio y alimento para aves acuáticas residentes y migratorias y son sitios de anidación de otras especies. México cuenta con 137 lagunas costeras, de las cuales 92 pertenecen al litoral del Pacífico y 45 al Golfo de México y el Caribe. Dichas lagunas son ecosistemas caracterizados por una alta biodiversidad. Las más importantes por su tamaño son la Laguna Madre en Tamaulipas, Bahía Magdalena en Baja California Sur y la Laguna de Términos en Campeche.

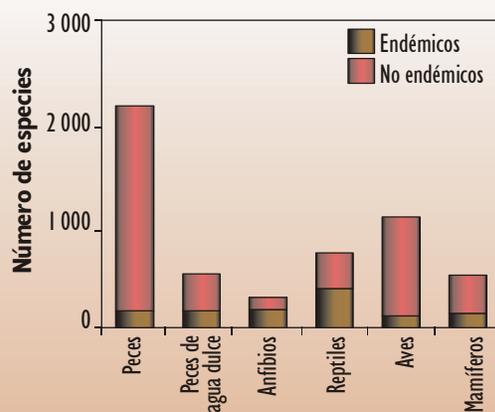
Los arrecifes de coral son el resultado de la acumulación de residuos cementados de carbonatos provenientes de los esqueletos de pequeños animales (pólipos) que habitan principalmente en aguas tropicales claras y poco profundas. Son ecosistemas que albergan una gran diversidad de flora y fauna; se estima que más de un millón de especies viven en los aproximadamente 255 000 km² que ocupan los arrecifes someros en el mundo. Los más extensos del planeta se encuentran en el Pacífico occidental y el sudeste asiático. Los principales arrecifes mexicanos se localizan en la región del Caribe y representan sólo el 8.2% de los arrecifes del orbe (WRI, 2001).

Los arrecifes de coral están distribuidos en las costas del país, tanto en el Océano Pacífico, como en el Golfo de México y el Mar Caribe; en esta última zona, el arrecife forma una barrera discontinua de alrededor de mil kilómetros de longitud que se prolonga hasta Honduras y es considerada como la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, después de la Gran Barrera de Arrecifes de Australia. Además de los arrecifes de la zona del Caribe, también se encuentran formaciones importantes en los municipios de La Paz y Los Cabos (Arrecifes Cabo Pulmo), Baja California Sur, y en Tuxpan (Arrecifes Tuxpan), Veracruz. Estos ecosistemas son extremadamente vulnerables a los efectos directos e indirectos de la actividad humana. Si bien los daños directos al coral, como la extracción y su destrucción por obras de infraestructura o desarrollo urbano, son los más visibles, los daños indirectos son más importantes. Hoy en día, las principales amenazas de los arrecifes son la contaminación, la erosión del suelo en zonas costeras, la sobrepesca, el turismo marino y el cambio climático global. Con respecto a este último punto cabe señalar que los corales contienen algas microscópicas (zooxantelas) que viven dentro de sus tejidos en una sociedad mutualista. Cuando los corales están en estrés por un incremento en la temperatura del agua, pierden a las algas de sus tejidos y se tornan más blancos. Este fenómeno, que se conoce como «blanqueamiento del coral», puede llegar a producir su muerte. El blanqueamiento del coral se ha presentado en varias ocasiones durante los eventos de El Niño, sin embargo el más extenso registrado hasta la fecha ocurrió en los años de 1997-1998 y es, además de una señal preocupante de los efectos del calentamiento global de la Tierra, una evidencia del grado de vulnerabilidad de estos ecosistemas.

Se reconoce que México es uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo; el número total de especies descritas es de casi 65 000, cifra muy por debajo de las más de 200 000 especies que, se estima habitan el país. México es la nación que cuenta con el número más alto de reptiles del mundo con 704 especies (52% endémicas), lo que representa el 11% de las especies de este grupo conocidas en el planeta; en mamíferos, ocupa el quinto lugar con 491 especies (29% endémicas), el cuarto en anfibios con 290 especies (60% endémicas) y tiene una rica avifauna de más de 1 000 especies (Figura 6.1).

La flora mexicana consta de más de 26 000 especies con un nivel de endemismo superior al 40%, entre las que destacan familias como las cactáceas con 850 especies (84% endémicas) y orquídeas con 920 especies (48% endémicas), así como el género *Pinus* con 48 especies (43% endémicas). El recuento del número de especies de los principales grupos

Figura 6. 1. Riqueza de especies de vertebrados en México.



Fuente: Conabio. La diversidad biológica de México: estudio de país. México, 1998.

biológicos descritos y registrados en México se puede consultar en los Cuadros III.4.2.1 y III.4.2.2.

El inventario completo de la riqueza biológica de México y su nivel de endemismo es una tarea que no ha sido concluida debido, entre otras razones, a la diversidad de grupos biológicos que aún no están bien estudiados o colectados como los hongos, invertebrados terrestres y acuáticos y

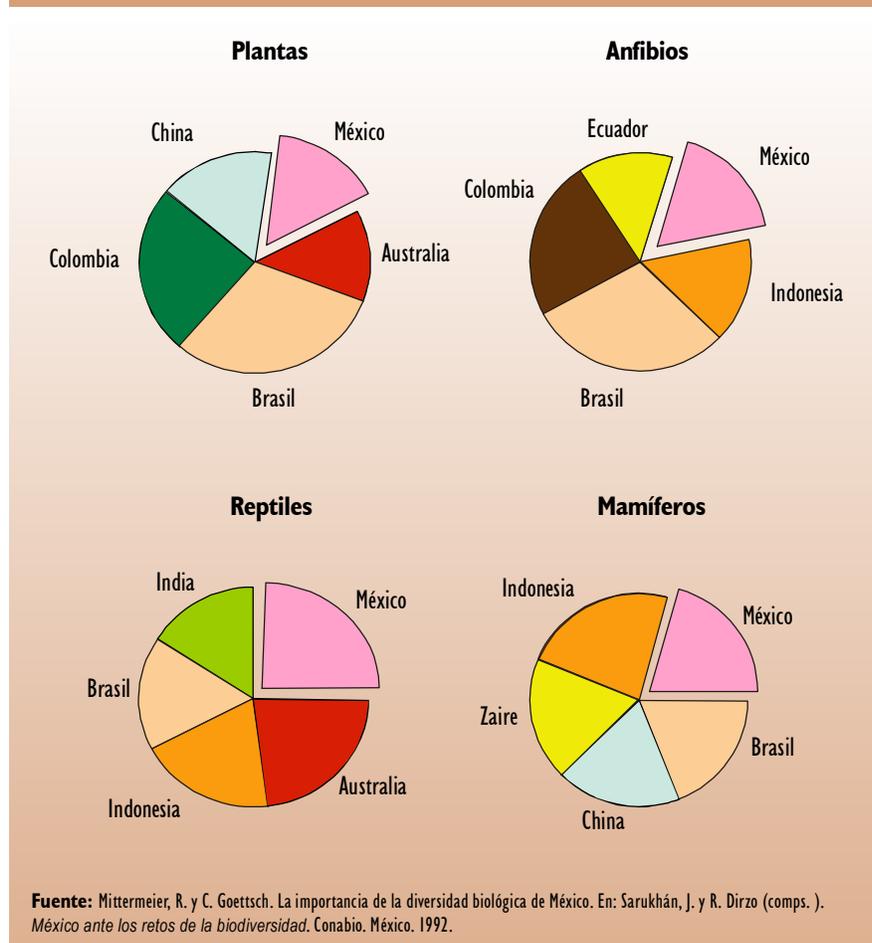
organismos microscópicos, por lo que las cifras que se presentan para estos grupos seguramente aumentarán en la medida en que se profundice su estudio.

México, Brasil, Colombia e Indonesia son los países considerados como los más diversos del mundo y tienen consistentemente el mayor número de especies de los principales grupos biológicos (Figura 6.2). México, Australia y Estados Unidos son, dentro de los países miembros de la OCDE, los más diversos; sin embargo, cuando se toma en cuenta el área de cada país, México tiene muchas más especies por km² de superficie que cualquier otro miembro de esta organización.

Además del alto número de especies, la diversidad de México es relevante porque muchas de las especies de importancia agrícola tuvieron su origen en nuestro territorio.

De hecho, México es el único país megadiverso que se encuentra en lo que se conoce como la «faja génica», que circunda al mundo entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. Este hecho se refleja en la gran diversidad de especies y variedades de plantas cultivadas. Por ejemplo, el género *Phaseolus* (donde se encuentra el frijol común) está representado en el país por 35 especies, muchas de las cuales son cultivadas o utilizadas en diversas regiones del territorio. También se encuentra la especie *Zea diploperennis*, pariente silvestre del maíz (*Zea mays*), que presenta genes que determinan la resistencia a varias de las enfermedades de su pariente cultivado, por lo que podría ser la única fuente de genes disponible para mejorar esta planta (Ramamoorthy *et al.*, 1998).

Figura 6.2. Países con mayor diversidad biológica de vertebrados y plantas.



La diversidad genética ha sido utilizada ampliamente por el hombre durante los procesos de selección artificial que han llevado a la domesticación de numerosas especies de plantas y animales. Recientemente se han multiplicado los trabajos encaminados a conocer aspectos de la variabilidad genética de las especies silvestres mexicanas, el número de ellas a las que se les han evaluado aspectos relacionados con la variabilidad genética es aún bajo. No obstante, la existencia de centros de diversificación de varios géneros como *Pinus* y *Quercus* es una muestra de la gran diversidad genética potencial que existe en las especies mexicanas.

México es también considerado uno de los centros de domesticación de plantas más importantes del mundo, ya que se estima que al menos 120 especies de plantas han sido domesticadas en el territorio que ahora ocupa nuestro país (Hernández-Xolocotzi, 1998) (Cuadro III.4.3.1). En contraste con las plantas, el número de especies de animales que se han domesticado es mucho menor, ya que apenas se reconocen 12 razas (cuatro de ovejas, dos de caballos, tres de cerdos, una de cabras y dos de ganado vacuno) (Cuadro III.4.3.2) de las aproximadamente 4 000 que se han registrado en el mundo (Conabio, 1998).

El esfuerzo más importante para conocer y sistematizar la información biológica de México está a cargo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). El SNIB integra la información taxonómica, ecológica, geográfica y bibliográfica de las especies de México en un sistema que permite el análisis a nivel genético, de especies y de ecosistemas en diversas escalas espaciales (local, nacional y regional). Actualmente, el sistema cuenta con información de alrededor de 4 millones de registros curatoriales. De acuerdo con la información hasta ahora contenida en el SNIB (sin incluir los peces), los biomas con más especies son las selvas perennifolias y subperennifolias, los bosques de coníferas y encinos y los matorrales xerófilos (Figura 6.3), aunque, considerando la superficie que ocupa cada bioma (Tabla 6.2), los bosques mesófilos son los que tienen más especies por unidad de área. Los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca registran el

mayor número de especies (véase Cuadros III.4.2.3 y III.4.2.4) siendo, este último estado, el que presenta el mayor número de especies de vertebrados endémicos a México (Flores y Gerez, 1994).

Amenazas a la biodiversidad

Al igual que en muchas partes del mundo, en México existe una fuerte presión sobre la biodiversidad en sus tres niveles. Las principales amenazas son la conversión de los ecosistemas naturales a sistemas productivos (agrícolas o ganaderos), la contaminación, el cambio climático, la sobreexplotación de poblaciones y la introducción de especies exóticas. A pesar de que la extinción de especies es un proceso natural, durante los últimos años la tasa de extinción registrada es más de mil veces mayor que las estimadas con el registro fósil (Wilson, 1988; Gentry, 1996). El número de especies consideradas extintas en el mundo desde 1600 a la fecha es de aproximadamente 800, muchas de las cuales se extinguieron en el último siglo. De acuerdo con la «lista roja» que publica la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) cerca del 24% de las especies de mamíferos y 12% de las especies de aves del mundo se encuentran amenazadas. América Latina y el Caribe son, después de la región Asia-Pacífico, los que cuentan con más especies de vertebrados amenazadas (Tabla 6.3) (PNUMA, 2002). En 1998, en México se tenían registradas alrededor de 50 especies extintas, siendo los peces el grupo más afectado con 19 especies, 18 de las cuales eran endémicas (Conabio, 1998) (Tabla 6.4).

De acuerdo con la NOM-059-ECOL-1994, de las 4 661 especies de vertebrados registradas en México casi 10% se encontraba en la categoría de amenazados y 4% en peligro de extinción. Mención especial merecen los peces de agua dulce, ya que más del 11% se encuentra en peligro de extinción (Cuadro III.4.2.2, Figura 6.4) como consecuencia de la alteración de su hábitat por problemas de contaminación, desecación o cambios en la dinámica hidrológica de los ríos por obras de extracción de agua para fines agrícolas, industriales o urbanos. Con la nueva clasificación de especies descrita en la NOM-059-ECOL-2001 algunos grupos incrementaron sensiblemente el número de especies amenazadas o en peligro de extinción, por ejemplo, los peces pasaron de 59 a 70 y las aves de 56 a 72.

Tabla 6.2. Tipos de vegetación presentes en México y superficie que ocupan.

Grandes biomas	Biomás	Tipos de vegetación	Superficie (ha)	
Bosque	Bosque de coníferas	Bosque de táscate	170 921.44	
		Bosque de táscate con vegetación secundaria	145 986.18	
		Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	166 549.11	
		Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro) con vegetación secundaria	24 237.45	
		Bosque de pino	5 682 283.09	
		Bosque de pino - encino	6 662 928.45	
		Matorral de coníferas	649.42	
		Bosque de pino - encino con vegetación secundaria	2 106 953.47	
		Bosque de pino con vegetación secundaria	1 555 738.17	
		Bosque de encino - pino	3 292 422.30	
	Bosque de coníferas y encinos	Bosque de encino - pino con vegetación secundaria	874 064.19	
		Bosque de encino	8 714 844.69	
		Bosque de encino con vegetación secundaria	3 282 573.40	
	Bosque de encino	Bosque mesófilo de montaña	1 024 884.38	
		Bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria	798 800.43	
	Selva	Selva perennifolia y subperennifolia	Selva alta y mediana perennifolia	1 701 979.25
			Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria	2 130 139.62
			Selva baja perennifolia	53 668.31
			Selva baja perennifolia con vegetación secundaria	528.53
Selva alta y mediana subperennifolia			1 736 913.09	
Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria			4 360 297.04	
Selva baja subperennifolia			485 699.82	
Selva baja subperennifolia con vegetación secundaria			674 456.47	
Selva subcaducifolia			Selva mediana subcaducifolia	483 526.80
			Selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria	4 093 966.95
		Selva baja subcaducifolia	46 832.17	
Selva caducifolia		Selva baja subcaducifolia con vegetación secundaria	25 151.39	
		Selva baja caducifolia	6 802 698.67	
		Selva baja caducifolia con vegetación secundaria	8 049 228.44	
		Selva mediana caducifolia	142 861.09	
		Selva mediana caducifolia con vegetación secundaria	60 877.95	
		Matorral subtropical	1 439 426.19	
		Matorral subtropical con vegetación secundaria	1 315 308.91	
Selva baja espinosa		Selva baja espinosa	186 788.28	
	Selva baja espinosa con vegetación secundaria	439 094.17		
	Matorral crasicale	1 201 932.59		
Matorral	Matorral xerófilo	Matorral crasicale con vegetación secundaria	414 716.02	
		Matorral sarcocrasicale	2 343 638.97	
		Matorral sarcocrasicale con vegetación secundaria	24 075.49	
		Matorral sarcocrasicale de neblina	581 588.36	
		Matorral sarcocrasicale de neblina con vegetación secundaria	1 847.94	
		Matorral sarcocale	5 288 371.17	
		Matorral sarcocale con vegetación secundaria	141 750.91	
		Matorral desértico micrófilo	19 993 227.29	
		Matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria	2 011 684.17	
		Matorral desértico rosetófilo	10 276 364.58	
	Matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria	Matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria	356 757.55	
		Matorral rosetófilo costero	465 888.93	
		Matorral rosetófilo costero con vegetación secundaria	26 037.46	
		Matorral espinoso tamaulipeco	2 596 650.11	

Tabla 6.2. Tipos de vegetación presentes en México y superficie que ocupan (continuación).

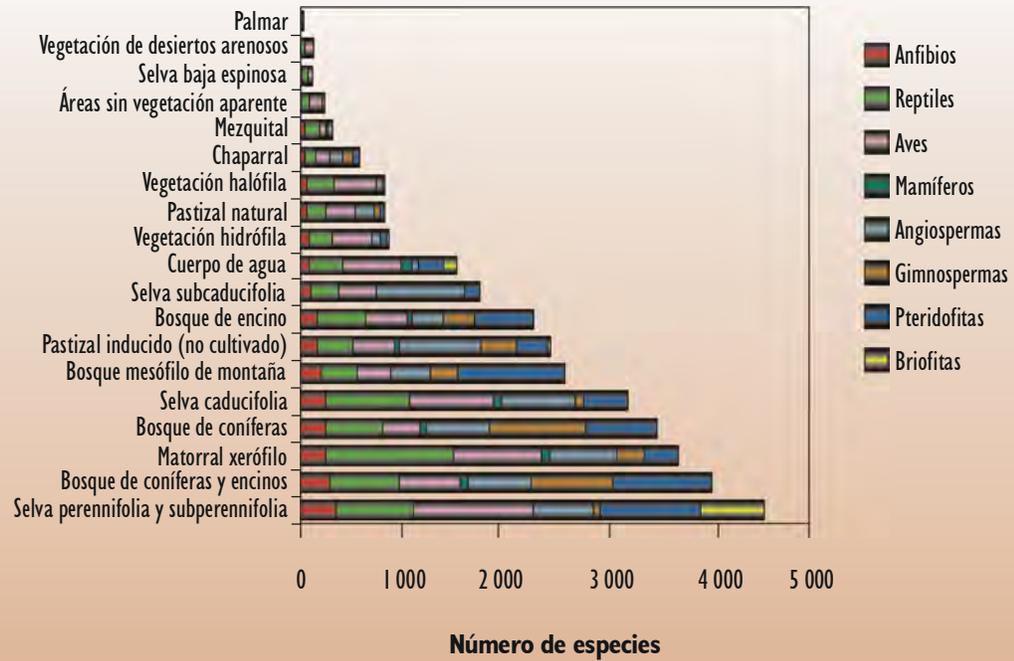
Grandes biomas	Biomas	Tipos de vegetación	Superficie (ha)
Pastizal	Mezquital	Matorral espinoso tamaulipeco con vegetación secundaria	854 027.09
		Matorral submontano	2 370 449.97
		Matorral submontano con vegetación secundaria	437 403.04
		Mezquital (incluye huizachal)	2 669 590.38
		Mezquital (incluye huizachal) con vegetación secundaria	516 285.70
	Chaparral	Chaparral	2 702 156.36
		Chaparral con vegetación secundaria	313 738.21
	Pastizal inducido (no cultivado)	Pastizal inducido	6 665 165.68
		Pastizal natural	6 468 282.74
	Otros tipos de vegetación	Vegetación de desiertos arenosos	Pastizal natural con vegetación secundaria
Vegetación de desiertos arenosos			2 170 631.82
Vegetación halófila		Vegetación de desiertos arenosos con vegetación secundaria	1 391.88
		Vegetación de dunas costeras	169 927.24
		Vegetación halófila y gipsófila	4 857 661.79
Vegetación hidrófila		Vegetación halófila y gipsófila con vegetación secundaria	255 889.94
		Manglar	948 643.76
		Manglar con vegetación secundaria	7 222.37
		Popal - Tular	1 081 407.94
Palmar		Vegetación de galería (incluye bosque y selva de galería)	208 706.97
	Palmar	126 559.26	
	Palmar con vegetación secundaria	1 300.09	
Plantaciones	Plantaciones (bosque cultivado)	25 465.20	
	Áreas sin vegetación aparente	955 017.47	
Total			151 483 194.53

Fuente: INEGI. Conjunto de datos vectoriales de la *Carta de uso de suelo y vegetación serie II, 1993*. México. 2002.

Las cifras anteriores no dejan duda de que el problema de la conservación en México es grande y se requieren programas inmediatos para proteger especies importantes como el berrendo (*Antilocapra americana*), el conejo de los volcanes (*Romerolagus diazii*), el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), tortugas marinas, cocodrilos, caimanes, tortugas del desierto, salamandras y muchas de las especies de peces de agua dulce que están amenazadas seriamente (Conabio, 1998).

La transformación de ecosistemas naturales para fines agropecuarios u otras formas de degradación del hábitat (por ejemplo debido a la contaminación) son, sin duda, las principales amenazas de la biodiversidad mexicana. Las últimas estimaciones realizadas indican que cerca de la mitad del territorio nacional ha sido modificado intensamente. Las selvas tropicales han sido el bioma más afectado, al grado que hoy en día las selvas primarias no llegan a cubrir ni siquiera la mitad de la superficie que

Figura 6.3. Especies de flora y fauna presentes en los diferentes biomas de México de acuerdo con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad .



Fuente: Conabio. La diversidad biológica de México: estudio de país. México, 1998.

Tabla 6.3. Especies de vertebrados amenazados en el mundo según la UICN.

Región	Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios	Peces	Total
África	294	217	47	17	148	723
Asia y el Pacífico	526	523	106	67	247	1 469
Europa	82	54	31	10	83	260
Latinoamérica y el Caribe	275	361	77	28	132	873
América del Norte	51	50	27	24	117	269
Asia Occidental	0	24	30	8	9	71
Polar	0	6	7	0	1	14

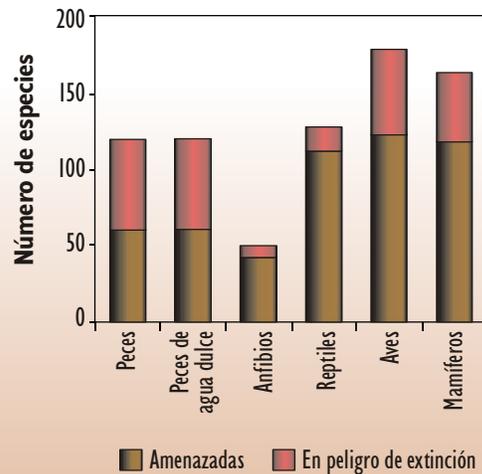
Fuente: United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Center. GEO3 Endangered Animals Snapshot. 2001.

Tabla 6.4. Número de especies de plantas y vertebrados que se han extinguido desde el año 1600 en el mundo y en México.

Grupo	Especies extintas	
	Mundo	México
Plantas	595 ¹	15 ²
Peces	92 ³	19 ³
Anfibios	5 ³	1 ⁴
Reptiles	21 ³	0 ⁴
Aves	108 ³	8 ⁵
Mamíferos	89 ³	4 ⁵
Total	910	47

Fuente: Conabio. La diversidad biológica de México: estudio de país. México, 1998, tomado de ¹WCMC, 1992; ²Vovides y Medina, 1994; ³UICN, 1996; ⁴UICN, 1998 y ⁵Ceballos, 1993.

Figura 6.4. Número de especies de vertebrados amenazados y en peligro de extinción en México*.



* Según la NOM-059-ECOL-1994.

Fuente: Conabio. La diversidad biológica de México: Estudio de país. México, 1998.

originalmente cubrían. Las estimaciones de la tasa de deforestación de México se encuentran entre las más altas del mundo; entre 1993 y 2000 la vegetación silvestre, tanto primaria como secundaria, se perdió a una tasa estimada de más de un millón de hectáreas anuales (véase capítulo 2). Las selvas—uno de los ecosistemas más diversos—han sufrido la más alta tasa de destrucción alcanzando valores de 1.58% en promedio anual, aunque en algunos lugares, como la región de Los Tuxtlas, las selvas altas perennifolias han registrado tasas de deforestación de 4.2% anual (Dirzo, 1992). El principal destino de las superficies deforestadas es la actividad agrícola y ganadera. Sin embargo, la superficie agrícola no ha aumentado de manera significativa en los últimos años lo que desafortunadamente muestra que la destrucción de los ecosistemas naturales no se ha traducido en un incremento real de áreas productivas. Los estados del sureste del país son los que más rápidamente están perdiendo sus áreas boscosas.

Las estimaciones de las tasas de deforestación para México han respondido a propósitos distintos y han utilizado diferentes fuentes de datos y varían desde 316 000 hasta 790 000 hectáreas anuales. La estimación más reciente fue

a partir de la comparación de los inventarios nacionales de 1993 y 2000, que señala una tasa de deforestación de casi 785 000 hectáreas por año (véase capítulo 2).

Muchas de las causas que promueven la reducción del número de especies también afectan la diversidad genética, ya que la reducción del tamaño de las poblaciones y la extinción implican una disminución de la poza génica de la especie. En términos generales se considera que la domesticación y las prácticas agrícolas tradicionales promovieron en el pasado la diversidad genética, debido a que frecuentemente favorecían la dispersión y la entrecruza con individuos de poblaciones relativamente alejadas o diferenciadas. Sin embargo, la agricultura actual—sobre todo la intensiva—ha contribuido a reducir la variabilidad genética, porque se ha sustituido el uso de variedades locales por especies con rendimientos altos (por lo regular introducidas), muy específicas para las condiciones ambientales del sitio y con una alta uniformidad fenológica y de producción, resultado de una baja variabilidad genética (OECD, 1996).

El cambio global y, en particular, el cambio climático (véase *¿Qué motiva el cambio en el clima?* en el capítulo 5) es un factor de riesgo para la distribución y eventual existencia de las especies en México y el mundo. Los cambios en la temperatura y distribución de la precipitación afectarán la distribución de los biomas y, por ende, de las especies que en ellos habitan. Considerando los cambios en la temperatura y precipitación que se pronostican, en México los tipos de vegetación más afectados serán los bosques templados, los tropicales y los mesófilos de montaña. Si bien no existe una predicción definida de los efectos sobre los ecosistemas acuáticos mexicanos, se ha documentado que la radiación ultravioleta afecta negativamente al fitoplancton y zooplancton (Arriaga *et al.*, 1998), por lo que se esperan efectos en cascada sobre los niveles tróficos superiores de las comunidades acuáticas. Los sistemas arrecifales han sido identificados como ecosistemas susceptibles de ser afectados por el cambio climático—evidenciado con el incremento del llamado blanqueamiento del coral—, por lo que muy probablemente los arrecifes mexicanos también estén sufriendo este fenómeno.

Cada año, los incendios forestales son responsables de la afectación de superficies importantes en todo el país, principalmente durante la época seca. En el periodo 1998-2000 se presentaron 9 079 incendios forestales al año en promedio, con una superficie afectada promedio de 330 000 hectáreas; el peor año fue 1998 cuando, debido a sus condiciones de elevada temperatura, el número de incendios se elevó casi un 50% con una afectación cercana a 850 000 hectáreas en todo el territorio nacional. La mayor parte de las superficies afectadas estaban cubiertas por pastizales, vegetación herbácea y arbustos, sólo el 21% correspondió a zonas arboladas. A pesar de que los incendios se consideran un riesgo natural, la mayoría están asociados a actividades humanas, principalmente a las agropecuarias como la quema de pastos y la práctica de roza-tumba y quema.

Las principales amenazas para la diversidad de los ecosistemas acuáticos continentales están relacionadas con la contaminación y la destrucción del hábitat de las especies (véase capítulo 4), mientras que los ambientes costeros y marinos son amenazados básicamente por la contaminación, sobreexplotación, prácticas de pesca inadecuadas, turismo, actividades petroleras y falta de programas de manejo (Arriaga *et al.*, 1998, 2000). La construcción y operación de las presas han afectado de manera importante lagunas costeras y estuarios, debido a la modificación de los flujos de agua dulce a dichos cuerpos de agua, con los consecuentes daños a su biodiversidad.

Aunque los beneficios de la biotecnología son innegables y a pesar de que no se tiene una certeza completa de los riesgos que representan los organismos genéticamente modificados (OGM) para los componentes de la biodiversidad, los posibles efectos que traería su introducción y eventual contacto con especies silvestres variarían desde lo que se podría llamar una “contaminación génica”, con consecuencias no fácilmente predecibles para las especies, hasta cambios en las interacciones intra e interespecíficas de las comunidades que son la base del funcionamiento de los ecosistemas.

Debido a la preocupación que se ha generado en el país por los posibles efectos sobre la salud humana y el ambiente derivados de la introducción de OGM, en 1999 se creó la

Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) que tiene entre sus objetivos coordinar las políticas de la Administración Pública Federal relativas a la bioseguridad y a la producción, importación, exportación, movilización, propagación, liberación, consumo y, en general, el uso y aprovechamiento de los OGM, sus productos y subproductos. Por su parte, la Conabio desde finales de 1998 inició el desarrollo de un sistema enfocado a determinar los riesgos que, para las especies silvestres, constituye la liberación en el ambiente de organismos vivos modificados. La Conabio ha recabado e integrado el sistema de información bibliográfica sobre la ecología, genética y demografía de los géneros *Cucurbita*, *Gossypium*, *Cucumis*, *Glycine*, *Carica*, *Zea* y *Carthamus*, que fueron determinados como prioritarios, según los requerimientos de la Cibiogem.

Conservación de la biodiversidad

Especies prioritarias

Ante el enorme reto de conservar el elevado número de especies de flora y fauna mexicanas, y considerando la dificultad de contar con programas individualizados para todas ellas, el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000 propuso una serie de proyectos para un conjunto de plantas y animales que, a juicio de los especialistas, deberían ser las especies prioritarias. Algunos de los criterios que se tomaron en cuenta para seleccionar estas especies fueron: el riesgo de extinción, la factibilidad de recuperarlas y manejarlas, los posibles efectos adicionales que produciría su conservación directa (por ejemplo, la conservación de otras especies o hábitat) y su valor por ser especies carismáticas o bien poseer un alto grado de interés cultural o económico. La parte medular de dichos proyectos consistió en la creación de santuarios y la formación de Comités Técnico-Consultivos para la Recuperación de Especies Prioritarias, encargados de organizar y conjuntar intereses de todas aquellas instituciones y personas involucradas e interesadas en la conservación de estas especies. En la actualidad ya se tienen elaborados y publicados diez programas de manejo (véase **Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias**) (Tabla 6.5).

Áreas naturales protegidas

La creación de zonas protegidas ha sido la principal respuesta a la destrucción acelerada del hábitat experimentada desde el siglo pasado. En los últimos 30 años ha habido un crecimiento importante de las zonas protegidas en el mundo: en 1970 existían 3 392 áreas protegidas con una superficie total de 2.78 millones de km² y en el año 2000 se registraron 11 496 sitios con una superficie total de 12.18 millones de km² (Figura 6.5). En México, la creación de zonas protegidas también ha sido la estrategia de conservación más utilizada. El proceso de creación de estas zonas se inició formalmente en 1876 con la protección de los manantiales del Desierto de los Leones en el Distrito Federal y posteriormente, en 1898, con la primera área natural protegida en el bosque del Mineral del Chico en el estado de Hidalgo. La entrada formal de México a la corriente internacional de parques nacionales se dio durante el periodo de Venustiano Carranza, con el decreto para constituir al Desierto de los Leones como el primer parque nacional en 1917 (Semarnap-Conabio, 1995).

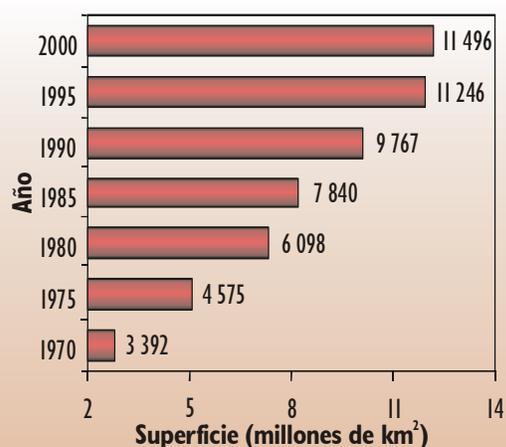
Tabla 6.5. Especies prioritarias con proyectos de conservación y recuperación en México.

Nombre común	Nombre científico
Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>
Berrendo	<i>Antilocapra americana</i>
Lobo mexicano	<i>Canis lupus baileyi</i>
Oso negro	<i>Ursus americanus</i>
Borrego cimarrón	<i>Ovis canadensis</i>
Cicadas	Familia Zamiaceae
Tortugas marinas	
Pinnípedos	
Psitácidos	
Cocodrilos	

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Las áreas naturales protegidas (ANP) son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido alterado significativamente por la actividad humana y proporcionan servicios ambientales de diversos tipos. El decreto presidencial que formaliza la creación de

Figura 6.5. Número y superficie de sitios protegidos en el mundo.



Nota: La cifra junto a la barra corresponde al número de sitios protegidos.

Fuente: PNUMA. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3*. PNUMA-Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 2002.

ANP especifica el uso del suelo y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas. Las ANP están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) es responsable de las ANP en México (véase *¿Qué es la Conanp?*).

La función principal de las ANP es la protección y conservación de los recursos naturales de importancia especial, ya sean especies de fauna o flora o bien de ecosistemas representativos a nivel local, regional e internacional. Además, las ANP generan diversos servicios ambientales, como la protección de cuencas, captación de agua, protección contra erosión y control de sedimentos. Asimismo, son utilizadas con fines de recreación, turismo y para la investigación científica. Aunque existen dudas sobre la eficiencia de las ANP para conservar la diversidad biológica, análisis recientes de zonas protegidas en distintas partes del mundo muestran que la mayoría detienen, en cierto grado, el avance de la deforestación y disminuyen la presión sobre las poblaciones de flora y fauna silvestres (PNUMA, 2002).

Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias

Águila real (*Aquila chrysaetos*)

El programa tiene por objetivo principal la protección, conservación, recuperación y reintroducción del águila real en su área de distribución histórica en México a corto, mediano y largo plazos.

Las estrategias principales se enfocan en:

- Difusión del valor ecológico, nacional e histórico de la especie.
- Elaboración de planes de conservación y manejo del águila real y su hábitat.
- Mantenimiento de poblaciones en cautiverio que sean viables genética y demográficamente.
- Apoyo a investigaciones enfocadas en la protección, conservación y recuperación de la especie.
- Elaboración y aplicación de programas regionales de inspección y vigilancia de las poblaciones.

Borrego cimarrón (*Ovis canadensis*)

El objetivo principal del programa es la conservación y recuperación de las poblaciones de manera compatible con el desarrollo social y económico del país a través de su aprovechamiento sustentable.

Las estrategias se relacionan con:

- Conservación y protección del hábitat en México.
- Reintroducción de poblaciones en los estados de Coahuila, Chihuahua y Nuevo León.
- Aprovechamiento sustentable de la especie por las comunidades locales.
- Elaborar programas que permitan desarrollar técnicas y metodologías de manejo de las poblaciones y su hábitat.
- Promover proyectos de conservación en el marco del Suma (Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre), así como proyectos y actividades de difusión, capacitación técnica y educación ambiental.

Berrendo (*Antilocapra americana*)

El objetivo principal del programa es la recuperación y conservación de las poblaciones del berrendo peninsular para removerlo de las listas de especies en peligro de extinción.

Las estrategias del programa consisten en:

- Implementar medidas de conservación y protección del hábitat.
- Apoyo a programas de protección y vigilancia *in situ*.
- Llevar a cabo la reintroducción de poblaciones en áreas estratégicas.
- Realizar campañas de educación ambiental.
- Desarrollar programas de manejo y reproducción en cautiverio de la especie.

Oso negro (*Ursus americanus*)

El objetivo principal del programa es la recuperación y conservación de las poblaciones de oso negro y su hábitat en México.

Las estrategias consisten en:

- Obtener información a partir de censos y monitoreos poblacionales para conocer con precisión las características actuales de las poblaciones, en lo que se refiere a su abundancia, distribución y estructura.
- Actualizar, evaluar y autorizar los planes de manejo en cada Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma) con miras a la conservación de la especie y de su hábitat.

Lobo gris mexicano (*Canis lupus baileyi*)

El objetivo final es lograr la reintroducción de grupos familiares de lobos mexicanos en varios bosques del país, que constituyan el núcleo de poblaciones silvestres viables y sanas para lograr la permanencia a largo plazo de la subespecie en territorio mexicano.

Las estrategias fundamentales son:

- Continuar con los programas de reproducción en cautiverio para obtener un máximo número de individuos viables genéticamente.
- Búsqueda de sitios idóneos para la reintroducción de la especie.
- Restauración integral del hábitat.
- Establecimiento de un programa permanente de educación ambiental y aceptación social del papel de los depredadores en el medio silvestre.

Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias (continuación)

Pinnípedos

Los pinnípedos mexicanos se encuentran representados por el lobo fino de Guadalupe, el elefante marino, el lobo marino de California y la foca de puerto. El objetivo del programa es la conservación de las poblaciones de estas especies por medio de acciones encaminadas a su conservación, recuperación y aprovechamiento sustentable.

Las estrategias del programa consisten en:

- Evaluar el estado de las poblaciones en las aguas e islas adyacentes a los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.
- Localización de hábitat críticos y establecimiento de refugios, santuarios u otras áreas que permitan su protección y la de su entorno.
- Incrementar el número de ejemplares con programas cooperativos de manejo y reproducción bajo condiciones de cautiverio.
- Capacitación de recursos humanos, a nivel técnico y profesional, para el estudio, conservación y aprovechamiento sustentable de los pinnípedos en México en las áreas naturales protegidas y sus zonas de influencia.
- Elaborar y difundir programas educativos y de vigilancia participativa para todos los sectores relacionados con el recurso.

Cocodrilos

El objetivo del programa es la conservación y aprovechamiento sustentable de los cocodrilos y el caimán en México a través de la recuperación, investigación y manejo, que involucre a los distintos sectores de la sociedad.

Las estrategias principales consisten en:

- Promover y desarrollar estudios relacionados con la distribución natural, hábitat y poblaciones de los cocodrilos y el caimán en las costas del Pacífico, Golfo y Caribe Mexicanos.
- Proponer refugios y santuarios como medidas de protección a las poblaciones silvestres amenazadas.
- Capacitación de recursos humanos a nivel técnico y profesional para la administración, conservación, manejo y uso sustentable en México.
- Difundir un amplio programa de educación ambiental dirigido a todos los sectores de la sociedad relacionados con las especies de cocodrilos y caimanes,

involucrando a las comunidades en las estrategias y acciones.

- Proporcionar el respaldo y asesoría técnica a los programas regionales y locales de conservación, investigación, manejo y aprovechamiento sustentable de los cocodrilos y el caimán.
- Desarrollar y promover mercados para los ejemplares, productos y subproductos certificados y obtenidos de manera sustentable.

Tortugas marinas

El programa tiene por objetivo el llevar a cabo la recuperación de las poblaciones de tortugas marinas que ocurren en el país a una condición que permita removerlas de las listas de especies en peligro de extinción.

Las estrategias consisten en:

- Regular y sistematizar las actividades de protección, conservación, investigación y manejo de las especies realizadas por todos los sectores involucrados en el territorio nacional.
- Establecer acciones de coordinación intra e interinstitucional en materia de conservación, protección, investigación y manejo.
- Coordinar acciones de colaboración con instituciones de educación y centros de investigación nacionales y extranjeros, así como con organizaciones no gubernamentales en materia de protección, conservación, investigación y manejo.
- Fortalecer las acciones de inspección y vigilancia en materia de tortugas marinas.
- Establecer proyectos de diversificación productiva en las zonas de influencia de los campamentos tortugueros.

Psitácidos

Los objetivos del proyecto se enfocan en la conservación y manejo en estado silvestre de las 11 especies determinadas como prioritarias, que son: loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*), guacamaya roja (*Ara macao*), guacamaya verde (*Ara militaris*), cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), cotorra serrana oriental (*Rhynchopsitta terrisi*), perico de Socorro (*Aratinga brevipes*), loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*), loro corona azul (*Amazona farinosa*), loro cabeza oscura (*Pionopsitta haematotis*), loro corona lila (*Amazona finschi*) y loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*).

Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias (continuación)

Las estrategias principales consisten en:

- Difundir un programa de educación ambiental dirigido al conocimiento y protección de las especies de psitácidos.
- Capacitación de recursos humanos para la administración, conservación, manejo y uso sustentable en México.
- Llevar a cabo la cría en cautiverio de las diferentes especies con el fin de tener poblaciones viables genéticamente.
- Actualizar y promover la normatividad correspondiente con el comercio y tráfico de las especies.

Cícadas

El objetivo del programa es la conservación, recuperación, protección, manejo y aprovechamiento sustentable de las especies mexicanas de la familia Zamiaceae.

Las principales estrategias consisten en:

- Definir medidas de protección para cada especie.
- Disminuir la presión extractiva de plantas y semillas del medio natural en razón del establecimiento, consolidación y fortalecimiento de Uma que manejen algunas de las especies en peligro de extinción.
- Incrementar el conocimiento científico de las zamiáceas mexicanas mediante estudios ecológicos y taxonómicos generales que permitan explorar el territorio nacional para aumentar la posibilidad de registro de nuevas especies.
- Determinar el estado actual de las poblaciones naturales de las especies y, con ello, establecer medidas de manejo para la conservación de cada especie en particular.
- Definir las técnicas, cantidades y sitios prioritarios para implementar programas de reintroducción de ejemplares cultivados en viveros.

Durante los últimos años se ha realizado un esfuerzo considerable para incrementar el número de áreas protegidas en México. En 1996 existían 107 áreas con una superficie total de alrededor de 11.7 millones de hectáreas, cubriendo el 5.9% del territorio nacional. Para el año 2001 ya se contaba con 128 ANP (Cuadro III.4.5.18 y Cuadro III.4.5.19) con una superficie total acumulada de alrededor de 17 millones y medio de hectáreas (Tabla 6.6, Figura 6.6), una cuarta parte de ellas localizadas en zonas marinas. Para el año 2001, el área conjunta de las ANP representaba el 8.8% de la superficie del país, proporción superior a la que tiene África (7.11%), Asia Oriental (8.28%) y Europa (5%), aunque está por debajo del promedio de los países miembros de la OCDE (12.4%) (Tabla 6.7) (OECD, 2002).

La mayoría de los principales ecosistemas del país están representados dentro de los límites de las ANP, siendo los matorrales xerófilos de zonas áridas (47%), las selvas

húmedas (12%) y los bosques templados (11%) los que ocupan la mayor proporción (Figura 6.7, Cuadro III.4.5.21).

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), existen siete categorías de manejo: Reservas de la Biosfera (RB), Parques Nacionales (PN), Monumentos Nacionales (MN), Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN), Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) y Santuarios (S) (Figura 6.8). Además, existen los Parques y Reservas Estatales (PyRE) y las Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población (ZPE) (Recuadro III.4.5.6). En el año 2001 la categoría con mayor número de áreas decretadas era la de Parque Nacional con 66, sin embargo, sólo representaban el 7.7% de la superficie total protegida del país; muchas de ellas (30%) no alcanzan las 1 000 hectáreas, superficie considerada como la mínima para garantizar la conservación de los ecosistemas, según la IUCN (Ordóñez y Flores, 1995) e, incluso, algunas han perdido por completo su vegetación original (Conabio, 1998).

Tabla 6.6. Áreas naturales protegidas y superficie decretada, 2001.

Área natural protegida	Entidad federativa	Superficie (ha)
Área de Protección de Flora y Fauna (APFF)		
Cabo San Lucas	Baja California Sur	3 996
Islas del Golfo de California	Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa	150 000
La Primavera	Jalisco	30 500
Cascadas de Agua Azul	Chiapas	2 580
Valle de los Cirios	Baja California	2 521 776
Sierra de Álvarez	San Luis Potosí	16 900
Sierra La Mojonera	San Luis Potosí	9 252
El Jabalí	Colima	5 179
Sierra de Quila	Jalisco	15 193
Corredor Biológico Chichináutzin	Morelos, Estado de México y Distrito Federal	37 302
Chan - Kin	Chiapas	12 185
Laguna de Términos	Campeche	705 017
Yum Balam	Quintana Roo	154 052
Cuatro Ciénegas	Coahuila	84 347
Maderas del Carmen	Coahuila	208 381
Cañón de Santa Elena	Chihuahua	277 210
Uaymil	Quintana Roo	89 118
Sierra de Álamos - Río Cuchujaqui	Sonora	92 890
Metzabok	Chiapas	3 368
Nahá	Chiapas	3 847
Meseta de Cacaxtla	Sinaloa	50 862
Tutuaca	Chihuahua	365 000
Monumento Natural (MN)		
Cerro de La Silla	Nuevo León	6 039
Yaxchilán	Chiapas	2 621
Bonampak	Chiapas	4 357
Yagul	Oaxaca	1 076
Parque Nacional (PN)		
Desierto de Los Leones	Distrito Federal	1 529
Iztaccíhuatl - Popocatepetl	Estado de México, Puebla y Morelos	25 679
Nevado de Toluca	Estado de México	46 784
Grutas de Cacahuamilpa	Guerrero	1 600
Volcán Nevado de Colima	Jalisco y Colima	9 600
Cerro de Garnica	Michoacán	968
Los Mármoles	Hidalgo	23 150
El Potosí	San Luis Potosí	2 000
Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	Estado de México y Distrito Federal	1 580
Gogorrón	San Luis Potosí	25 000
Cumbres del Ajusco	Distrito Federal	920
Fuentes Brotantes de Tlalpan	Distrito Federal	129
Lagunas de Zempoala	Morelos y Estado de México	4 790
Pico de Orizaba	Veracruz y Puebla	19 750
El Tepozteco	Morelos y Distrito Federal	24 000
El Tepeyac	Distrito Federal	1 500

Tabla 6.6. Áreas naturales protegidas y superficie decretada, 2001 (continuación).

Área natural protegida	Entidad federativa	Superficie (ha)
Zoquiapan y Anexas	Estado de México y Puebla	19 418
Cofre de Perote	Veracruz	11 700
Cerro de Las Campanas	Querétaro	58
Lagunas de Chacahua	Oaxaca	14 187
Molino de Flores Nezahualcóyotl	Estado de México	49
Xicoténcatl	Tlaxcala	680
Benito Juárez	Oaxaca	2 737
Cañón del Río Blanco	Veracruz	55 690
Los Remedios	Estado de México	400
Lomas de Padierna	Distrito Federal	670
Cerro de la Estrella	Distrito Federal	1 100
El Sabinal	Nuevo León	8
El Histórico de Coyoacán	Distrito Federal	584
Malinche o Matlalcuéyatl	Tlaxcala y Puebla	45 711
Barranca del Cupatitzio	Michoacán	362
Insurgente José María Morelos	Michoacán	4 325
Sacromonte	Estado de México	45
Cumbres de Majalca	Chihuahua	4 772
Los Novillos	Coahuila	42
Pico de Tancítaro	Michoacán	13 154
Bosencheve	Estado de México y Michoacán	14 008
Lago de Camécuaro	Michoacán	10
Desierto del Carmen o Nixtongo	Estado de México	529
Sierra de San Pedro Mártir	Baja California	63 000
Rayón	Michoacán	25
Lagunas de Montebello	Chiapas	6 022
Constitución de 1857	Baja California	5 009
General Juan N. Álvarez	Guerrero	528
El Veladero	Guerrero	3 617
Cañón del Sumidero	Chiapas	21 789
Isla Isabel	Nayarit	194
Cascada de Basaseachic	Chihuahua	5 803
Tulum	Quintana Roo	664
Tula	Hidalgo	100
Palenque	Chiapas	1 772
El Chico	Hidalgo	2 739
El Cimatarío	Querétaro	2 448
Dzibilchaltún	Yucatán	539
Sistema Arrecifal Veracruzano	Veracruz	52 239
Arrecife Alacranes	Yucatán	333 769
Cabo Pulmo	Baja California Sur	7 111
Bahía de Loreto	Baja California Sur	206 581
Arrecifes de Cozumel	Quintana Roo	11 988
Costa Occidental de Isla Mujeres,	Quintana Roo	8 673
Punta Cancún y Punta Nizuc		
Arrecife de Puerto Morelos	Quintana Roo	9 067
Isla Contoy	Quintana Roo	5 126
Huatulco	Oaxaca	11 891

Tabla 6.6. Áreas naturales protegidas y superficie decretada, 2001 (continuación).

Área natural protegida	Entidad federativa	Superficie (ha)
Cumbres de Monterrey	Nuevo León	177 396
Arrecifes de Xcalak	Quintana Roo	17 949
Sierra de Órganos	Zacatecas	1 125
Reserva de la Biosfera (RB)		
Montes Azules	Chiapas	3 331 200
La Michilía	Durango	9 325
Sian Ka´an	Quintana Roo	528 148
Sierra de Manantlán	Jalisco y Colima	139 577
El Vizcaíno (incluye el Complejo Lagunar Ojo de Liebre)	Baja California Sur	2 546 790
Calakmul	Campeche	723 185
El Triunfo	Chiapas	119 177
Pantanos de Centla	Tabasco	302 707
Lacan - Tun	Chiapas	61 874
Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	Baja California y Sonora	934 756
El Pinacate y Gran Desierto de Altar	Sonora	714 557
Chamela - Cuixmala	Jalisco	13 142
Sierra La Laguna	Baja California Sur	112 437
Archipiélago de Revillagigedo	Colima	636 685
Sierra de Abra Tanchipa	San Luis Potosí	21 464
La Encrucijada	Chiapas	144 868
La Sepultura	Chiapas	167 310
Banco Chinchorro	Quintana Roo	144 360
Sierra Gorda	Querétaro	383 567
Arrecifes de Sian Ka´an	Quintana Roo	34 927
Tehuacán - Cuicatlán	Oaxaca y Puebla	490 187
Los Tuxtlas	Veracruz	155 122
Ría Lagartos	Yucatán	60 348
Los Petenes	Campeche	282 858
Sierra de Huautla	Morelos	59 031
Mariposa Monarca	Michoacán y Estado de México	56 259
Selva El Ocote	Chiapas	101 288
Mapimí	Durango, Chihuahua y Coahuila	342 388
Barranca de Metztitlán	Hidalgo	96 043
Islas Marías	Nayarit	641 285
Ría Celestún	Yucatán y Campeche	81 482
Área de Protección de los Recursos Naturales (APRN)		
Sierra de los Ajos/Bavispe	Sonora	183 608
Otras Áreas en Recategorización (OAR)		
Isla de Guadalupe	Baja California	366 360
Cajón del Diablo	Sonora	115 000
Isla Tiburón	Sonora	120 800
Isla Rasa	Baja California	61
Total	128	17 421 606

Fuente: Semarnat, Conanp, México, 2002.

¿Qué es la Conanp?

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), que inició actividades el 5 de junio del 2000 y es la encargada de la administración de las Áreas Naturales Protegidas de México.

A partir de mayo de 2001 se ampliaron las responsabilidades de la Conanp al integrarse los Programas de Desarrollo Regional Sustentable (Proders), con el propósito de reducir la pobreza y marginación de comunidades rurales e indígenas presentes en las ANP y en las Regiones Proders.

La Conanp como estrategia de consolidación y en el marco del Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2002, define dos proyectos especiales integradores: Áreas Naturales Protegidas y Programas de Desarrollo Regional Sustentable. Vinculados a los proyectos especiales, se establecieron 11 procesos y 12 proyectos estratégicos en los que se integran los objetivos, estrategias, acciones, indicadores y metas de la Conanp.

El objetivo principal del proyecto de consolidación de ANP es ampliar y fortalecer la operación de las áreas a través de: a) apoyos administrativos, financieros y, en general, de infraestructura y operación, bajo el esquema de la contratación y regionalización del personal en la

administración de las ANP; b) elaboración y adecuación de los programas de manejo; c) construcción de infraestructura para la administración y vigilancia de las ANP; d) integración de esfuerzos con instituciones académicas y de investigación, gobiernos estatales, municipales y organizaciones no gubernamentales, con el fin de incorporar personal profesionalizado en la administración o coadministración de las ANP; e) promoción de un sistema estatal de conservación; f) programas de inspección y vigilancia, terrestre y marina en las ANP y g) búsqueda de oportunidades de intercambio y financiamiento para la administración de las ANP en los diversos protocolos de cooperación internacional. Por su parte el proyecto de consolidación de los Programas de Desarrollo Regional Sustentable pretende elaborar modelos de desarrollo regional como instrumentos normativos y regulatorios; promover la aplicación del ordenamiento territorial a nivel microrregional y comunitario, así como dirigir hacia las comunidades programas de capacitación y transferencia de tecnología.

En este contexto, las metas de la Conanp son el fortalecimiento de la capacidad institucional para conservar los ecosistemas y sus servicios ambientales, los recursos naturales, así como regular su aprovechamiento sustentable e involucrar a la sociedad en su protección, preservación, restauración y administración.

Fuente: **Conanp**. Programa de Trabajo 2001-2006. México. 2002.

En las 31 Reservas de la Biosfera actuales se concentra la mayor superficie protegida del país (59%). La principal función de las Reservas de la Biosfera es la de constituirse como espacios de investigación y concertación para la conservación y el desarrollo regional sostenible (Conabio, 1998). En ellas se albergan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

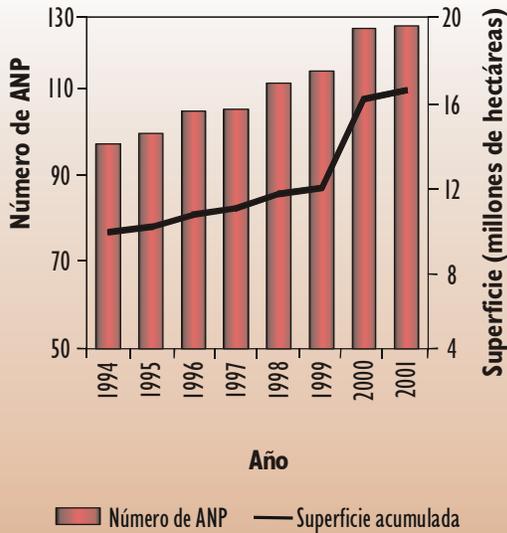
Las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) abarcan el 27.8% del total de la superficie protegida. Las 22 APFF se encuentran ubicadas tanto en zonas con una considerable riqueza de flora o fauna como donde se presentan especies, subespecies o hábitats de distribución restringida (Conanp,

Tabla 6.7. Superficie protegida de algunos países de la OCDE, 2002.

País	Superficie protegida (% del área total del país)
Australia	7.7
Canadá	9.6
Francia	10.1
Alemania	26.9
Japón	6.8
México	8.8
Turquía	3.8
Reino Unido	20.4
Estados Unidos	21.2
OCDE promedio	12.4

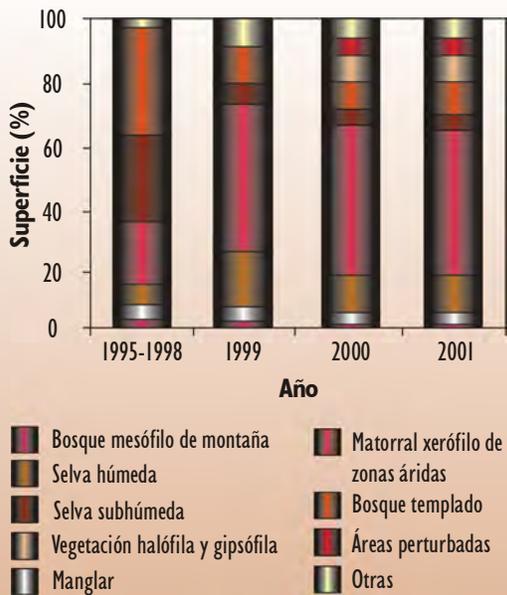
Fuente: OECD. **OECD in figures: statistics on the member countries. Supplement I.** France. 2002.

Figura 6.6. Crecimiento histórico de las áreas naturales protegidas (ANP) en México y superficie acumulada, 1994-2001.



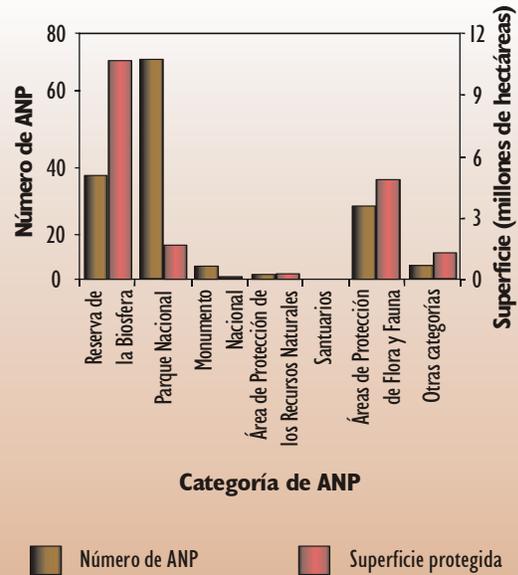
Fuente: Semarnat, Conanp, México, 2002.

Figura 6.7. Superficie proporcional de los distintos ecosistemas incluidos en las ANP en México, 1995-2001.



Fuente: Semarnat, Conanp, México, 2002.

Figura 6.8. Número y superficie de áreas naturales protegidas por categoría en México y superficie, 2001.

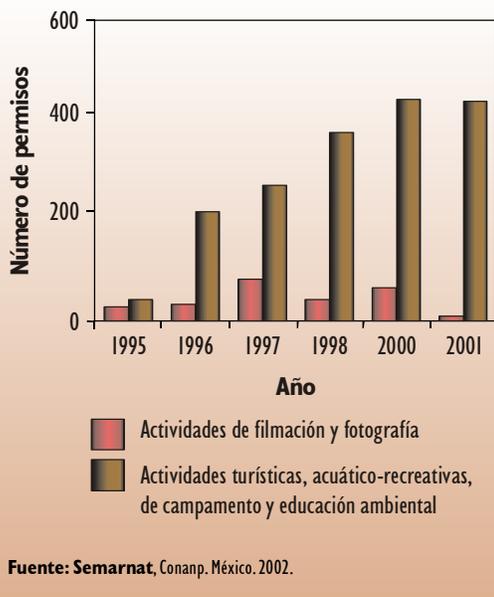


Fuente: Semarnat, Conanp, México, 2002.

2002). Las cuatro áreas decretadas como Monumento Nacional comprenden el 0.08% de la superficie protegida; contienen uno o varios elementos naturales y por su carácter único estético, valor histórico y científico, están incorporadas a un régimen de protección absoluta (Conanp, 2002). Actualmente sólo un área está decretada como Protección de los Recursos Naturales: Sierra de los Ajos/Bavispe en Sonora. Además, existen cuatro áreas naturales protegidas que tienen decretos con diferentes denominaciones; representan el 3.47% de la superficie total protegida en el país y se encuentran en proceso de recategorización. Del total de las ANP, 60 se encuentran en proceso de consolidación, 25 de las cuales ya cuentan con un programa de manejo publicado (Cuadro III.4.5.24).

Durante el periodo 1995-2001 se tramitó un total de 2 023 permisos para realizar actividades en las ANP (Figura 6.9), de los cuales el 87.1% correspondió a actividades turísticas, acuático-recreativas, de campamento y de educación ambiental y el 12.9% a actividades de filmación y fotografía.

Figura 6.9. Permisos autorizados para realizar actividades en áreas naturales protegidas en México, 1995-2001.

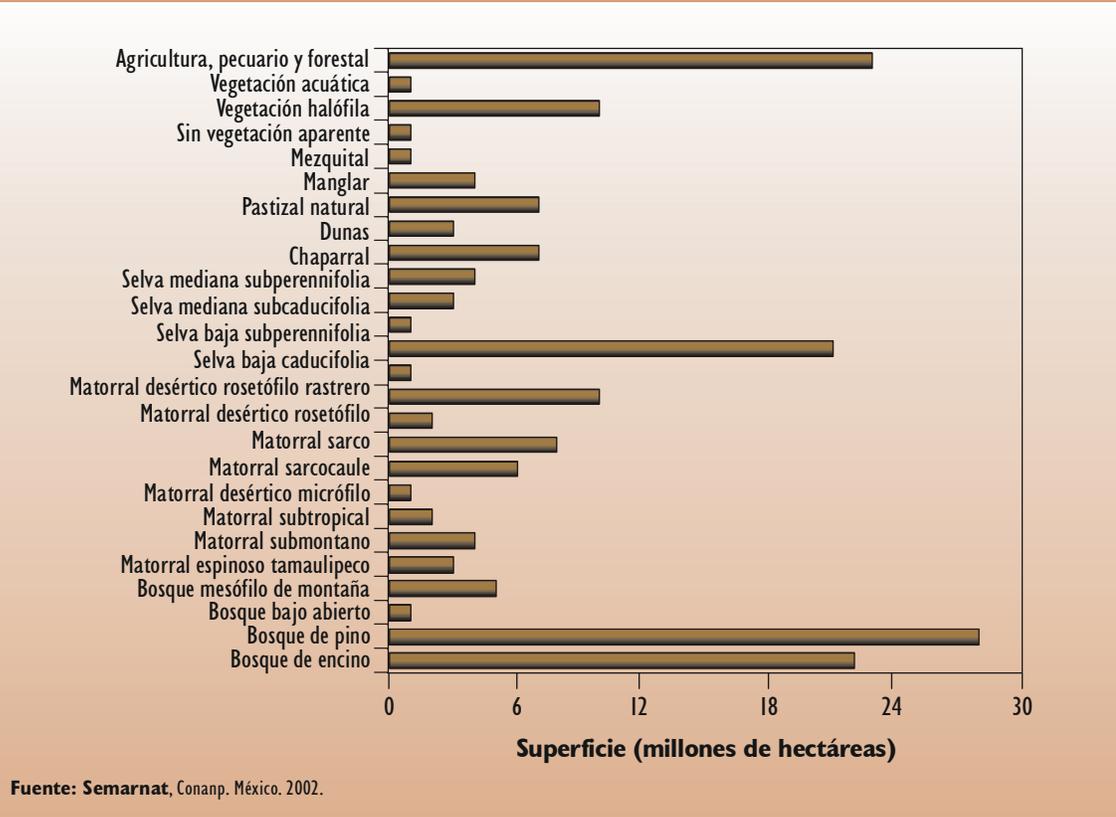


Regiones prioritarias

La regionalización (división de un territorio en áreas menores con características comunes) es una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental. Por ello, en los últimos años la Conabio ha desarrollado un programa con talleres de expertos encaminado a identificar y diagnosticar las regiones prioritarias para la conservación. Los requisitos básicos para considerar un área como prioritaria son su alta diversidad e integridad ecológica. Como resultado de este programa se han identificado en México 151 regiones prioritarias terrestres, 70 marinas y 110 hidrológicas (en aguas continentales).

Las regiones terrestres prioritarias cubren una superficie de 504 796 km² (Mapa III.4.1.1) y predominan en ellas los bosques de pino y encino, selvas caducifolias y superficies dedicadas al aprovechamiento agropecuario y forestal (Figura 6.10).

Figura 6.10. Tipos de vegetación predominantes en las regiones prioritarias terrestres en México.



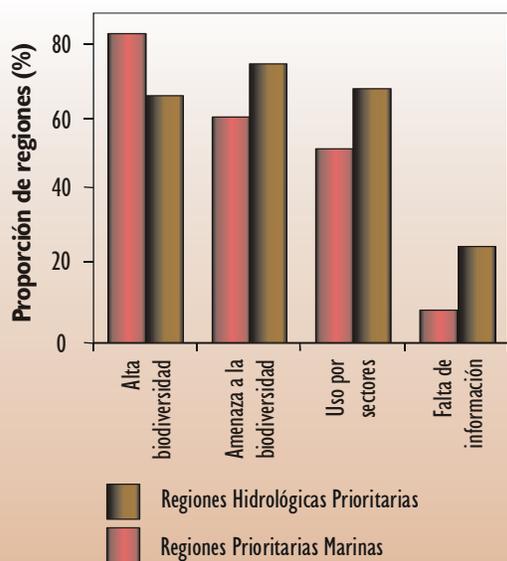
En relación con las regiones prioritarias marinas (Mapa III.4.1.3) se tienen identificadas 70 áreas costeras y oceánicas (Cuadro III.4.1.3), de las cuales 43 se localizan en el Pacífico y 27 en el Golfo de México y el Mar Caribe, aunque, si se compara la superficie total, las regiones prioritarias definidas para el Pacífico abarcan apenas el 40%. De las regiones prioritarias definidas 23 son áreas litorales, 33 nerítico-litorales, nueve oceánicas (incluyendo islas) y cinco nerítico-oceánicas. En poco más del 60% de las regiones marinas identificadas se pudo definir con claridad la existencia de amenazas sobre la biodiversidad (Figura 6.11). A pesar de que se reconoce que la información de la biodiversidad marina es menor a la de los biomas terrestres, 58 de las regiones marinas se consideran sitios de alta diversidad; en contraste, en ocho de las regiones definidas se reconoció su importancia biológica, aunque no existe información suficiente sobre su biodiversidad. Cuarenta y tres de las ANP están contenidas total o parcialmente en 34 de las Regiones Prioritarias Marinas definidas. La sobreposición es grande en los casos de islas y archipiélagos y muy escasa en las zonas costeras y oceánicas, lo que muestra claramente la necesidad de identificar las zonas más importantes en costas y mar abierto a fin de implementar mecanismos para su protección.

Para el caso de aguas continentales, se tienen identificadas 110 regiones prioritarias hidrológicas (Mapa III.4.1.6, Cuadro III.4.1.5, Figura 6.11), de las cuales 75% son áreas de alta riqueza biológica, alrededor del 70% presenta amenazas serias a su biodiversidad y en 29 de ellas existe muy poca información sobre su biodiversidad.

Conservación de tortugas marinas

Por ser especies migratorias, las tortugas marinas son consideradas como un recurso compartido geográficamente entre varios países. En México y el mundo, las poblaciones de las diferentes especies de tortugas marinas se encuentran presionadas por diversas causas, como el saqueo de nidadas, la captura y el sacrificio de hembras antes de depositar sus huevos en la playa, la captura incidental de juveniles y adultos, el comercio ilícito de subproductos, como las pieles y el carey, además de la fragmentación y pérdida del hábitat de reproducción y forrajeo. Por lo anterior, las tortugas marinas se encuentran incluidas en el Apéndice I de la Convención Internacional para el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES) y su manejo, recuperación y posible aprovechamiento están sujetos a programas que involucran tanto reglamentos nacionales como internacionales.

Figura 6.11. Situación de la biodiversidad en las regiones prioritarias hidrológicas y marinas.



Fuente: Conabio. Aguas continentales y diversidad biológica de México. México, 2000.

Conabio. Regiones prioritarias marinas de México. México, 1998.

En México, la protección y conservación de las tortugas marinas se lleva a cabo principalmente en los llamados campamentos tortugueros. Desde 1966 el Instituto Nacional de Pesca (INP) estableció Programas Nacionales de Investigación de Tortugas Marinas y de Protección, Conservación, Investigación y Manejo de Tortugas Marinas. En 1991 este último programa determinó la instalación permanente de campamentos tortugueros para las siete especies de tortugas que habitan en mares mexicanos: *Lepidochelys olivacea* (golfina), *Dermochelys coriacea* (laúd), *Chelonia agassizii* (prieta o negra), *Lepidochelys kempi* (lora), *Chelonia mydas* (verde o blanca), *Caretta caretta* (caguama) y *Eretmochelys imbricata* (carey). Los campamentos fueron instalados en 12 playas de diez estados de la República Mexicana. Las principales playas donde se ha registrado anidamiento de las tortugas marinas mexicanas se muestra en la Figura 6.12. y Tabla 6.8. Una de las funciones de dichos campamentos es la protección y conservación de las tortugas mediante recorridos en las playas para recolectar y trasplantar

nidos, sembrar huevos en corrales de incubación y liberar crías. A mediados de 2001 se integró en un solo programa a cargo del gobierno federal la operación de 27 campamentos tortugueros denominados Centros de Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CPCTM), 13 de ellos provenientes de la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) y 14 del Instituto Nacional de Pesca (véase [Recuadro III.4.5.4](#)). Además de los CPCTM, existen aproximadamente otros 130 campamentos tortugueros, tanto fijos como

temporales, que también llevan a cabo acciones de protección y conservación y son operados bajo convenios de colaboración por organismos no gubernamentales, dependencias de gobiernos estatales y centros de investigación ([Cuadro III.4.5.16](#)).

Los 28 campamentos tortugueros operados por la DGVS a finales de 2001 se encontraban distribuidos en 15 estados de la República Mexicana ([Cuadro III.4.5.11](#)); Oaxaca es la

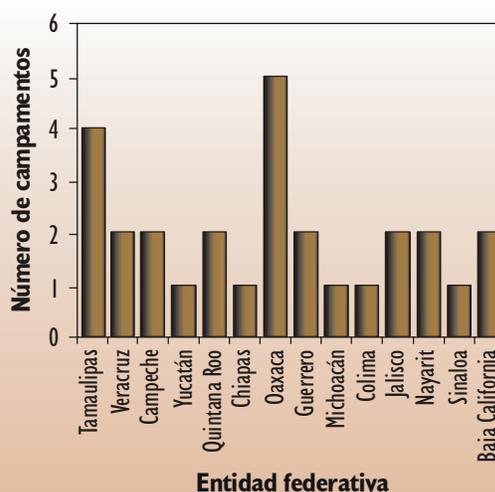
Figura 6.12. Ubicación de las playas de anidación y de los campamentos tortugueros en México.
Las playas indicadas con cada una de las especies de tortugas corresponden a las playas de anidación más importantes.



entidad que tiene el mayor número (cinco) (Figura 6.13). De las siete especies de tortugas marinas que residen en playas mexicanas, tres son atendidas/protegidas en un mayor número de campamentos: la golfina (16 campamentos), verde y laúd (nueve campamentos para cada una); las tortugas Carey y prieta son las menos frecuentes en los campamentos tortugueros (Figura 6.14). La eficiencia, evaluada en términos de la relación crías liberadas con respecto a huevos sembrados, ha mostrado un crecimiento de 1993 a la fecha, al pasar de una eficiencia de casi el 50% en ese año a más del 70% en 2001 (Figura 6.15).

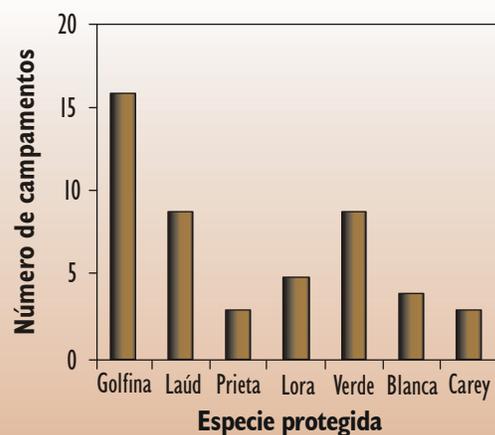
Para tener una idea de la situación reciente de las tortugas en los campamentos, se pueden tomar como referencia los valores promedio de nidos protegidos, huevos sembrados y crías producidas durante el periodo de 1998-2001 en los campamentos de la Semarnat, en los que se tienen buenos registros para seis de las siete especies (en el caso de la tortuga lora sólo se tienen registros esporádicos de 1998 y 1999). La tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es, con mucho, la especie que más presencia tiene en los campamentos tortugueros y habita en todos los ubicados en las playas del Océano Pacífico. El promedio anual de nidos protegidos fue de poco más de 5 500, de huevos sembrados casi 500 000 y de crías producidas cerca de 350 000, lo que equivale a una eficiencia promedio del 73.4% (Tabla 6.9). Le sigue en importancia por el número de nidos protegidos la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), la cual fue registrada en los campamentos de Tecolutla (Veracruz), Chenkán (Campeche), Majahual (Quintana Roo) y Platanitos (Nayarit). De esta especie se protegieron al año sólo 543 nidos, en promedio se sembró un poco más de 81 000 huevos y se produjeron 60 000 crías. Por su parte, la tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*) anidó en cuatro playas: Tecolutla, Chenkán y X'cacel y Majahual (Quintana Roo); se protegieron 286 nidos, se sembraron 33 000 huevos y se obtuvieron 27 564 crías en promedio. Cabe señalar que esta especie es la que ha registrado el mayor éxito en términos del número de crías producidas con respecto al número de huevos sembrados, con una eficiencia del 86%. En el caso de la tortuga caguama (*Caretta caretta*) sus playas de anidamiento más importantes son X'cacel y Majahual, con algunos registros esporádicos en Tecolutla; en promedio se protegieron 300 nidos, se sembró un poco menos de 40 mil huevos y se

Figura 6.13. Campamentos tortugueros por entidad federativa operados por la Dirección General de Vida Silvestre, 1999-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Figura 6.14. Campamentos tortugueros por especie operados por la Dirección General de Vida Silvestre, 1999-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección de Vida Silvestre. México. 2002.

produjeron 31 187 crías al año. En cuanto a la tortuga negra (*Chelonia agassizii*), se tienen datos de campamentos tortugueros en seis playas mexicanas; es la especie de la cual se protegen menos nidos en promedio (menos de 10 nidos al año), se siembran menos huevos (507 en promedio) y se

Tabla 6.8. Principales playas de anidación de tortugas marinas con distribución en México.

Especie	Estado	Playa de anidación
<i>Lepidochelys olivacea (golfina)</i>	Colima	El Chupadero
	Chiapas	Puerto Arista
	Guerrero	Piedra de Tlacoyunque, Tierra Colorada
	Jalisco	Mismaloya, Chalacatepec
	Michoacán	Mexiquillo
	Nayarit	Platanitos
	Oaxaca	Chacahua*, Morro Ayula*, La Escobilla*
<i>Eretmochelys imbricata (carey)</i>	Campeche	Chenkán, Isla Aguada, Champotón
	Colima	Islas Revillagigedo
	Nayarit	Platanitos, Islas Marías
	Quintana Roo	Majahual, Tulum, Bahía Asunción, Isla Contoy
	Veracruz	Tecolutla, Bajos de Tanhuijo*, Sacrificios* Isla de Enmedio*
Yucatán	Ría Lagartos, Isla Holbox	
<i>Dermochelys coriacea (laúd)</i>	Baja California Sur	Cabo San Lucas
	Colima	El Chupadero, Boca de Apiza
	Chiapas	Puerto Arista
	Guerrero	Piedra de Tlacoyunque, Llano Largo, Tierra Colorada*
	Jalisco	Mismaloya, Chalacatepec, La Gloria
	Michoacán	Mexiquillo*, Colola, Maruata
	Oaxaca	Chacahua*, La Escobilla, Barra de la Cruz
	Quintana Roo	Majahual, Holbox, Cabo Catoche, Isla Contoy
	Sinaloa	Ceutla, El Verde Camacho
	Veracruz	Cabo Rojo
Yucatán	Arrecife Alacranes, Ría Lagartos	
<i>Chelonia agassizii (negra)</i>	Colima	Chupadero, Tepalcate, Islas Revillagigedo
	Chiapas	Puerto Arista
	Guerrero	Piedra de Tlacoyunque, Tierra Colorada
	Jalisco	Mismaloya, Teopa, Tecuan, Cuixmala, Chalacatepec
	Michoacán	Mexiquillo, Motín de Oro, Chimapa, Boca de Apiza, Maruata*, Colola*, Tierra Colorada
	Oaxaca	Chacahua, La Escobilla, Morro Ayula, Barra de la Cruz
	Sinaloa	Verde Camacho, Ceutla
<i>Lepidochelys kempi (lora)</i>	Campeche	Isla Aguada
	Tamaulipas	Rancho Nuevo*
	Veracruz	Tecolutla, Cabo Rojo
<i>Chelonia mydas (blanca o verde)</i>	Campeche	Chenkán, Cayo Arenas, Cayo Arcas, Arrecife Triángulos, Isla Aguada*
	Quintana Roo	X' Cacel*, Isla Mujeres, Cozumel*, Tulum, Majahual*

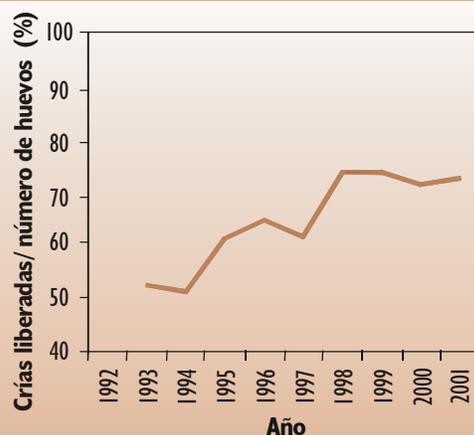
Tabla 6.8. Principales playas de anidación de tortugas marinas con distribución en México (conclusión).

Especie	Estado	Playa de anidación
<i>Caretta caretta</i> (caguama)	Veracruz	Tecolutla
	Yucatán	Ría Lagartos*, Las Coloradas
	Quintana Roo	X´Cacel*, Majahual*, Tulum*, Cozumel, Isla Mujeres, Isla Contoy, Cabo Catoche
	Tamaulipas	Rancho Nuevo, La Pesca
	Veracruz Yucatán	Tecolutla, Nautla Ría Lagartos, El Cuyo, Las Coloradas

* Playas más importantes para la anidación.

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Figura 6.15. Porcentaje de crías de tortugas marinas liberadas con relación al número de huevos sembrados, 1992-2001. Los datos corresponden a todas las especies que anidan en el país.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

producen menos crías (254 en promedio), lo que equivale a una eficiencia de 68.1%. Finalmente, la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) se registró en nueve playas incluyendo a Mexiquillo, considerado como uno de los sitios de anidación más importantes de esta tortuga en el mundo. A pesar de que el número de nidos que se protege es relativamente alto, comparado con las demás especies (330) el número de crías que se liberan es muy pequeño: no alcanzan los mil ejemplares en promedio al año, con una eficiencia de producción de sólo el 33.3% registrado durante el periodo 1998-2001.

Las dos amenazas principales de las tortugas marinas son la explotación ilegal y la invasión de sus playas de anidamiento para el desarrollo de centros turísticos o urbanos. De ahí que las acciones orientadas a su protección y conservación dispongan en primer lugar la elaboración de decretos para que las áreas de anidación se mantengan como zonas de reserva natural. Otras acciones implementadas son la veda, la prohibición de la explotación de huevo y la prohibición del uso de redes de arrastre y enmalle frente a playas de anidación. Para reducir la captura incidental por parte de los barcos camaroneros se estableció el uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortugas (DET), que consisten en aparejos que se adaptan a la entrada de la bolsa de la red camaronera para permitir la salida de las tortugas antes de que se ahoguen; con esto se ha logrado disminuir la mortalidad asociada a esta pesquería.

Los cetáceos de México

En México se tienen registradas un poco más de 40 especies de mamíferos marinos que corresponden aproximadamente al 9% del total de mamíferos registrados para el país. Las aguas del noroeste del país, incluyendo al Golfo de California, es donde se concentra la mayor riqueza específica, ya que en la región coexisten especies con afinidades tanto de aguas frías y templadas como de aguas tropicales. En esta zona se encuentra presente el 75% de las especies de mamíferos marinos que se encuentran en el territorio nacional.

Tabla 6.9. Nidos protegidos, huevos sembrados y crías liberadas de tortugas marinas en los campamentos tortugueros de la Semarnat, 1992-2001.

Especie		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total
<i>Lepidochelys olivacea</i> (golfina)	nidos	2 686	6 575	6 333	8 383	5 871	7 674	3 574	6 793	6 767	4 869	54 656
	huevos	nd	530 743	553 358	661 021	542 413	676 490	310 663	448 627	710 322	496 139	4 543 393
	crías	nd	310 270	254 403	400 700	333 300	394 349	232 568	336 531	512 890	331 741	2 944 197
<i>Eretmochelys imbricata</i> (carey)	nidos	24	371	328	418	517	309	488	474	666	546	3 595
	huevos	3 031	55 637	45 888	62 007	78 560	46 826	73 769	74 657	99 111	78 897	539 486
	crías	996	36 403	31 125	39 039	60 459	29 527	49 037	58 980	70 127	61 879	375 693
<i>Dermochelys coriacea</i> (laúd)	nidos	4 983	76	380	340	167	83	52	422	797	50	7 300
	huevos	30 688	3 209	19 340	20 627	9 594	2 522	3 494	10 584	61 945	2 591	162 003
	crías	7 626	553	9 243	7 977	4 396	667	1 376	2 846	35 521	253	70 205
<i>Chelonia agassizzi</i> (negra)	nidos	1	22	1	13	3	5	6	6	5	14	62
	huevos	111	1 861	50	944	487	117	377	377	78	1 067	4 402
	crías	58	950	36	581	366	9	250	262	76	435	2 588
<i>Lepidochelys kempfi</i> (lora)	nidos	nd	39	49	30	nd	nd	27	26	nd	nd	171
	huevos	nd	3 425	4 596	3 316	nd	nd	2 515	nd	nd	nd	13 852
	crías	nd	3 081	3 715	2 622	nd	nd	1 569	1 590	nd	nd	12 577
<i>Chelonia mydas</i> (blanca o verde)	nidos	1	94	599	115	314	133	359	67	621	89	2 303
	huevos	139	10 436	22 937	12 148	38 060	15 929	41 245	7 764	72 538	10 603	221 196
	crías	29	8 114	16 481	7 737	31 030	13 004	33 132	6 543	60 320	10 262	176 390
<i>Caretta caretta</i> (caguama)	nidos	nd	408	388	540	377	328	457	310	251	305	3 059
	huevos	nd	46 716	43 423	61 342	50 044	37 487	55 311	36 554	26 745	35 696	357 622
	crías	nd	32 237	26 681	44 585	39 887	30 660	44 595	31 791	19 125	29 239	298 800

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

De los mamíferos marinos, el orden Cetacea, que comprende a las ballenas, delfines y marsopas, es el mejor representado en nuestro país con 37¹ especies (cerca del 50% del total mundial). Del total de cetáceos de México el 22% son misticetos —también llamados ballenas con barbas— y el 78% son odontocetos, conocidos como delfines y marsopas (Tabla 6.10). La zona del Golfo de California con 29 especies es la más rica en cetáceos, seguida por las zonas del Pacífico Norte y Golfo de México, cada una con 26 especies (Figura 6.16).

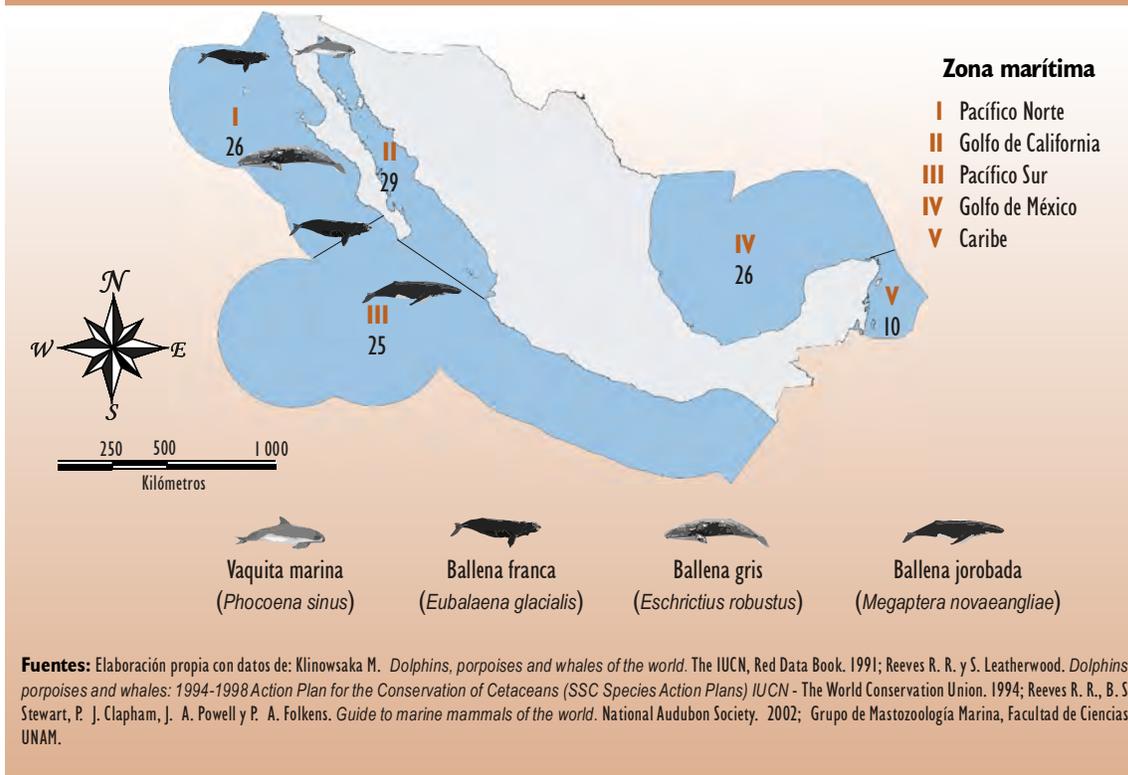
De las especies de cetáceos registradas en México algunas tienen especial relevancia por ser migratorias, como los rorcuales, la ballena azul, la ballena jorobada y la ballena

gris. Estas dos últimas son particularmente importantes ya que se reproducen en las aguas templadas del Pacífico Norte mexicano durante el invierno. La vaquita marina (*Phocoena sinus*) es el cetáceo más pequeño de México y habita exclusivamente en las zonas someras de la región del Alto Golfo de California y Delta del Río Bravo.

De acuerdo con la NOM-059-ECOL-2001 todas las especies de cetáceos de México se encuentran en la categoría de *Sujetas a protección especial* con excepción de la vaquita marina y la ballena franca que se encuentran en la categoría de *Peligro de extinción*. El caso de la vaquita marina es de resaltar ya que, además de su carácter endémico, el tamaño de la población estimado en 1999 fue menor a los 600 individuos (Rojas-Bracho, 1999), no se reproduce todos los años y presenta un periodo de gestación largo (10-11 meses), lo que dificulta su recuperación.

¹ El número de especies podría llegar a 39 si se confirma la presencia en aguas mexicanas de dos especies de mesoplodontes.

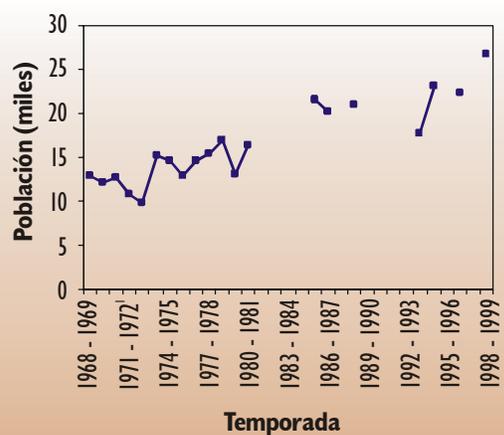
Figura 6.16. Riqueza específica de cetáceos en México por zona marítima.



La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), por su parte, incluye a la ballena azul, la ballena franca y la vaquita marina dentro de la categoría de especie en *Peligro de extinción*; además clasifica al cachalote, la ballena piloto, la marsopa de Dall y a la ballena jorobada en la categoría de especie *Vulnerable*.

No existe suficiente información sobre el tamaño de las poblaciones de los cetáceos en aguas mexicanas que permita hacer una evaluación precisa de su condición. La ballena gris es una excepción, ya que se tiene información más o menos continua desde 1968 del tamaño de su población en la Reserva del Vizcaíno que muestra claramente su recuperación (Figura 6.17). Sin embargo, se puede tener una aproximación del estado de las demás especies a partir de la información disponible de su condición en otras partes del mundo; así, se considera que los delfines, en general, mantienen poblaciones grandes, mientras que los mesoplodontes, la ballena franca y la marsopa de Dall se consideran especies raras.

Figura 6.17. Tamaño de la población estimada de la ballena gris en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, B.C.S., 1968-1998.



¹La diferencia de los datos reportados para esta temporada pueden deberse a que se utilizaron metodologías de estimación diferentes en comparación con las restantes.

Nota: No se llevaron a cabo estimaciones de la cantidad de ballenas para las temporadas correspondientes de 1980 a 1984 y de 1988 a 1992.

Fuente: Semarnap, Instituto Nacional de la Pesca. México. 1999.

Tabla 6.10. Distribución geográfica, categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2001, la UICN y afinidad biogeográfica de los cetáceos de México.

Clasificación	Nombre común	Distribución geográfica	Categoría de riesgo NOM-059-ECOL-2001	Categoría de riesgo IUCN	Afinidad biogeográfica
Suborden Mysticeti	Cetáceos barbados				
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Rorcual minke	I, II, III, IV	Pr	Br	M
<i>Balaenoptera physalus</i>	Rorcual común	I, II, III, IV	Pr	A	M
<i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena azul	I, II, III, IV	Pr	Pe	M
<i>Balaenoptera borealis</i>	Rorcual de Sei	I, II, III, IV	Pr	A	M
<i>Balaenoptera edeni</i>	Rorcual tropical o de Bryde	I, II, III, IV	Pr	Sd	M
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	I, II, III, IV	Pr	Vu	MR
<i>Eubalaena glacialis</i>	Ballena franca	I, II, IV ¹	P	Pe	M
<i>Eschrichtius robustus</i>	Ballena gris	I, II	Pr	Br	MR
Suborden Odontoceti	Cetáceos dentados				
<i>Mesoplodon densirostris</i>	Mesoplodonte de Blainville	I ¹ , III, IV	Pr	Sd	T
<i>Mesoplodon ginkgodens</i>	Mesoplodonte japonés	I	Pr	Sd	T
<i>Mesoplodon europaeus</i>	Mesoplodonte antillano	IV, V ¹	Pr	Sd	T
<i>Mesoplodon peruvianus</i>	Mesoplodonte pigmeo o Peruano	II, III	Pr	Sd	T
<i>Ziphius cavirostris</i>	Zifio de Cuvier	I, II, III, IV, V	Pr	Sd	C
<i>Berardius bairdii</i>	Zifio de Baird	I, II	Pr	Br	T
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	I, II, III, IV, V	Pr	Vu	C
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote pigmeo	I, II, III, IV	Pr	Sd	T
<i>Kogia simus</i>	Cachalote enano	I, II, III, IV, V	Pr	Sd	T
<i>Steno bredanensis</i>	Delfín de hocico estrecho	I, II, III, IV, V	Pr	Sd	T
<i>Peponocephala electra</i>	Calderón pigmeo	II, III, IV, V ¹	Pr	Sd	T
<i>Feresa attenuata</i>	Orca pigmea	II, III, IV	Pr	Sd	T
<i>Pseudorca crassidens</i>	Orca bastarda	I, II, III, IV, V ¹	Pr	Sd	T
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Ballena piloto	I, II, III, IV, V	Pr	Br	T
<i>Orcinus orca</i>	Orca común	I, II, III, IV	Pr	Br	C
<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>	Delfín de costados blancos del Pacífico	I, II	Pr	Sd	T
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Delfín de Fraser	III, IV, V ¹	Pr	Sd	T
<i>Tursiops truncatus</i>	Tursión o delfín mular	I, II, III, IV, V	Pr	Sd	T
<i>Grampus griseus</i>	Calderón gris o delfín de Risso	I, II, III, IV, V ¹	Pr	Sd	T
<i>Stenella attenuata</i>	Delfín manchado tropical	II, III, IV, V	Pr	Br	T
<i>Stenella frontalis</i>	Delfín manchado del Atlántico	IV, V	Pr	Sd	T
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Delfín listado	I, II, III, IV, V ¹	Pr	Br	T
<i>Stenella clymene</i>	Delfín acróbata de hocico corto	IV, V	Pr	Sd	T
<i>Stenella longirostris</i>	Delfín acróbata de hocico largo	II, III, IV, V	Pr	Br	T
<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común de rostro corto	I, II, III	Pr	Sd	T
<i>Delphinus capensis</i>	Delfín común de rostro largo	I, II	Pr	Sd	T
<i>Lissodelphis borealis</i>	Delfín liso del norte	I	Pr	Sd	T
<i>Phocoenoides dalli</i>	Marsopa de Dall	I	Pr	Vu	T
<i>Phocoena sinus</i>	Vaquita marina o Cochito	II	P	Pe	E

Fuentes: Elaboración propia con datos de: Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo del 2002; NOM-059-ECOL-2001; los datos de distribución y categorías de riesgo se obtuvieron con base en las clasificaciones de la IUCN (Klinowsaka, M. *Dolphins, porpoises and whales of the world*. The IUCN, Red Data Book. 1991; Reeves, R. R. y S. Leatherwood. *Dolphins, porpoises and whales: 1994-1998 Action plan for the conservation of cetaceans (SSC Species Action Plans)*. IUCN - The World Conservation Union. 1994; Reeves, R. R., B.S. Stewart, P. J. Clapham, J. A. Powell y P. A. Folkens. *Guide to marine mammals of the world*. National Audubon Society; Grupo de Mastozoología Marina, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 2002.

Abreviaturas:

Distribución Geográfica: I- Zona Pacífico Norte; II- Zona Golfo de California; III- Zona Pacífico Sur; IV- Zona Golfo de México; V- Zona Mar Caribe. **Categoría de riesgo IUCN:** Pe- Peligro de extinción; A- Amenazado; Br- Bajo riesgo; Vu- Vulnerable; Sd- Sin datos suficientes. **Categoría de riesgo NOM-059-ECOL-2001:** Pr- Protección especial; P- Peligro de extinción. **Afinidad biogeográfica:** T- Especie tropical; M- Especie migratoria; MR- Especie migratoria que se reproduce en aguas mexicanas; E- Especie endémica; C- Especie cosmopolita.

¹ Las especies marcadas pueden encontrarse en las zonas indicadas de acuerdo con su distribución geográfica, sin embargo no se han observado en aguas mexicanas (Culik, B.M. *Review on small cetaceans: distribution, behaviour, migration and threats*. Convention on migratory species secretariat. Bonn. 2002.

Los severos problemas a los que se enfrentaban estos animales, debido a su intensa explotación durante el siglo XIX, generó que el gobierno mexicano mostrara un gran interés por la conservación de los mamíferos marinos y su hábitat. Desde entonces, México ha sido uno de los países con mayor participación en cuanto a la defensa de mamíferos marinos se refiere. Como muestra se puede resaltar la creación de Áreas Naturales Protegidas encaminadas a la conservación y protección de estos animales. Entre ellas destaca la Reserva de la Biosfera «Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado» que comprende desde la desembocadura del río Colorado hasta la desembocadura del Río Santa Clara en la costa del estado de Sonora. Ésta fue decretada como refugio en 1955 y a partir de 1993 se reclasificó en la categoría de Reserva de la Biosfera; en ésta zona habita la vaquita marina.

En mayo del 2002 el Gobierno de México declaró Área de Refugio de Ballenas a todo el mar territorial y la zona económica exclusiva de nuestro país, que abarcan, en conjunto, aproximadamente 3 millones de km² en los océanos Pacífico y Atlántico y Mar Caribe. En esta zona, de acuerdo con la adición del artículo 60 Bis a la Ley General de Vida Silvestre, ningún ejemplar de mamífero marino, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial, con excepción de la captura que tenga por objeto la investigación científica y la educación en instituciones acreditadas.

De manera complementaria, dentro de la política del medio ambiente se han instrumentado programas especiales de conservación, como el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997 – 2000, que contiene una línea de proyectos y acciones para la conservación, investigación, recuperación y manejo de la ballena gris, ballena jorobada y vaquita marina.

La preocupación por la conservación de los cetáceos en México también se ve reflejada en las normas oficiales mexicanas. Las normas que están relacionadas con la protección de los cetáceos en México son: 1) NOM-012-PESC-

1994 que establece restricciones específicas en el uso de redes agalleras o de enmalle pasivas para contribuir con la conservación de la vaquita marina; 2) NOM-EM-074-ECOL-1996, que regula las actividades de observación de la ballena gris y su hábitat; 3) NOM-ECOL-131-1998 que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas; 4) NOM-ECOL-059-2001 que establece la categoría de riesgo de las especies de flora y fauna de México; 5) NOM-EM-PESC-2001, que establece los lineamientos para la captura incidental de organismos juveniles de atún y delfines; 6) NOM-EM-135-Semarnat-2001 que establece los lineamientos regulatorios para la captura, transporte, manejo y condiciones de cautiverio de mamíferos marinos, principalmente delfines y 7) NOM-ECOL-136-2002, que especifica las regulaciones existentes para los mamíferos marinos en cautiverio.

México ha suscrito, además, una serie de convenios que protegen a los cetáceos y a su hábitat; entre los más importantes tenemos el Convenio Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena, al que México se integró en 1938, la Comisión Ballenera Internacional (CBI) en la que México participa desde 1949, el Acuerdo Internacional para la Conservación de la Fauna y la Vida Silvestre (CITES) al que México se unió en 1991, la Convención de Naciones Unidas sobre los Derechos del Mar, el Acuerdo Internacional para la Región del Gran Caribe, así como el Convenio sobre Biodiversidad de la ONU. Además, promovió el Código de Conducta para la Pesca Responsable, formulado en el seno de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) donde se comprometió a conservar los ecosistemas acuáticos y a promover prácticas de pesca de forma responsable y ambientalmente seguras. También en el seno de la Convención Ballenera Internacional se prohibió la cacería de la ballena jorobada en el Pacífico Norte y se decretó a las Islas Marías, Revillagigedo e Isla Isabel como áreas protegidas marinas.

Referencias

- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López y V. Aguilar Sierra (coords.). *Regiones prioritarias marinas de México*. Conabio. México. 1998.
- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. y Alcocer Durand. *Agua continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.
- Conabio. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Conabio. México. 1998.
- Conanp. *Programa de Trabajo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2001-2006* (segunda edición). Semarnat. México. 2002.
- Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec. *Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The World Bank/The World Wildlife Fund. Washington, D. C. 1995.
- Dirzo, R. Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. Conabio. México. 1992.
- Flores, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. UNAM-Conabio. México.
- Gentry, A. Species extirpations and the current extinction rates: A review of the evidence. En: Szaro, R. C. y D. W. Johnston (eds.). *Biodiversity in management landscapes: Theory and practice*. Oxford, Nueva York. 16-26. 1996.
- Hernández-Xolocotzi, E. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 715-738. 1998.
- Miller, R. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* (30): 121-153. 1986.
- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 1998.
- OECD. *Saving biological diversity: economic incentives*. OCDE. France. 1996.
- OECD. *OECD in figures: statistics on the member countries. Supplement 1*. OCDE. France. 2002.
- Ordoñez, M. J. y O. Flores. *Áreas naturales protegidas en México*. Pronatura. México. 1995.
- PNUMA. *Perspectivas del medio ambiente mundial. GEO-3*. PNUMA-Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 2002.
- Semarnat-Conabio. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. México. 1995.
- Wilson, E. The current state of biological diversity. En: Wilson, E. (ed.). *Biodiversity*. National Academic Press, Washington, D. C. 3-18. 1988.
- WRI. *World resources 2000-2001: people and ecosystems: the fraying web of life*. United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, World Bank, World Resources Institute. Nueva York. 2000.
- WRI. *Pilot analysis of global ecosystems: coastal ecosystems*. WRI. U.S.A. 2001.



7. APROVECHAMIENTO DE LA VIDA SILVESTRE

Si bien nuestra alimentación procede principalmente de plantas y animales que han sido domesticados, tendemos a olvidar que aún dependemos, en gran medida, de la vida silvestre para satisfacer nuestras necesidades. Más de la mitad de la humanidad requiere de la leña como fuente de energía y millones de personas obtienen casi toda la proteína de su dieta a partir de la pesca o la caza. Con una frecuencia cada vez mayor fomentamos estos recursos, como es el caso de las plantaciones forestales o las granjas piscícolas. Sin embargo, lo común es que la mano del hombre nada tenga que ver con la producción o crianza de estos organismos, los cuales simplemente se extraen del medio silvestre.

Esta forma de explotación tiene varias particularidades. La tasa con la que se pueden extraer los recursos depende en mayor medida de los ciclos biológicos de las especies aprovechadas. En muchos casos, partes fundamentales de dichos ciclos son difíciles de advertir, como la fase planctónica por la que atraviesan muchos peces y crustáceos o las

complejas interacciones entre las especies de importancia cinegética, sus depredadores y cómo éstas se ven afectadas por la intromisión de los cazadores.

Desde un punto de vista económico, se considera que todos estos procesos naturales que sustentan la vida silvestre son igualmente «invisibles» en términos monetarios. La producción de un tablón tiene un costo evidente en cuanto al salario del leñador, los operarios y transportistas, herramientas, administración, etc. Mientras que a todo esto se le pueden asignar precios específicos, no es fácil asignar un valor a las décadas de uso de terreno para producir ese árbol, a los polinizadores que se encargan de su reproducción y a los pájaros carpinteros que lo mantuvieron libre de parásitos. Tampoco es sencillo valorar los efectos del corte del árbol: erosión del suelo, liberación de bióxido de carbono y reducción en la tasa de recuperación de los mantos freáticos. Todos éstos son costos ambientales que no se reflejan en el precio del tablón.

Puesto que permanecemos al margen de dichos procesos naturales es fácil sobreexplotar los recursos silvestres sin darnos cuenta. En las ciencias ambientales y en la economía se están desarrollando modelos que incorporan los ciclos naturales que subsidian la cadena productiva humana. En tanto estos modelos adquieren la madurez necesaria y permean en la sociedad, debemos monitorear cercanamente el aprovechamiento de la vida silvestre para asegurar su sustentabilidad.

Recursos forestales

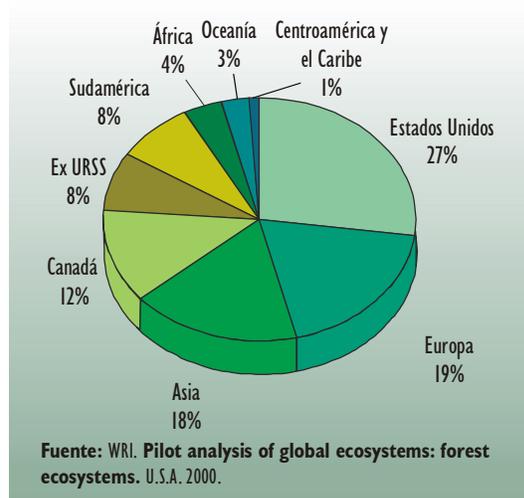
Entre los servicios que proveen los bosques, selvas y matorrales se encuentra el suministro de diferentes materias primas de origen vegetal, así como tierra que es extraída y trasladada a otros lugares. El producto más frecuentemente explotado es la madera, alrededor de la cual giran tanto una industria creciente como la generación de energía entre los más pobres. Debido a la importancia y las particularidades de este recurso generalmente se le considera aparte, de modo que los bienes forestales se dividen en «maderables» y «no maderables».

Recursos maderables

A escala mundial, se estima que en el año 2000 se cosecharon 3 335 millones de m³ de madera en rollo (troncos de árboles derribados y en trozos, con un diámetro mayor a 10 centímetros en cualquiera de sus extremos, sin incluir la corteza y sin importar su longitud). De éstos, el 53.5% fue empleado como combustible y el resto para la fabricación de papel, tablonés, fibra y otros productos. Se estima que a principios de la década de los noventa la producción industrial de bienes derivados de la madera aportó alrededor de 400 000 millones de dólares al año a la economía global; aproximadamente el 2% del Producto Mundial Bruto. El mayor productor del planeta es Estados Unidos, que contribuye con más de la cuarta parte de la madera que se consume en el mundo. Europa, Canadá y Rusia concurren con otra cuarta parte más. La participación de México no llega al 1% en el escenario de las naciones (Figura 7.1).

Se estima que la explotación maderera consume anualmente un 0.86% de la existencia mundial de árboles en pie, cuyo volumen es de aproximadamente 386 000 millones de m³. Esta base de recursos se concentra en unos

Figura 7.1. Aporte de diferentes regiones a la producción maderable mundial, 1998. México se incluye dentro de Centroamérica y el Caribe.

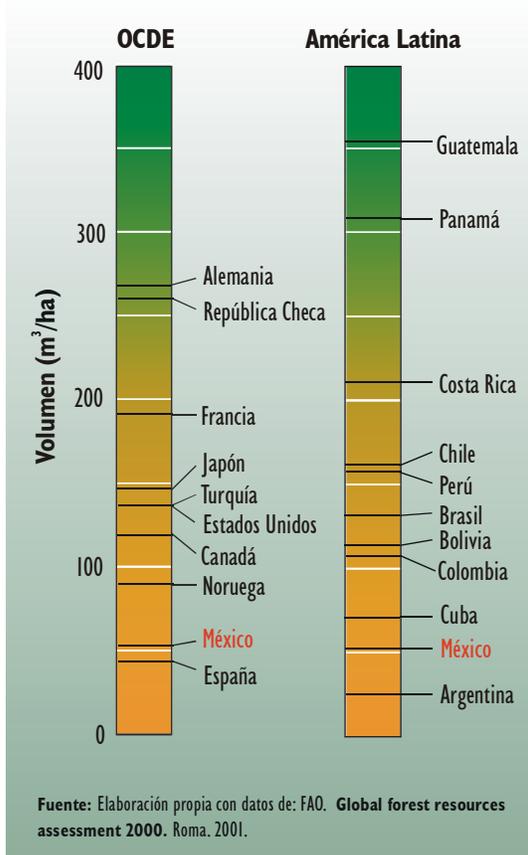


pocos países, como la Federación Rusa, Brasil, Canadá y Estados Unidos. Las existencias de un país dependen en gran medida de la extensión de sus bosques y selvas, aunque también de la cantidad de madera que hay por unidad de superficie. Lo referente al primer factor (extensión arbolada) y sus cambios a lo largo del tiempo se describe detalladamente en el capítulo 2. Respecto a la cantidad de madera por hectárea, existe una gran variación entre países, dependiendo tanto del clima (por ejemplo, los bosques tropicales en general tienen más recursos por unidad de área) como de la forma en que se ha manejado la vegetación. En un estudio a escala mundial se encontró que México tiene algunos de los bosques más pobres, tanto dentro de la OCDE como en América Latina (Figura 7.2).

Las tendencias mundiales señalan que los países en vías de desarrollo tienden a reducir sus existencias de madera debido a las elevadas tasas de deforestación, mientras que en los países industrializados no sólo la extensión arbolada viene creciendo, sino que también la cantidad de madera dentro de ellos se está incrementando a una tasa de un metro cúbico por hectárea al año.

En México se han acometido diferentes esfuerzos para determinar las existencias de madera en todo el país. El más reciente, el Inventario Forestal Nacional 2000 contiene sólo la extensión de las zonas arboladas y carece aún de información

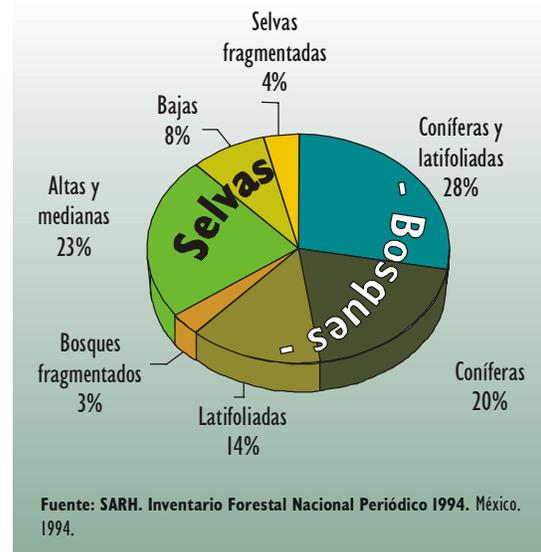
Figura 7.2. México en el mundo: existencias de madera por hectárea en bosques de diferentes países.



sobre volúmenes de madera. Por ello, debemos remitirnos al Inventario Forestal Nacional Periódico de 1994 (IFNP 1994, [Recuadro III.5.1.1](#)). De acuerdo con la fuente, en ese año había en el país 1 831 millones de m³ de madera en rollo en los bosques y 972 millones más en selvas. Los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas, y las selvas altas y medianas, son los tipos de vegetación que contienen más madera (Figura 7.3). Las entidades con mayores existencias en bosques fueron Durango, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, y en lo referente a selvas fueron Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo y Campeche (Mapas 7.1 y 7.2, [Cuadros III.5.1.3](#) y [III.5.1.4](#)).

Estas existencias dependen tanto de la superficie arbolada como de la cantidad de madera por unidad de superficie. En este sentido, la vegetación más rica son los bosques de coníferas, que sobrepasan los 103 m³ por hectárea.

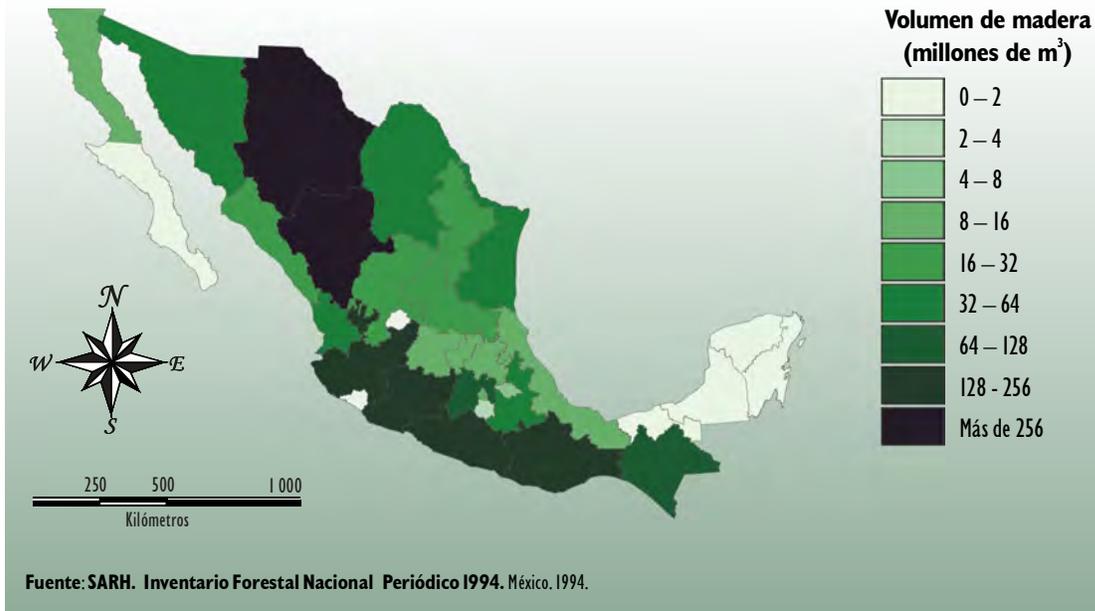
Figura 7.3. Existencias de madera en México según diferentes tipos de vegetación, 1994.



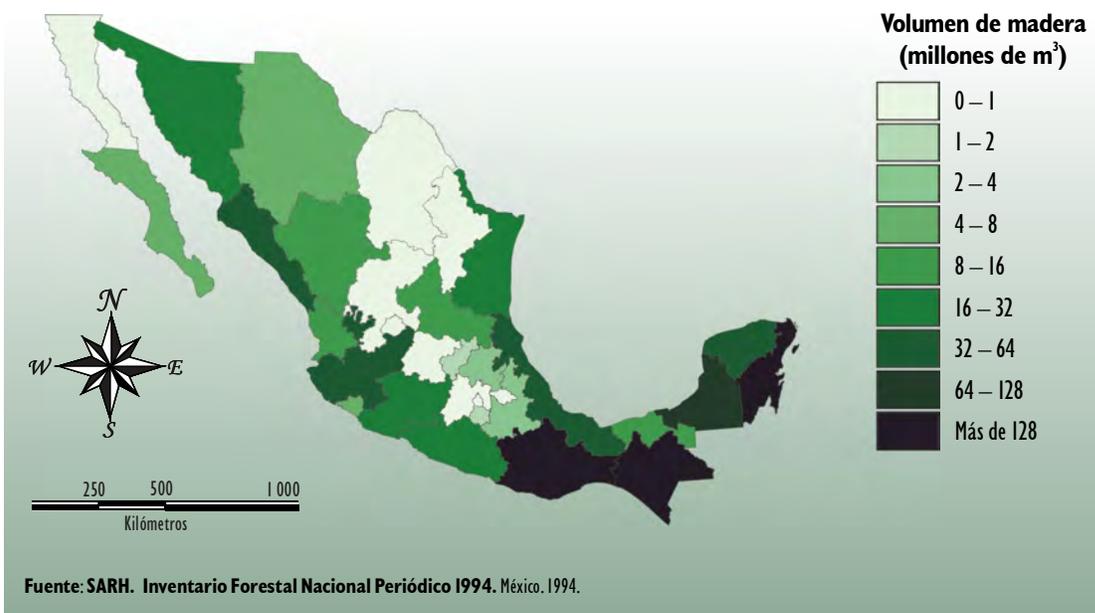
Los bosques cerrados (véase **Los bosques cerrados** en el capítulo 2) se caracterizan por mayores volúmenes, mientras que aquellos que han sufrido un proceso de fragmentación tienen un contenido reducido de madera respecto de la vegetación primaria (Figura 7.4, Tabla 7.1). Considerando que no se conocen las tasas de fragmentación (sólo las de alteración, pero este rubro es más amplio; véase «Fragmentación» en el capítulo 2), no se puede estimar la magnitud de las pérdidas causadas por este proceso; sin embargo, la deforestación sí está cuantificada. Por esta vía se pierde cada año el 0.79% de los bosques y el 1.58% de las selvas, con la madera que en ellos se encuentra, independientemente de si se emplea o no para algo. Esto corresponde a 14.6 millones de m³ de madera en bosques y 15.4 en las selvas: un total de aproximadamente 30 millones de m³ al año. A esto habría que sumar las pérdidas por alteración y la extracción de madera ilegal no asociada a deforestación.

Si bien estas cifras son sólo una aproximación, dicha cantidad es muy superior a la producción maderable regulada del país en los últimos 15 años, que ha oscilado entre los 6.3 y 9.8 millones de m³ anuales. Esto se debe en gran medida a que las estimaciones de la madera producida se basan en los permisos de aprovechamiento forestal, los reportes trimestrales de producción y los datos de comercio, mientras

Mapa 7.1. Existencias de madera en bosques templados y fríos por entidad federativa, 1994.



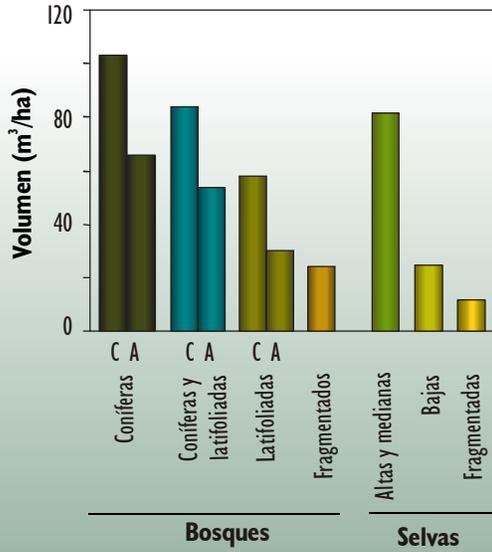
Mapa 7.2. Existencias de madera en selvas por entidad federativa, 1994.



que la causa más importante de deforestación es el cambio de uso para fines agropecuarios, el cual tiene lugar sin dichos permisos. No se tienen datos para evaluar qué proporción de la madera que se corta con fines de cambio de uso del suelo es industrializada, utilizada como leña o simplemente

quemada durante el proceso de desmonte. Lo que resulta claro es que representa un porcentaje importante de la base de recursos maderables del país, por lo que es necesario generar datos que nos permitan entender cómo el cambio de uso del suelo afecta a la producción maderable. Esto puede

Figura 7.4. Existencias de madera según tipo de vegetación, 1994. Las letras C y A bajo algunas barras corresponden a “cerrado” (cobertura arbórea mayor al 40%) y “abierto” (cobertura arbórea entre el 10 y el 40%).



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

Tabla 7.1. Volumen de madera promedio en existencia en diferentes tipos de vegetación, 1994.

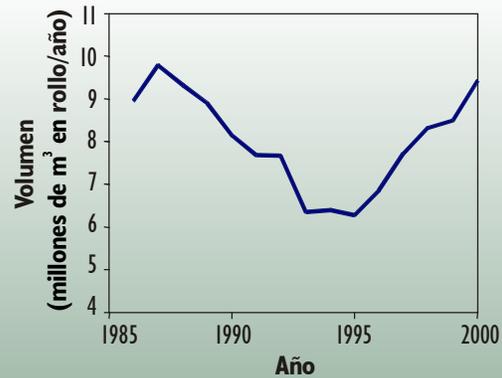
	Volumen (m³/ha)
Bosques	60.72
Cerrados	82.59
Coníferas	103.04
Coníferas y latifoliadas	83.88
Latifoliadas	57.62
Abiertos	44.59
Coníferas	65.43
Coníferas y latifoliadas	53.58
Latifoliadas	30.2
Fragmentados	24.11
Selvas	36.90
Altas y medianas	81.21
Bajas	24.54
Fragmentadas	11.69

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

modificar sustancialmente la percepción que se tiene sobre los recursos forestales en México.

La producción maderable cayó de manera significativa durante la primera mitad de la década pasada, aunque tiende a recuperarse (Figura 7.5, Cuadro III.5.2.3). Los estados de Chihuahua, Durango y Michoacán son los que más contribuyen a la industria nacional (Mapa 7.3, Cuadro III.5.2.4), la cual está basada sobre todo en madera de pinos y encinos; las maderas preciosas aportan poco al volumen de madera producido en el país (Figura 7.6, Cuadro III.5.2.5).

Figura 7.5. Evolución de la producción maderable en México, 1986-2000.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

A diferencia de lo que ocurre en otros países, donde la creciente demanda de celulosa para la fabricación de papel es el más importante motor detrás del aumento en la explotación maderera, en México las formas de uso que más rápidamente están creciendo son el carbón (22% anual entre 1997 y 2000), la chapa y el triplay (13.3%), seguidos por la celulosa en tercer lugar (12.3%) (Figura 7.7, Tabla 7.2).

La mayor parte de la madera industrial en rollo se destina a la «escuadría» (tablas, tablones y vigas), que consume el 72% de la producción nacional, seguida del papel con un 15%. En sólo seis entidades la producción maderable con fines industriales excede el 25% de la producción total:

Mapa 7.3. Producción de madera anual promedio por entidad federativa, 1990-2000.

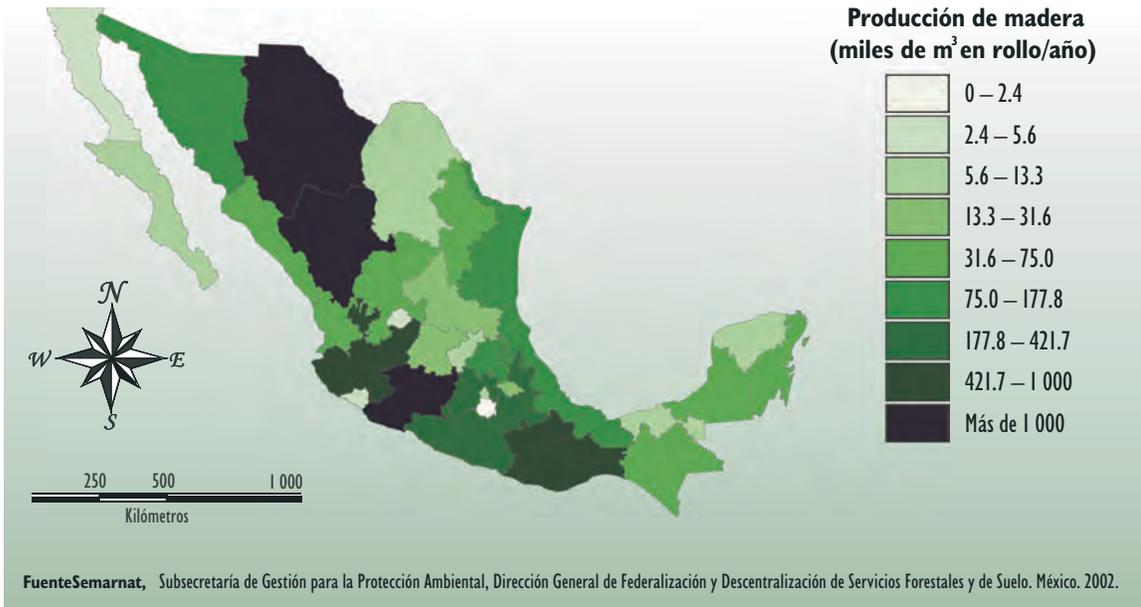
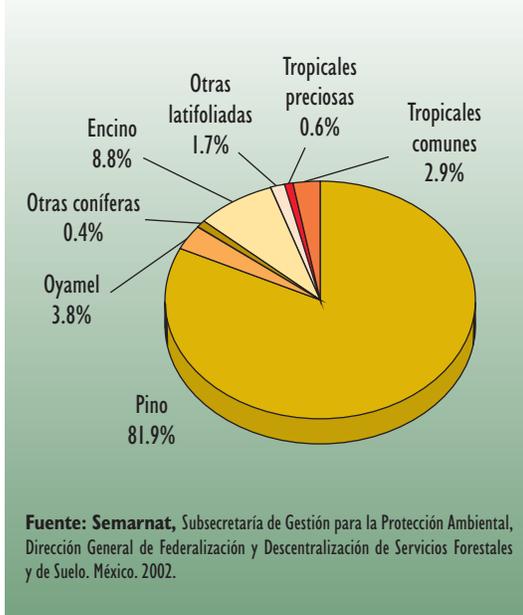
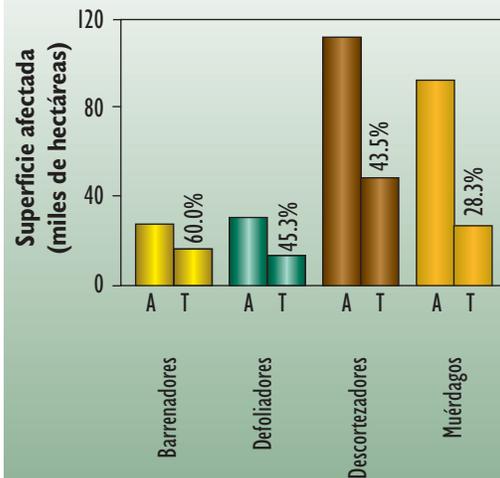


Figura 7.6. Producción maderable en México según la especie empleada, 1997-2001.



Durango, Chihuahua, Michoacán, Jalisco, Baja California y Sonora.. De acuerdo con estos datos, el uso de la madera como energético es mínimo en México (Figura 7.8, Cuadro III.5.2.6); en 2000 se empleó en promedio 2.7% como leña y 3.2% como carbón.

Figura 7.19. Superficie afectada (A) por enfermedades forestales que recibió tratamiento (T) según tipo de enfermedad, 1990-2001. Los números sobre las barras indican el porcentaje de la superficie que recibió tratamiento respecto del total afectado.



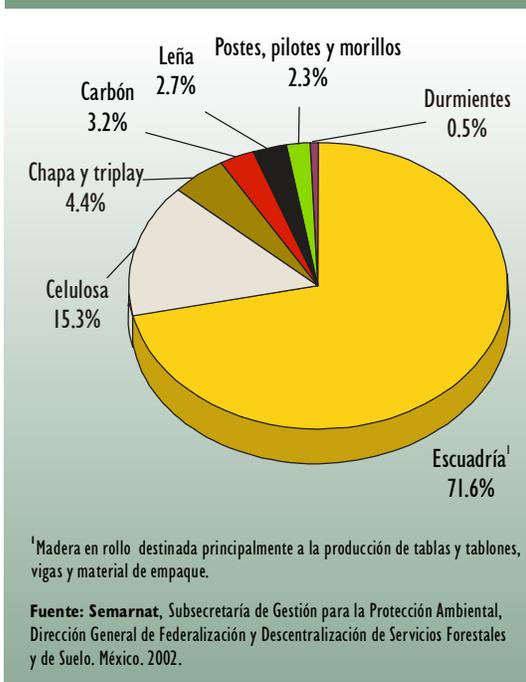
Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Tabla 7.2. Cambio en el uso que se le da a la madera en México, 1997-2001.

Uso	Tasa anual de crecimiento (%)
Escuadría	5.22
Papel	12.32
Chapa y triplay	13.30
Postes	6.65
Leña	6.82
Carbón	21.98
Durmientes	-2.98

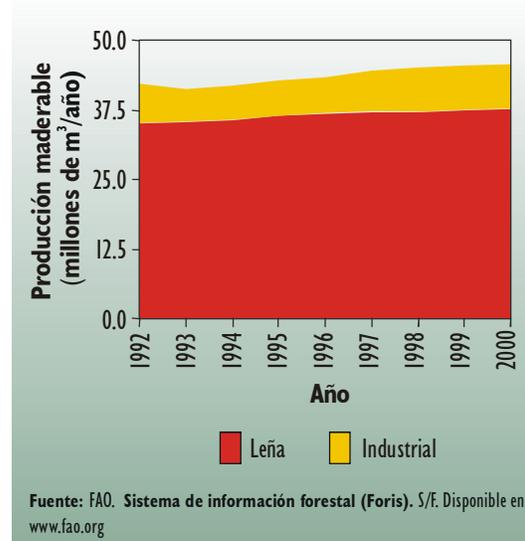
Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Figura 7.8. Usos principales de la madera en México, 1997-2000.



Vale la pena hacer algunas precisiones sobre este tema. Considerando que en el país 17% de las viviendas emplea leña (3 653 178 según el censo del 2000), los 202 536 m³ de leña reportados en el Cuadro III.5.2.6 se repartirían en cada hogar sumando 152 cm³ de madera al día, apenas una vara pequeña. Evidentemente, la cifra de consumo de leña en el país debe ser mucho mayor y rondar los 37.56 millones de m³ al año reportados por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (s/f), que concuerda cercanamente con las estadísticas nacionales

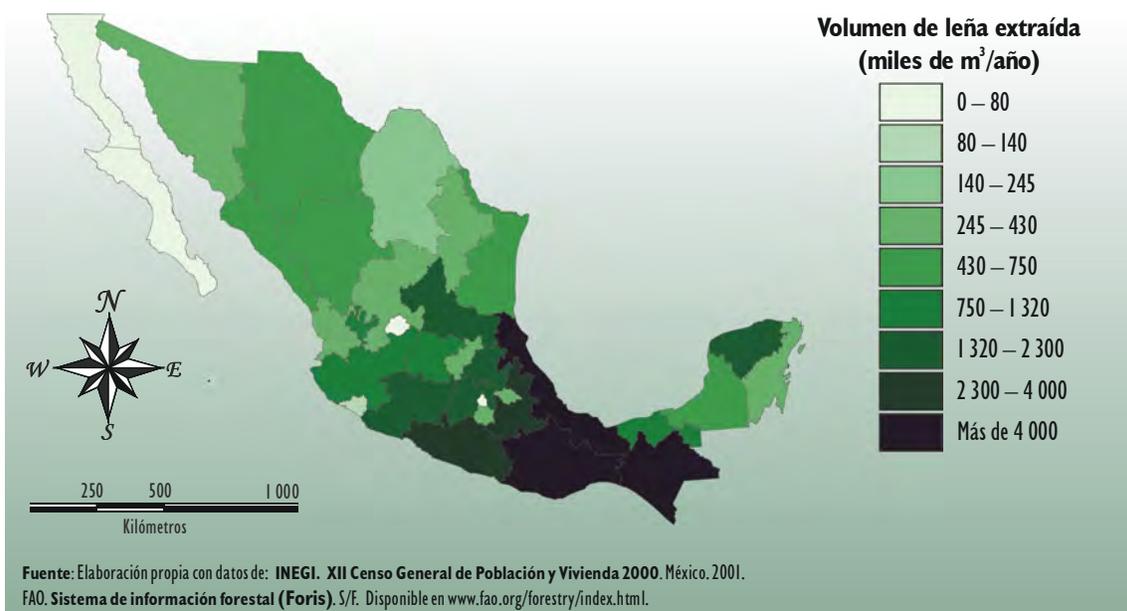
Figura 7.9. Evolución de la producción maderable en México según su empleo como leña o en la industria de acuerdo con estimaciones de la FAO, 1992-2000.



en todos los demás rubros. De acuerdo con la FAO, se consume como combustible el 82.2% de la producción nacional maderable, que habría sido de 45.7 millones de m³ en 2000 (Figura 7.9). Este escenario es muy diferente a los 9.4 millones de m³ que reportan las estadísticas nacionales, en parte porque en esa figura se muestra sólo la madera en rollo, mientras que una parte importante de la leña no cumple los requisitos para que sea considerada como tal (diámetro y longitud). Por otra parte, los datos de producción maderable no incluyen la cosecha en zonas áridas o en las orillas de los caminos, que es fundamentalmente empleada como combustible. Sin embargo, es probable que el factor que más fuertemente incide sobre la discrepancia entre los datos nacionales y los de la FAO sea que el corte de leña ocurre sin informar a las autoridades federales. Esta actividad tiene lugar en zonas rurales (principalmente de uso común) y es administrada por los órganos de decisión locales.

Es posible estimar el consumo de leña por entidad mediante el producto de la cantidad de combustible empleada en promedio por vivienda multiplicada por el total de viviendas que consumen leña localmente. Los estados donde más se emplea la leña en la cocina son Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Puebla (Mapa 7.4). Claramente se trata

Mapa 7.4. Extracción de leña estimada por entidad federativa, 2000.



de entidades con una importante población rural, indígena y con un bajo desarrollo humano (véase «Características socioeconómicas» en el capítulo I).

Las proyecciones en casi todo el mundo indican que el consumo de leña seguirá incrementándose. Al menos en la última década, en México se ha observado dicha tendencia. En algunas regiones, el incremento en la tasa de extracción de leña ha reducido la disponibilidad del recurso, generando lo que se ha llamado «la crisis energética de los pobres», y la falta de datos impide prever si la situación se agravará en los años por venir. Lo cierto es que la leña rara vez ocupa un lugar destacado en los planes energéticos nacionales, a pesar del gran número de personas que dependen de ella.

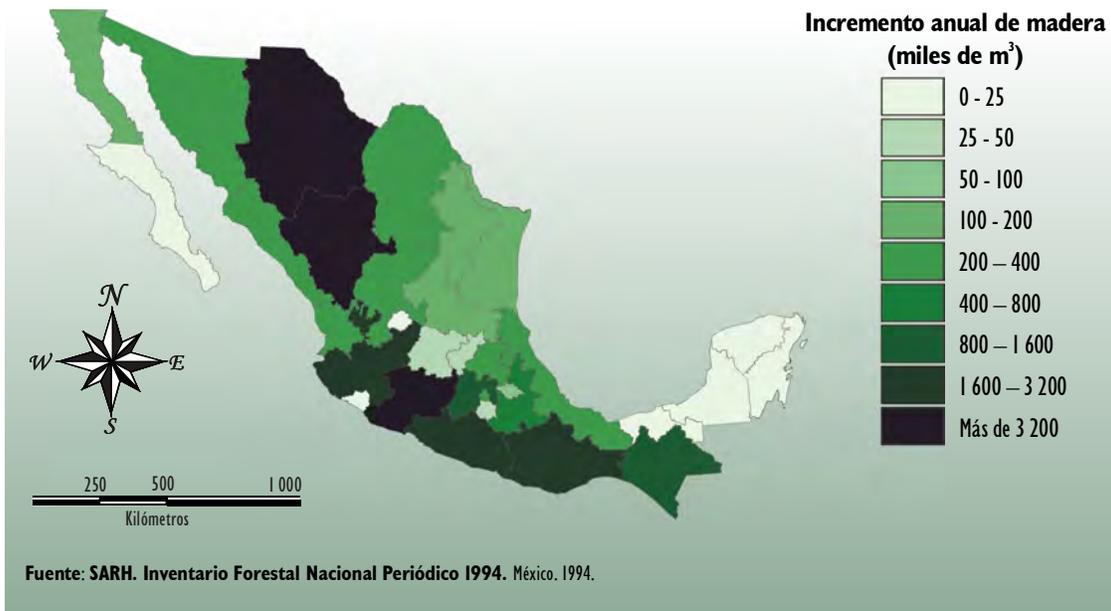
Para evaluar si la producción de madera es sustentable en México no basta conocer las existencias, sino también es necesario saber la velocidad con que éstas son capaces de renovarse. Si la explotación se encuentra por arriba de la renovación, entonces se está degradando la base de recursos naturales y la disponibilidad futura de los mismos. El IFNP 1994 efectuó estimaciones sobre la tasa de renovación (denominada «aumento anual») para las coníferas. Éste es el grupo que más se emplea industrialmente con fines

maderables. El aumento anual depende tanto de la superficie arbolada, del número y tamaño de los árboles en ella y de la velocidad con la que crece cada árbol, por lo que afectar cualquiera de estas variables incide sobre la productividad del bosque.

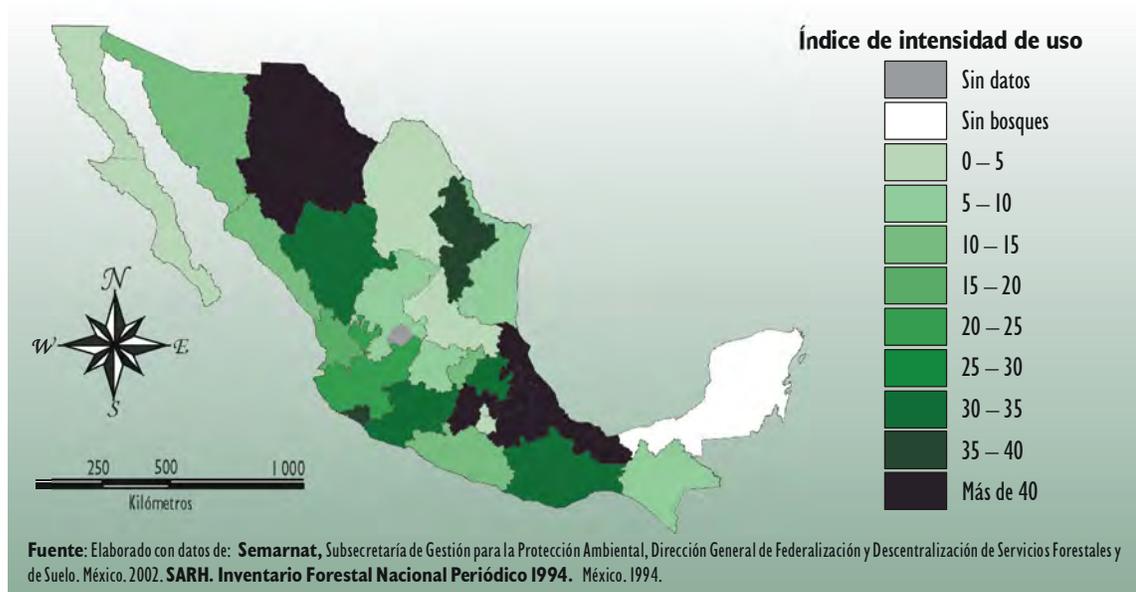
El aumento anual de coníferas en México es bastante alto respecto a los estándares mundiales. En total suma 24.9 millones de m³ de madera en rollo y se concentra sobre todo en los estados con mayores existencias (Mapa 7.5, Cuadro III.5.1.5). Dicha cifra se encuentra muy por arriba de la producción reportada de madera en rollo de coníferas en 2000, que fue de 7.96 millones. A nivel estatal se observa lo mismo, pues en ninguna entidad el volumen extraído de coníferas excede el 60.4% del aumento anual. Los estados con mayor producción maderable industrial (Durango, Chihuahua y Michoacán) no son los que hacen un uso más intenso de sus bosques, sino Tlaxcala, Puebla, Veracruz y el Estado de México (60.4, 50.5, 45.5 y 43.8% del aumento anual respectivamente) (Mapa 7.6).

Si bien esto sugeriría que el uso es sustentable, debemos recordar que la extracción no reportada por deforestación y consumo de leña es muy grande, y que puede alterar

Mapa 7.5. Incremento anual de madera de coníferas por entidad federativa, 1994.



Mapa 7.6. Índice de intensidad de uso de coníferas, 1994. El índice corresponde al porcentaje del incremento anual de coníferas que se aprovecha anualmente. En ningún caso esta explotación excede el 60.4%.



significativamente el panorama. Por otro lado, es importante señalar que sólo una fracción de la leña suele extraerse de los bosques. No hay datos para México, pero estudios realizados en otras naciones en vías de desarrollo señalan que

aproximadamente dos terceras partes de la leña se extraen de los bordes de los caminos, de cultivos abandonados y de traspatios. De tal modo, la presión sobre los bosques y selvas es menor de lo que parece a primera vista.

Independientemente de los efectos que tiene la extracción de leña y madera sobre la vegetación, la superficie forestal viene disminuyendo y, de acuerdo con las tendencias actuales, se espera que los bosques primarios —los que más madera contienen— se reduzcan a la mitad de su extensión actual en las próximas décadas (véase *¿Hacia dónde va el uso del suelo?* en el capítulo 2). Esto, por sí mismo, revela el uso insostenible que estamos haciendo de los bosques.

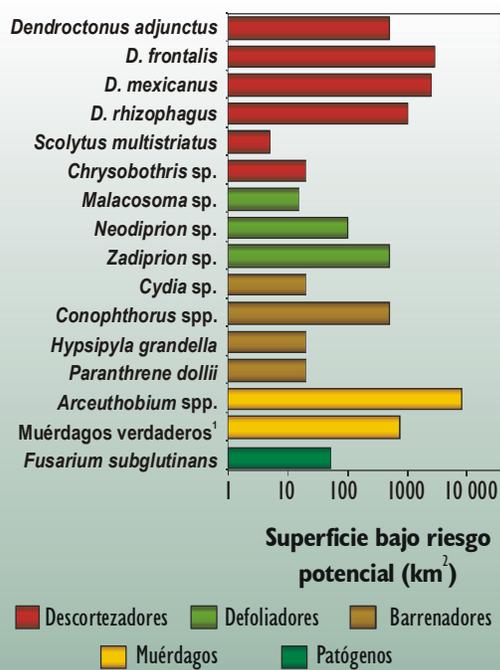
Lo mismo puede decirse sobre las selvas. En ellas la extracción se concentra en las especies de maderas preciosas. No existe información sobre el aumento anual de madera de este grupo, pero algunos datos nos pueden dar indicios sobre la sustentabilidad de su aprovechamiento. El sureste del país constituye la región de la cual proceden casi exclusivamente estas maderas. Ahí, un lote debe dejarse descansar por cerca de 50 años antes de que la cantidad de maderas preciosas se recupere en forma natural. Se requiere de grandes extensiones de selva para poder explotar una parcela, al mismo tiempo que otras 49 se mantienen en descanso. Mientras vastas regiones de selva permanecieron despobladas, algunas compañías fueron capaces de explotar la caoba de la región sureste con un esquema de ciclos de descanso de varias décadas. Esta forma de manejo vio su fin con la minifundización de las tierras que acompañó a los programas de colonización de los trópicos de las décadas de los sesenta y setenta. La explotación que siguió no tomó en cuenta la necesidad de promover la caoba o el cedro, por lo que las plantas remanentes son escasas o de una talla muy reducida (Challenger, 1998; Cemda-Cespedes, 2002). Hoy las maderas preciosas apenas representan medio punto porcentual de la producción maderable de México.

Además del hombre, otros factores pueden reducir las existencias de madera, como los incendios o las plagas forestales. Dichos fenómenos ocurren en forma natural en los bosques y selvas, y son incluso necesarios para el funcionamiento del ecosistema. Sin embargo, el hombre puede incrementar la frecuencia de plagas e incendios más

allá de lo que puede tolerar la vegetación. En la sección «Procesos de cambio de uso» del capítulo 2 se describe cómo ocurre esto en el caso de los incendios y se muestra cómo las entidades con mayor superficie de bosques alterados sufren más incendios en los años de sequía.

Las plagas forestales son insectos o patógenos que ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, como deformaciones, disminución del crecimiento, debilitamiento o incluso la muerte, causando un impacto ecológico, económico y social muy importante. Son consideradas como una de las principales causas de disturbio en los bosques templados del país. Actualmente se tiene registro de cerca de 250 especies de insectos y patógenos que afectan al arbolado en México, estimándose la superficie susceptible de ataque en cerca de 10 millones de hectáreas (Tabla 7.3, Figura 7.10).

Figura 7.10. Superficie bajo riesgo potencial de ataque por las principales plagas forestales en México, 2001.



¹*Psittacanthus* spp., *Phoradendron* spp., *Strutanthus* spp.

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Tabla 7.3. Principales plagas forestales de importancia económica y ecológica en México.

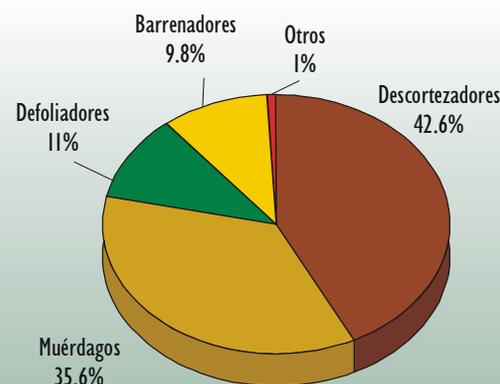
Especie	Nombre común	Tipo de vegetación afectada
<i>Dendroctonus adjunctus</i>	Descortezador del pino de las alturas	Bosque templado
<i>D. frontalis</i>	Descortezador del pino del sur	Bosque templado
<i>D. mexicanus</i>	Descortezador menor del pino	Bosque templado
<i>D. rhizophagus</i>	Descortezador de la raíz del pino	Regeneración en bosque templado
<i>Scolytus multistriatus</i>	Descortezador del olmo	Vegetación urbana y plantaciones
<i>Chrysobothris</i> sp.	Barrenador del cedro rojo	Plantaciones tropicales
<i>Malacosoma</i> sp.	Defoliador del ahuejote	Vegetación urbana
<i>Neodiprion</i> sp.	Mosca sierra menor	Bosque templado y plantaciones
<i>Zadiprion</i> sp.	Mosca sierra mayor	Bosque templado
<i>Cydia</i> sp.	Barrenador de conos de coníferas	Bosque templado
<i>Conophthorus</i> spp.	Barrenador de conos de pino	Áreas de pino piñonero
<i>Hypsipyla grandella</i>	Barrenador de las meliáceas	Plantaciones tropicales
<i>Paranthrene dollii</i>	Barrenador del álamo	Vegetación urbana
<i>Arceuthobium</i> spp.	Muérdago enano	Bosque templado
<i>Psittacanthus</i> spp.	Muérdago verdadero	Vegetación urbana y bosques de latifoliadas y coníferas
<i>Phoradendron</i> spp.	Muérdago verdadero	Vegetación urbana y bosques de latifoliadas y coníferas
<i>Strutanthus</i> spp.	Muérdago verdadero	Vegetación urbana y bosques de latifoliadas y coníferas
<i>Fusarium subglutinans</i>	Cancro resinoso del pino	Bosque templado y plantaciones

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Dentro de los factores naturales que facilitan el ataque de plagas están los fenómenos meteorológicos como las sequías, huracanes y nevadas, así como otras conflagraciones naturales, como los incendios. Sin embargo, las actividades humanas también facilitan el ataque. El aprovechamiento y pastoreo no regulados, el deficiente manejo silvícola, la introducción de especies de plagas y patógenos de otras regiones geográficas, así como los incendios inducidos predisponen a las masas arboladas al ataque por parte de estas especies.

El monitoreo que la Semarnat realiza en las zonas forestales del país muestra que en 2001 fueron afectadas 15 219 hectáreas por algún tipo de plaga, superficie que rebasa las 250 000 hectáreas si se considera todo el periodo entre 1990 y 2001 (Cuadro III.5.3.4). Clasificando a las plagas en animales y vegetales, y según la parte del árbol que atacan (véase **Principales plagas forestales**), la mayor parte de esta extensión fue afectada por descortezadores y muérdagos (Figura 7.II, Cuadros III.5.3.5,

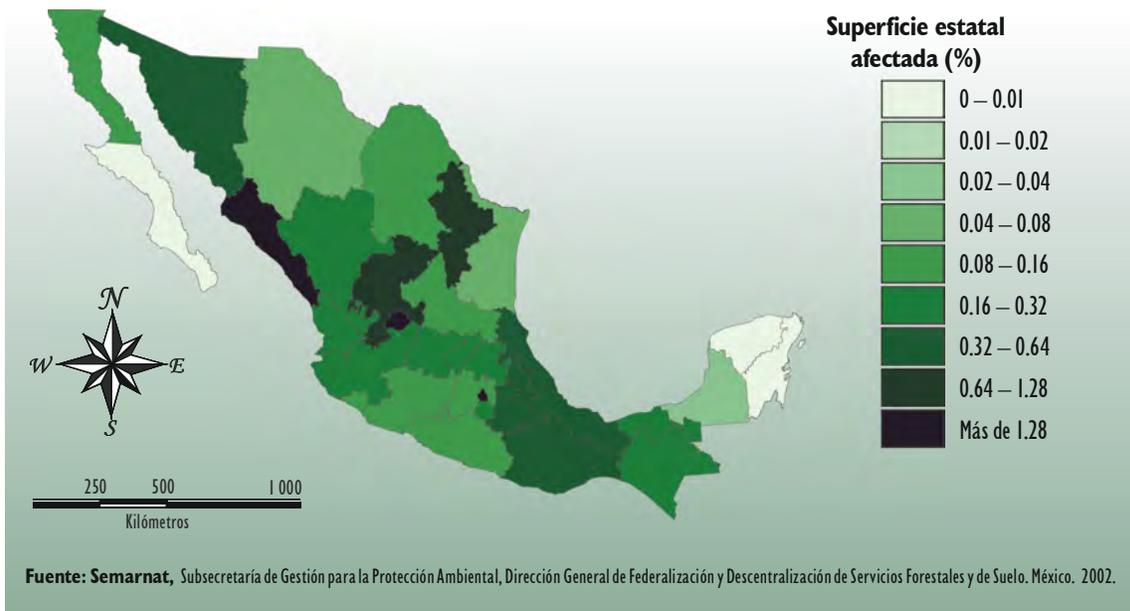
Figura 7.II. Superficie afectada por diferentes plagas forestales en México, 1990-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

III.5.3.6, III.5.3.7, y III.5.3.8). Los estados con mayor proporción de superficie forestal afectada por enfermedades fueron Sinaloa, Aguascalientes, el Distrito Federal, Nuevo León y Zacatecas (Mapa 7.7).

Mapa 7.7. Superficie forestal con diagnóstico sanitario en la que se encontró alguna plaga o enfermedad forestal por entidad federativa, 1990-2001.



Productos forestales no maderables

El universo de los productos forestales no maderables (PFNM) es sumamente vasto. En él se incluyen medicamentos, alimentos, materiales de construcción, resinas, gomas, tintes, fibras, suelo, organismos ornamentales y ceremoniales, ceras, esencias, aceites, etc. Estos productos no han recibido tanta atención como los maderables debido, sobre todo, a que carecen de un mercado amplio. En general son los campesinos pobres los que explotan este tipo de recursos, mientras que las grandes industrias se hacen cargo de la producción comercial maderera. Por todo esto se tiene la concepción errónea de que los PFNM constituyen un recurso de poco valor económico; sin embargo, las estimaciones sobre el potencial productivo no maderable de los bosques y selvas rebasa los 1.3 millones de dólares anuales en nuestro país.

Uno de los puntos más debatidos es el de las plantas medicinales. Éstas contienen principios activos que si bien reportan sumas millonarias a la industria farmacéutica internacional, en realidad se incorporan al proceso productivo en buena parte debido a los conocimientos de los pueblos tradicionales que detectaron las plantas útiles en un principio. Sin embargo, usualmente ni estos pueblos ni las naciones

donde crecen las plantas reciben participación alguna por parte de la industria. La extracción de otros PFNM, como las cactáceas y orquídeas ornamentales, constituye un ilícito no sólo en México sino también en otros países de acuerdo con las leyes internacionales de comercio. La pobreza que se experimenta en muchas zonas rurales no deja a los campesinos otras alternativas más que participar en la colecta ilegal de estas plantas a cambio de sumas irrisorias.

El PFNM que se aprovecha en mayor cantidad en México es la tierra de monte, la cual generalmente no se incluye en esa categoría, pero por su volumen es de gran importancia. El siguiente artículo en importancia son las resinas, que generalmente se extraen en los bosques de coníferas. Las fibras y ceras representan el sustento de cientos de las familias más pobres del país. Generalmente se producen en zonas áridas y semiáridas a partir de plantas de las familias de las agaváceas, bromeliáceas y euforbiáceas (Figura 7.12). Esta distribución geográfica diferencial de los productos no maderables se refleja en que los estados de las sierras (productores de resinas, como Michoacán) y del noreste árido (como Tamaulipas, donde se generan fibras) se encuentren entre los primeros lugares en producción (Mapa 7.8).

Principales plagas forestales

Los insectos que afectan al arbolado suelen clasificarse según la parte de la planta que afectan. Así, existen los descortezadores, barrenadores, defoliadores, carpófagos y cogolleros.

Descortezadores

Estos insectos se alimentan del *cambium* del árbol, el tejido a partir del cual crecen los árboles. En el proceso desprenden la corteza, lo que trae consigo la desecación y la exposición a los patógenos.

Defoliadores

Se trata de insectos que consumen o tiran el follaje, reduciendo la capacidad del árbol para fotosintetizar, ocasionando que pierda su vigor o incluso perezca si la infestación es severa.

Barrenadores

Estos organismos se alimentan de la madera, excavando galerías en el tronco. Dado que el leño es tejido muerto, los barrenadores no suelen causar mucho daño, excepto cuando ya han consumido mucha madera. Esto afecta la conducción de agua hacia las hojas, las cuales entonces se caen. También pueden debilitar el tronco y derribar al árbol. Sin embargo, la mayor amenaza de los barrenadores es que generalmente son portadores de organismos patógenos.

Carpófagos

Estos insectos se alimentan de los frutos, conos (piñas) y semillas. En estas condiciones el bosque es incapaz de regenerarse.

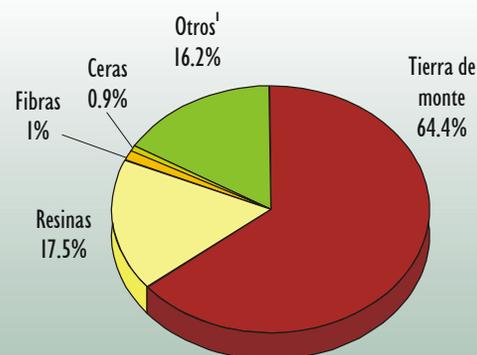
Cogolleros

Se alimentan de los brotes, impidiendo el crecimiento del árbol y provocando que crezca deforme. Estos árboles desfigurados carecen de valor comercial.

Muérdagos

No sólo los insectos provocan daños. Sobre los árboles pueden desarrollarse plantas parásitas que les roban nutrientes y retrasan su crecimiento. Debido a que las especies más nocivas pertenecen a la familia del muérdago europeo, generalmente se les conoce con ese nombre.

Figura 7.12. Principales productos forestales no maderables explotados en México, 1997–2001.



¹Incluye hojas, frutos, cortezas, tintes, esencias y aceites, plantas vivas, etc.

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

La variedad de plantas que no se aprovechan es enorme: de las 20 000 especies que potencialmente pudieran explotarse, apenas 85 se comercializan y 865 se utilizan regionalmente (Figura 7.13, Cuadro III.5.2.9). Si bien las estadísticas muestran que la extracción de PFNM va en aumento, no se nota que haya una diversificación en la producción. Los mismos rubros siguen contribuyendo al total en proporciones semejantes (Figura 7.14, Cuadro III.5.2.7); si bien ello puede incrementar el ingreso de los productores, también puede resultar en la sobreexplotación. Además, la dependencia de unos pocos recursos hace que la población humana sea vulnerable a las fluctuaciones del mercado. Los precios de no pocos PFNM han caído estrepitosamente en el pasado, dejando a miles de personas en la indigencia. Ejemplos de ello fueron la cera de candelilla, el chicle y el barbasco.

Es probable que una parte importante del aprovechamiento de estos recursos no esté realmente cuantificada en muchas zonas rurales, donde los usuarios no tienen obligación de reportar la extracción de los mismos. Por ello, el aumento observado puede ser en parte resultado de un incremento real en la producción o bien de un mayor número de reportes.

Mapa 7.8. Intensidad de extracción de productos forestales no maderables, 1997- 2000. La intensidad se midió como el volumen extraído en promedio por año y por unidad de superficie. No se incluye la tierra de monte.

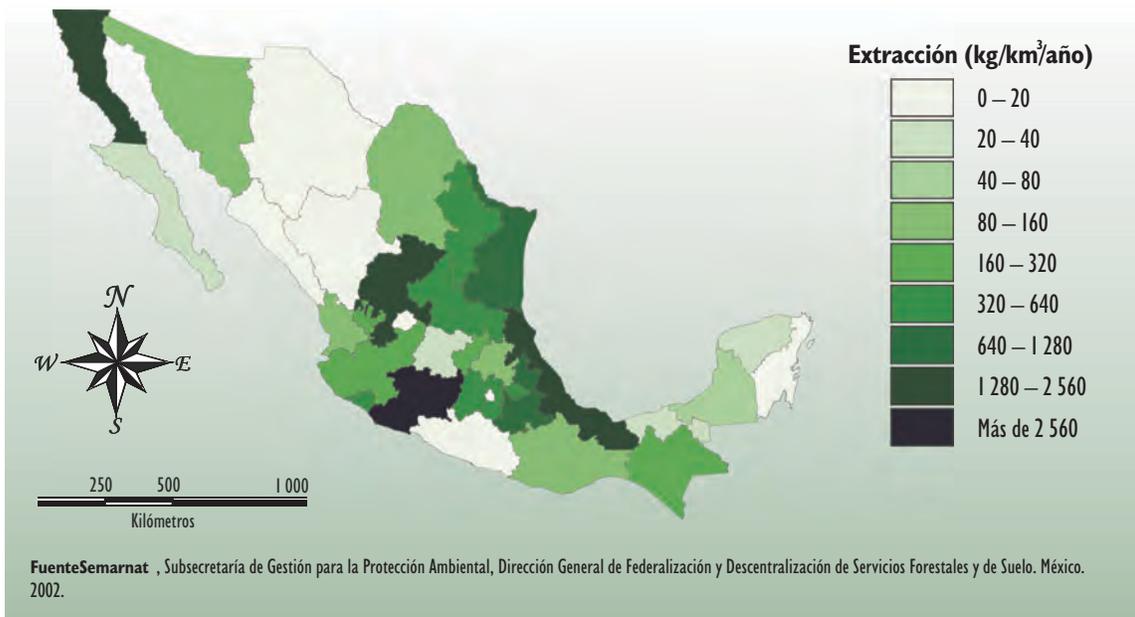


Figura 7.13. Especies aprovechadas o con potencial de aprovechamiento por región ecogeográfica. Las especies comerciales son aquellas que penetran en el mercado nacional, mientras que otras sólo son conocidas y empleadas regionalmente. Entre un 1 y 5% de las especies con potencial de aprovechamiento son empleadas. Nótese la escala de la gráfica.

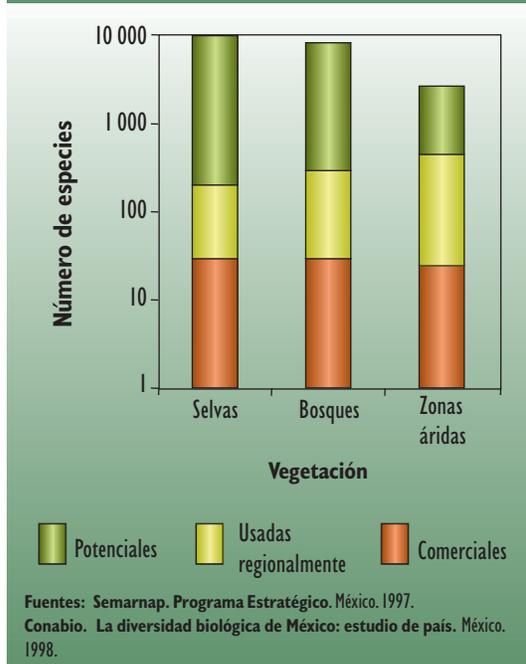
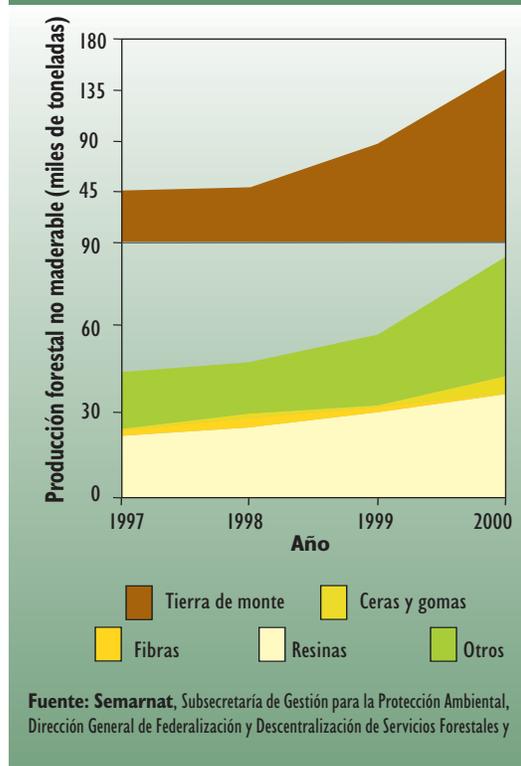


Figura 7.14. Evolución temporal de la producción forestal no maderable. Se muestran por separado los productos tradicionalmente incluidos en este rubro y la tierra de monte.



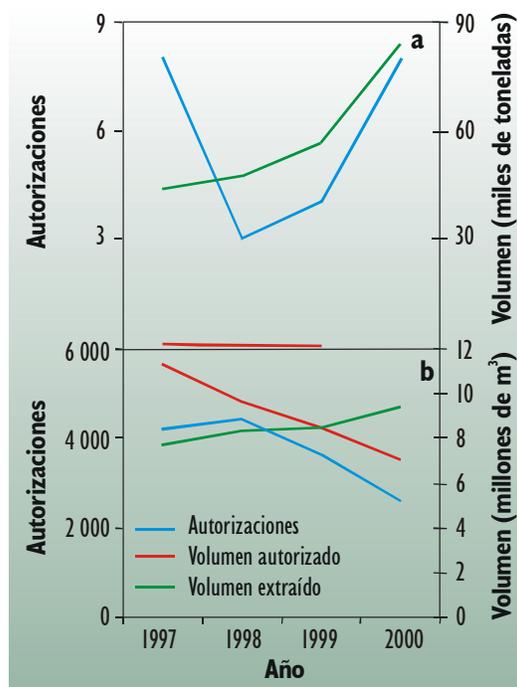
Se ha señalado que los PFM pueden ser una excelente alternativa productiva, puesto que, además de los posibles beneficios económicos, es un incentivo para la conservación de la vegetación natural donde estos recursos se encuentran. En algunos países de América Latina, incluido México, ya se han establecido «reservas extractivas», que son porciones de selva que las comunidades rurales protegen, ya que de ahí se extraen bienes comerciales tales como mariposas que se venden a coleccionistas de todo el mundo. Si bien en lo inmediato las reservas extractivas han frenado la deforestación, en varios casos se ha observado que la constante perturbación que causan las actividades humanas ha perjudicado la vida silvestre, por lo que este modelo productivo aún se encuentra en debate.

Gestión de los recursos forestales

Con la finalidad de regular el aprovechamiento de los recursos forestales, maderables o no maderables, la legislación mexicana prevé que se debe contar con una autorización. Durante 2000 se autorizó el aprovechamiento de más de 7 millones de m³ de madera y 224 toneladas de productos forestales no maderables. Mientras que en el caso de la madera el volumen extraído es semejante al autorizado, en el caso de los PFM la cantidad que cuenta con aprobación es mínima en relación con el total. En ambos casos el volumen autorizado se ha ido reduciendo en los últimos años, a la vez que la extracción ha aumentado para rebasar incluso la cantidad aprobada (Figura 7.15, Cuadros III.5.2.1 y III.5.2.2 y III.5.2.7). De seguir esta tendencia la situación sería grave, puesto que para otorgar una licencia de aprovechamiento la ley exige que se mitigue el impacto ambiental, que se proteja a las especies amenazadas, se tomen medidas preventivas contra incendios y plagas forestales, y que el aprovechamiento esté de acuerdo con los principios de la explotación sustentable. Al extraerse los recursos sin cumplir con estas normas, no hay garantía de que la explotación sea adecuada.

Para fomentar la explotación sustentable de los recursos forestales se cuenta con dos programas que inciden directamente sobre el uso de la vegetación natural: el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales

Figura 7.15. Volumen autorizado extraído de productos forestales. (a) productos forestales no maderables (incluye tierra de monte), (b) productos forestales maderables.



Fuente: Semarnap. Anuario estadístico de la producción forestal. México. Varios años.

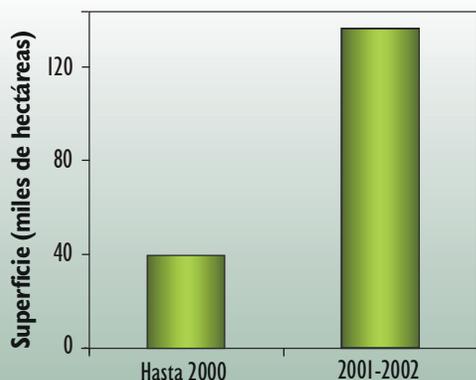
en México (Procymaf). Mediante el Prodefor se otorgan apoyos para el fomento a la productividad y manejo sustentable del bosque natural, orientados a mejorar la calidad de vida de las comunidades y al uso diversificado de los ecosistemas. Este instrumento se basa en el establecimiento y apoyo a programas bien definidos de manejo forestal, entendidos como el conjunto de acciones y procesos encaminados a ordenar, cultivar, proteger, conservar, restaurar y cosechar los recursos forestales de un bosque, considerando criterios ecológicos, sociales y económicos. También busca tecnificar y hacer más eficiente la producción forestal. Por su parte, el Procymaf tiene el objetivo de dar capacitación para el fortalecimiento de la silvicultura comunitaria y el manejo sustentable de los recursos maderables y no maderables en Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Durango y Chihuahua. En conjunto, estos programas han apoyado proyectos que han incidido en más de 3 millones de hectáreas.

A fin de asegurar el aprovechamiento adecuado de los PFM se expidieron las normas oficiales mexicanas NOM 002-RECNAT-1996 a 011-RECNAT-1996, que contienen las especificaciones acerca de cómo se deben explotar estos recursos. Dichas normas se aplican a los productos más comúnmente explotados, tales como resinas, tierra de monte, raíces, cortezas, tallos, plantas completas, hojas de palma, látex, exudados y hongos. Considerando que el aprovechamiento de los PFM es fundamental en las zonas áridas y semiáridas, se estableció el Programa para el Seguimiento y Evaluación del Aprovechamiento, Transporte y Almacenamiento de Productos Forestales No Maderables de Tierras Secas. Con este instrumento se busca apoyar a los productores y lograr un aprovechamiento sustentable.

Una forma alternativa de incrementar la producción y conservar al mismo tiempo los recursos naturales, es mediante el establecimiento de fuentes alternas de generación de productos forestales; de tal manera que, al no ser explotados, los recursos silvestres estarían bajo una menor presión. Con esta finalidad se instituyó el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan), por medio del cual no sólo se crean proyectos productivos y empleos, sino también se restituyen zonas arboladas que favorecen la conservación del entorno y brindan servicios ambientales. El Prodeplan ha experimentado un incremento notable de estas actividades en los últimos dos años, a tal grado que el número de proyectos apoyados se ha multiplicado por diez y se han beneficiado 136 474 hectáreas (Figura 7.16, Cuadro III.5.4.10).

En las plantaciones comerciales de México se cultivan sobre todo árboles para producir madera y celulosa (Cuadro III.5.4.12); consecuentemente, se prefieren las especies de pino y eucalipto. En las regiones tropicales se plantan principalmente especies de maderas preciosas, tales como la caoba, el cedro rojo y la teca (Cuadro III.5.4.11). Dentro del Prodeplan se ha apoyado también el establecimiento de plantaciones de PFM con mayor énfasis en regiones secas. En estos casos es posible sembrar, por ejemplo, lechuguilla u orégano (Figura 7.17).

Figura 7.16. Superficie que cuenta con apoyo del Prodeplan para plantaciones comerciales en 2000 y 2001-2002. En los últimos dos años se ha triplicado la superficie que cuenta con apoyo para el establecimiento de plantaciones acumulada hasta 2000.



Fuentes: Elaboración propia con datos de: Semarnat-Conafor, Dirección General de Producción y Productividad. México. 2002. Semarnat-Conafor. Avances y perspectivas del sector forestal. México. 2002.

Otra de las acciones para proteger los recursos forestales es el combate a las plagas. Constantemente se efectúan recorridos por los bosques y selvas con la finalidad de efectuar inspecciones de sanidad forestal. Cada año se inspeccionaban alrededor de 8 millones de hectáreas, superficie que se ha mantenido más o menos constante desde 1996 (Figura 7.18, Cuadro III.5.4.2). Las zonas arboladas que de manera proporcional han sido monitoreadas más intensamente son las del centro del país, mientras que el sureste (en particular la península de Yucatán) y los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California Sur reciben relativamente poca atención (Mapa 7.9).

Una vez que se detectan las zonas afectadas por plagas, se procede a aplicar el tratamiento correspondiente para su eliminación. Los esfuerzos orientados a cuidar al arbolado no son iguales en todo el territorio. En los estados de Sonora, Yucatán, San Luis Potosí y Baja California apenas se trata entre el cero y el 8% de las superficies aquejadas que se detectan, mientras que en Veracruz, Querétaro, Michoacán o Chihuahua se atienden más de las dos terceras partes del territorio afectado (Mapa 7.10, Cuadro III.5.4.3).

Figura 7.17. Superficie beneficiada por proyectos de Prodeplan según tipo de vegetación. En los recuadros se muestran las principales especies empleadas según lo exigen las condiciones climáticas.

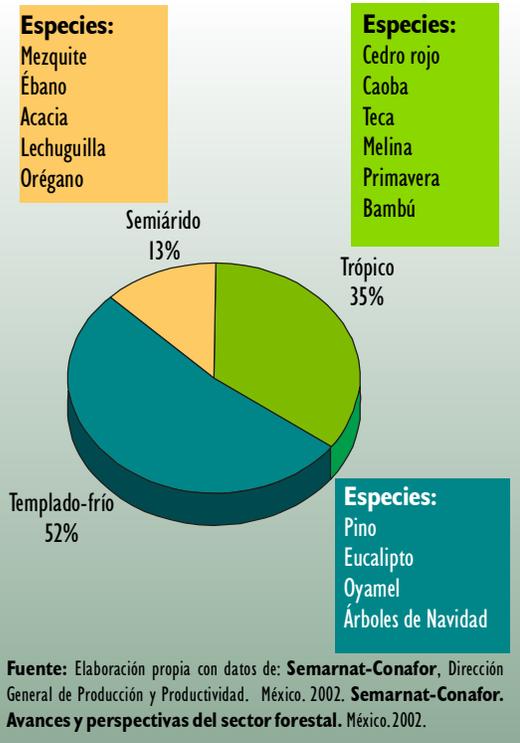
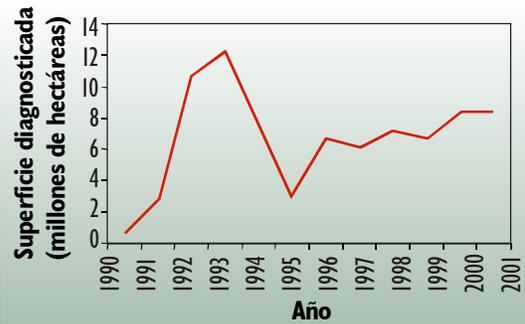


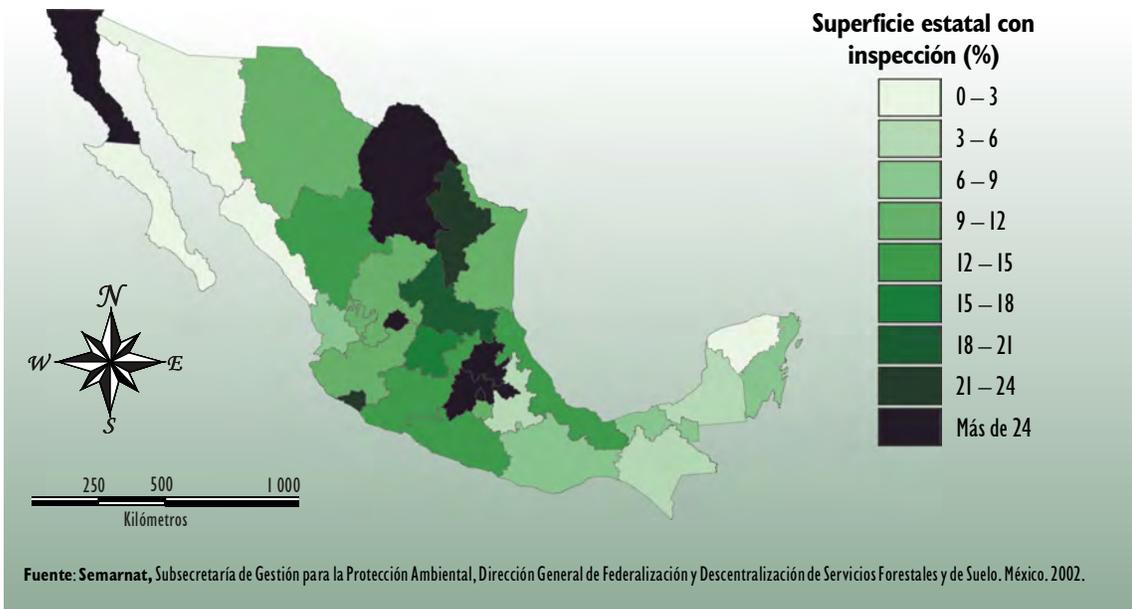
Figura 7.18. Evolución de la superficie con diagnóstico de sanidad forestal en México, 1990-2001.



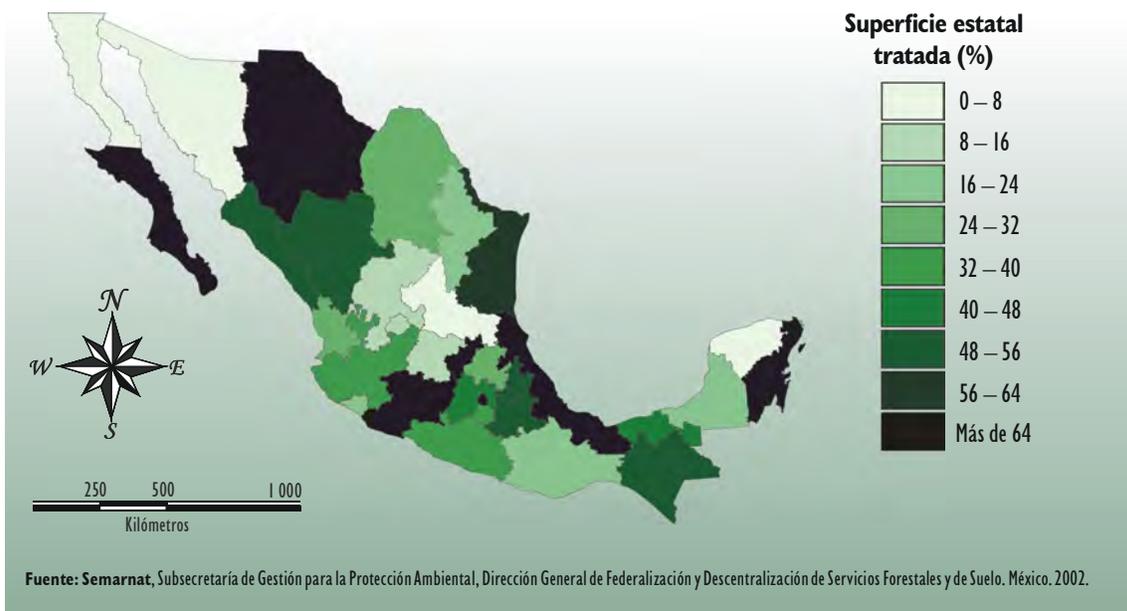
Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Los insectos más combatidos son los descortezadores, que son los organismos que más daños causan al arbolado en nuestro país. Los muérdagos —que también afectan grandes extensiones forestales— representan la segunda plaga más combatida en extensión, aunque proporcionalmente es la que menos atención recibe (Figura 7.19, Cuadros III.5.4.4, III.5.4.5, III.5.4.6, y III.5.4.7). A pesar de que año con año se ha venido reduciendo ligeramente la superficie que recibe

Mapa 7.9. Superficie forestal estatal en la que se efectuó inspección sanitaria entre 1990 y 2001.



Mapa 7.10. Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales que recibió tratamiento, 1990-2001.



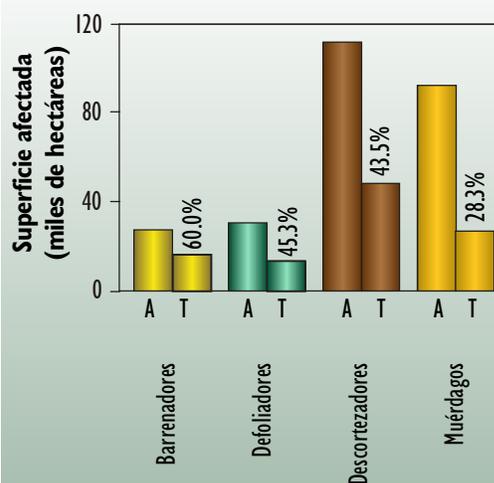
tratamiento contra plagas, se observa que el territorio afectado también ha disminuido con el tiempo (Figura 7.20). Esto puede ser resultado del comportamiento natural de las plagas, que es poco predecible, con periodos de explosiones demográficas y otros de colapsos en los cuales la población mengua. Sin embargo, los datos sugieren que de alguna manera los esfuerzos de control de plagas han tenido un efecto positivo sobre la sanidad forestal.

Manejo y conservación de la vida silvestre

Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (Uma)

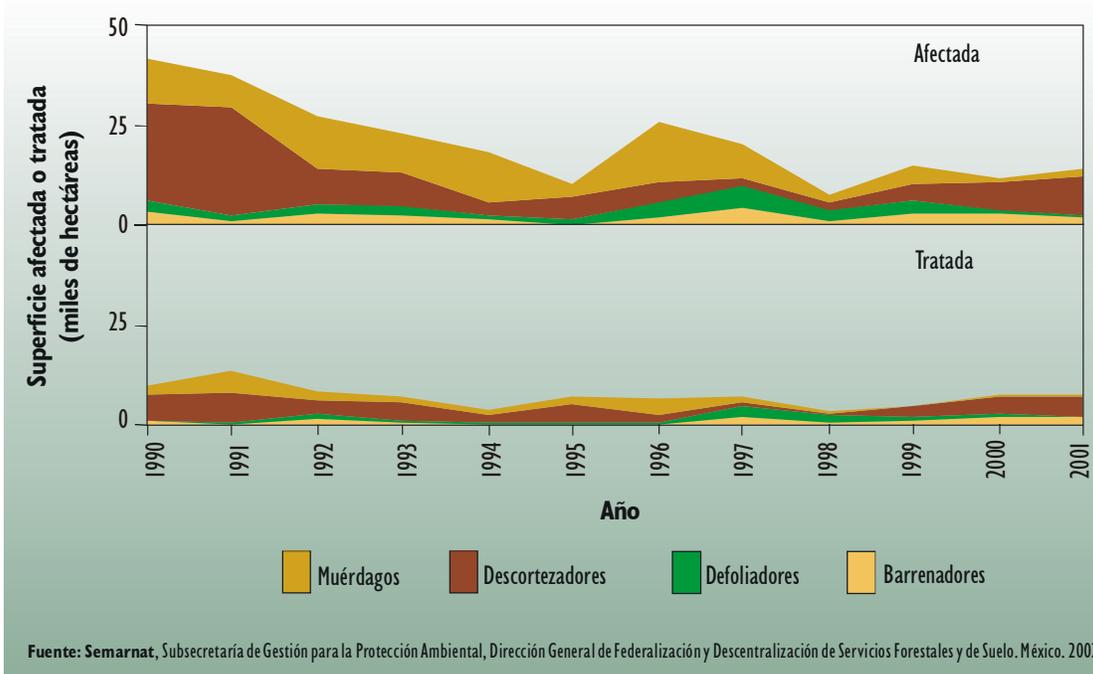
Con el propósito de contribuir a la conservación de la biodiversidad y hacerla compatible con las necesidades de producción y desarrollo socioeconómico de México, en 1997 la entonces Semarnap estableció el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Suma). Este sistema integró, bajo el concepto de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma), los sitios que utilizaban especies de vida silvestre de alguna forma, como los criaderos (extensivos e intensivos), zoológicos, viveros

Figura 7.19. Superficie afectada (A) por enfermedades forestales que recibió tratamiento (T) según tipo de enfermedad, 1990-2001. Los números sobre las barras indican el porcentaje de la superficie que recibió tratamiento respecto del total afectado.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

Figura 7.20. Superficie afectada por enfermedades forestales y superficie que recibió tratamiento según tipo de plaga, 1990-2001.



y jardines botánicos, entre otros. Las Uma siguen operando hoy en día y buscan crear oportunidades para el aprovechamiento de la vida silvestre de forma legal y viable, a la vez que promueven esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, por medio del uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales renovables que contienen, frenando o revirtiendo los procesos de deterioro ambiental.

Las Uma pueden ser definidas como unidades de producción o exhibición en un área delimitada claramente bajo cualquier régimen de propiedad (privada, ejidal, comunal, federal, etc.), donde se permite el aprovechamiento de ejemplares, productos y subproductos mediante la utilización directa o indirecta de los recursos de la vida silvestre y que requieren un manejo para su operación.

Las Uma se clasifican en *extensivas* e *intensivas*. Las primeras, también llamadas de vida libre, son aquellas donde las especies sujetas a manejo se encuentran libres en el predio, además de que se alimentan y resguardan bajo las condiciones naturales y sólo ocasionalmente se les proporciona alimento o cobijo. En estos casos no se tiene una

certeza completa del número de ejemplares contenidos sino sólo estimaciones obtenidas a partir de muestreos; un ejemplo típico de Uma extensivas son los ranchos cinegéticos. En el caso de las Uma intensivas, el manejo se efectúa bajo condiciones controladas y el mantenimiento de los ejemplares lo realizan técnicos en instalaciones regularmente cerradas con un control cercano de los ejemplares existentes. Ejemplos de Uma intensivas son los viveros, jardines botánicos y zoológicos.

En la actualidad los tipos de aprovechamiento extractivos más comunes que se realizan en las Uma son la cacería deportiva, la producción de mascotas y especies de ornato, así como la producción de pies de cría, alimentos e insumos para la industria. Algunos de los aprovechamientos no extractivos que se llevan a cabo en las Uma son el ecoturismo, la exhibición de ejemplares, la investigación y la educación ambiental.

La mayor parte de las unidades de manejo registradas corresponden a criaderos, viveros y jardines botánicos (Figura 7.21). Durante el periodo de 1999 a 2001, el número de nuevos registros de Uma intensivas se ha reducido: de 186

en 1999 a 112 en 2001, en contraste con las Uma extensivas que han mantenido su ritmo de crecimiento en alrededor de 500 registros por año (Figura 7.22). Los estados donde se ha reportado el mayor número de Uma en los últimos años son Coahuila, Nuevo León, Sonora, Tabasco y Tamaulipas (Cuadro III.4.5.1). Para 2002, a cinco años de la creación de este esquema, ya se tenían registradas cerca de 5 000 Uma en el país (Figura 7.23).

Figura 7.21. Unidades registradas de manejo para la conservación de la vida silvestre (Uma), 1997-2001.

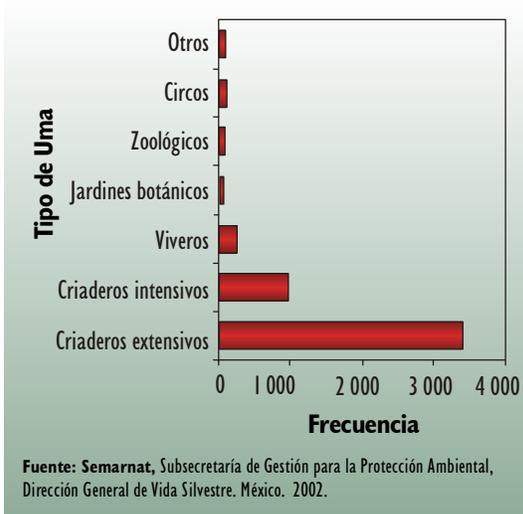


Figura 7.22. Registro de Uma intensivas y extensivas, 1999-2001.

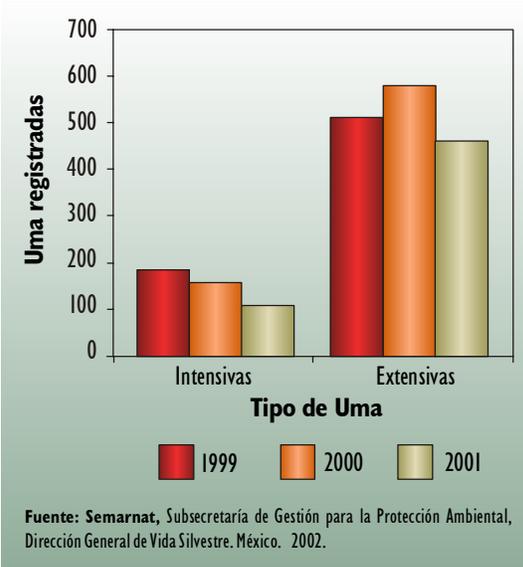


Figura 7.23. Uma registradas en el Suma a 2002.

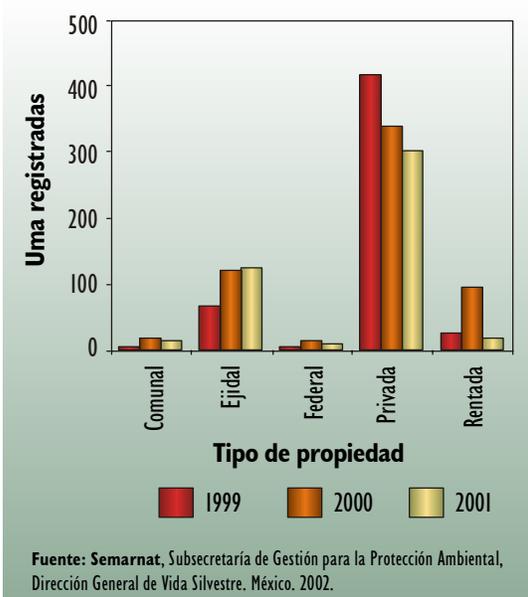


La mayoría de las Uma registradas durante el periodo 1999-2001 están ubicadas en propiedad privada (67.6%), sin embargo, las establecidas en terrenos ejidales —que no llegan al 20% del total— representan, en forma conjunta, la mayor extensión, con casi 3 millones de hectáreas totales (Cuadro III.4.5.2, Figuras 7.24 y 7.25). La tendencia que se observa en estos tres años es una incorporación importante de Uma registradas en terrenos ejidales, lo que podría indicar que los propietarios están considerando el manejo sustentable de la vida silvestre como una opción real.

Las Uma se encuentran distribuidas en prácticamente todos los ecosistemas mexicanos, tanto acuáticos como terrestres: bosques de coníferas y encino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical perennifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo y pastizal. La mayor cantidad de superficie bajo manejo en estas unidades se encuentra en los matorrales xerófilos, seguido de los bosques de coníferas y encinos (Cuadro III.4.5.3, Figura 7.26). Resalta el hecho de que para 2001 ya se tenía un poco más de 20 mil hectáreas de acahuales que estaban incorporadas a las Uma, señal que muestra el valor que pueden tener como una forma de obtener provecho de superficies perturbadas.

Para 2002 se tenían registradas 36 Uma dentro de áreas naturales protegidas (ANP) que cubren, en conjunto, una superficie de un poco más de 1 100 000 hectáreas. En 1998 existían unidades de manejo en 11 ANP y para 2002 en 14 de

Figura 7.24. Uma registradas según tipo de propiedad, 1999-2001.



ellas (Cuadro III.4.5.6). En la Reserva de la Biosfera de *El Vizcaíno* es donde se concentra la mayor superficie de estas unidades de manejo con un poco más de medio millón de hectáreas. La instalación de Uma dentro de las ANP ha generado varios beneficios: disminución de la presión social en la zona, conservación del medio ambiente y un mayor conocimiento de sus especies, hábitat y ecosistemas.

En los últimos años, el número de Uma intensivas que se han registrado ha sido muy bajo. Por ejemplo, durante los años 2000 y 2001 se registraron sólo 2 jardines botánicos, 4 zoológicos, 21 circos y 46 viveros, muchos de estos últimos en el estado de Yucatán (Figura 7.27, Cuadros III.4.5.7 y III.4.5.9).

En algunas Uma ya se manejan especies clasificadas como prioritarias: berrendo, oso negro, borrego cimarrón, cocodrilos, lobo gris mexicano, tortugas marinas y varias especies de cactáceas y orquídeas, entre otras (Tabla 7.4), lo que permite vislumbrar la posibilidad de una efectiva conservación de estas especies.

Centros de Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS)

En el marco del Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000 se incorporaron dentro del Suma los Centros Integrales para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (CICAVS), denominados hoy Centros de Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) (Recuadro III.4.5.3).

El objetivo principal de los CIVS es la recepción, conservación, protección, recuperación, reintroducción y

Figura 7.25. Superficie comprendida por Uma registradas por tipo de propiedad, 1999-2001.

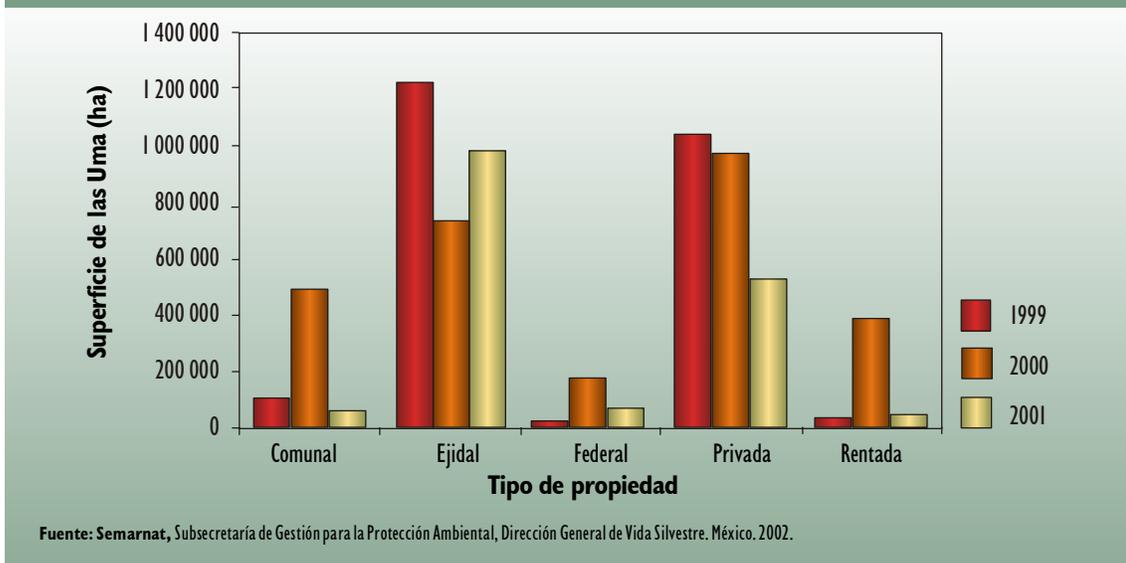
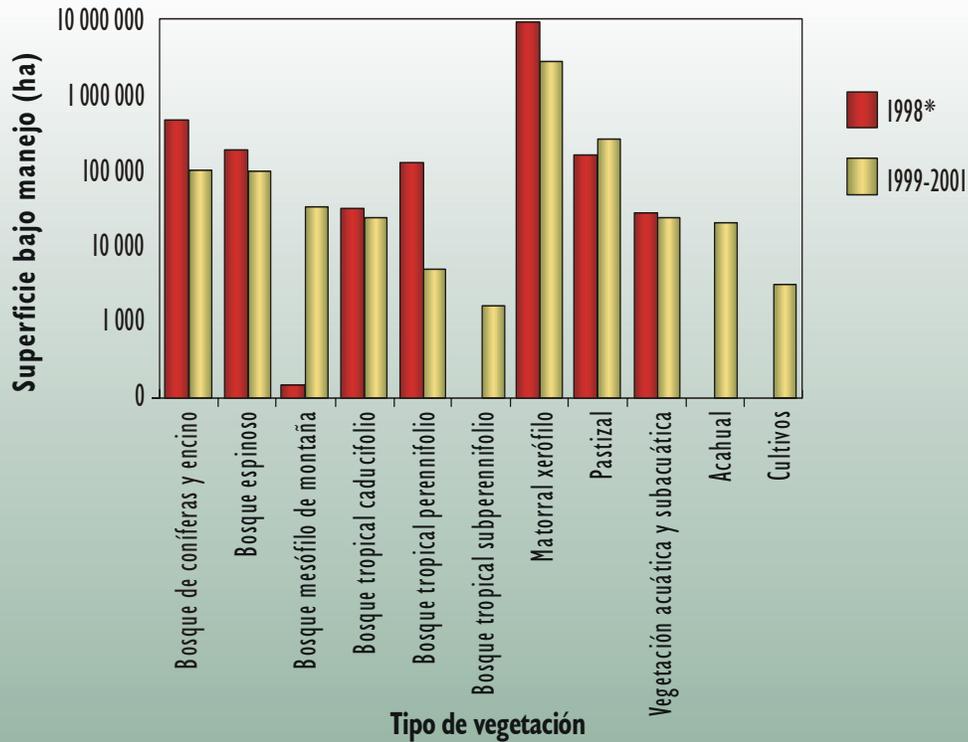


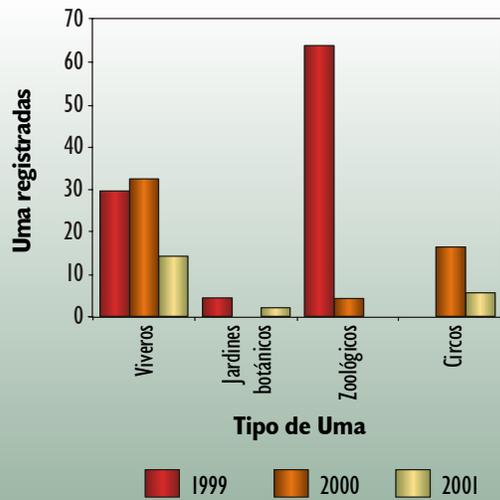
Figura 7.26. Superficie bajo manejo en Uma según tipo de vegetación, 1998-2001.



* Se refiere a la superficie acumulada hasta 1998.

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Figura 7.27. Uma intensivas registradas por año, 1999-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Tabla 7.4. Especies manejadas en Uma.

Especies prioritarias manejadas en Uma	Especies clave manejadas y aprovechadas en Uma
Berrendo	Venado cola blanca
Oso negro	Guajolote silvestre
Borrego cimarrón	Pecarí de collar
Cocodrilos	Hocofaisán
Psitácidos	Guajolote ocelado
Jaguar	Puma
Lobo gris mexicano	Coyote
Palomas	Maguey verde
Cactáceas	Gato montés
Orquídeas	Mariposas
Palmas	
Cirios	
Tortugas marinas	
Cícadas	

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

canalización de aquellos ejemplares de vida silvestre que son producto de rescate, entregas voluntarias o aseguramientos por parte de la Procuraduría General de la República (PGR) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). Estos centros contribuyen a la conservación y desarrollo del conocimiento de la vida silvestre y su hábitat, ya que dentro de ellos se pueden llevar a cabo programas de recuperación de especies, monitoreo ambiental, investigación científica, educación y capacitación.

En la actualidad existen 11 CIVS (Mapa III.4.5.1) ubicados en los estados de Jalisco, Tamaulipas, Yucatán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Estado de México y Campeche, estos dos últimos con dos centros cada uno. En los CIVS se manejan principalmente mamíferos, aves y reptiles (Cuadro III.4.5.10). Los CIVS de Chacahua en Oaxaca y San Blas en Nayarit están enfocados en la protección y conservación del cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) manteniendo, en el caso del CIVS Chacahua, un ingreso de más de 100 individuos al año durante el periodo 1998-2001. Únicamente en el CIVS de Los Reyes-La Paz, Estado de México, se han tenido ingresos de arácnidos (Cuadro III.4.5.10), los cuales fueron liberados o canalizados casi en su totalidad. Los centros de Los Reyes-La Paz, El Arca en Ciudad Victoria, Tamaulipas, y Guadalajara son los que en la actualidad manejan el mayor número de especímenes ingresados, liberados y canalizados.

Cabe señalar que la importancia de los CIVS no se debe tanto al volumen de individuos que se recuperan o salvan, ya que otros esquemas de conservación podrían manejar cantidades mayores, sino a la relevancia que tiene para la sociedad el que se muestre interés por proteger y salvar a la fauna y flora silvestres.

Permisos de caza deportiva, colecta y comercio

Debido a las reestructuraciones suscitadas a lo largo de los cambios de la administración pública y a las limitaciones en la infraestructura, la información relacionada con permisos de caza deportiva, colecta y comercio no está completamente sistematizada. Por lo tanto, resulta difícil hacer comparaciones de los diferentes años y buscar tendencias de los usos dados a la fauna silvestre por concepto de la caza.

Hasta la temporada de caza deportiva 1997-1998 se expidieron seis tipos de permisos, los cuales autorizaban la caza de especies particulares. En el caso de las aves se tenían los permisos tipo I (acuáticas: patos, cercetas y gansos), tipo II (exclusivamente palomas) y tipo III (otra clase de aves: chachalacas, codornices y zanates cola de bote, entre otras). Los permisos tipo IV y VI correspondían a mamíferos, el primero de ellos a mamíferos pequeños (como tlacuache, mapache, tejón, ardilla, conejo, liebre y coyote) y el segundo al venado bura de Sonora y el venado cola blanca texano. Los permisos de tipo V se referían a especies de aves y mamíferos, tales como perdiz o tinamú real, faisán de collar, guajolote silvestre, pavo ocelado, zorra gris, puma, gato montés, pecarí de labios blancos, venado temazate, venado bura, venado cola blanca, borrego aoudad o berberisco y jabalí europeo.

A partir de la temporada 1998-1999, la cacería deportiva se consideró un aprovechamiento extractivo sustentable, el cual sólo puede realizarse en predios registrados como Uma, con plan de manejo aprobado y autorización de aprovechamiento (donde se especifica la tasa de aprovechamiento autorizada), o bien en predios donde se desarrolle algún programa regional de conservación de hábitat operado a través de alguna organización no gubernamental, con el consentimiento expreso de los titulares de los predios y al amparo de un convenio firmado con la Semarnat.

En esta misma temporada se emitió un calendario de aprovechamiento cinegético y de aves canoras y de ornato que unificó el calendario de captura, transporte y aprovechamiento de las especies. En términos generales, el calendario establece las especies para cada entidad, la cantidad de ejemplares que serán autorizados (tasa de aprovechamiento), los medios permitidos para su captura, transporte y posesión, y las disposiciones específicas a fin de obtener los permisos necesarios para estas actividades. Además, se determinó una reducción en los tipos de permisos de caza deportiva para dejar únicamente tres. El tipo I para el aprovechamiento de cualquier especie dentro de las Uma extensivas y de acuerdo con lo establecido en el Plan de Manejo. Los tipos II y III se referían a los permisos de caza de aves y mamíferos respectivamente, ambos condicionados a las tasas de aprovechamiento cinegético establecidas por la Semarnat fuera de las Uma y con el consentimiento expreso

de los propietarios o poseedor legítimo de los predios, donde se demuestre que dichas tasas son menores a las de la renovación natural de las poblaciones a aprovechar. En el caso de las aves canoras y de ornato, para mejorar el control sobre su aprovechamiento, se estableció el Registro de Aprovechador de Aves Canoras y de Ornato, mediante el uso de anillos metálicos numerados, proporcionados por la Semarnat a los titulares de los permisos, con el fin de identificar y garantizar la procedencia legal de los ejemplares.

En la temporada de aprovechamiento cinegético 1999-2000, nuevamente hubo cambios en los permisos de caza deportiva al reducirse a dos tipos: caza de aves y caza de mamíferos. Además se implementaron los cintillos de cobro para especies de caza mayor (los cuales serían los equivalentes a los permisos cinegéticos V y VI anteriores a 1998).

Durante la temporada cinegética 1998-1999 se emitió un total de 74 075 permisos de caza (Cuadros III.4.4.3 y III.4.4.8), que representaron un ingreso superior a los 14.5 millones de pesos. Del total de permisos expedidos (Figura 7.28), 13 735 correspondieron a permisos para caza dentro de las Uma (tanto aves como mamíferos); 31 624 para la caza de aves y 28 716 para la de mamíferos. Los estados en los que se emitió el mayor número de permisos en esta temporada fueron Nuevo León (12 631), Tamaulipas (12 393), Sonora (5 263) y el Distrito Federal (4 780).

Durante la temporada cinegética 1999-2000 se expedieron 51 347 permisos para caza deportiva (Cuadros III.4.4.4 y III.4.4.10) que generaron ingresos por más de 14.6 millones de pesos. Se emitió un total de 26 117 permisos

Figura 7.28. Permisos de caza expedidos en la temporada cinegética 1998-1999.

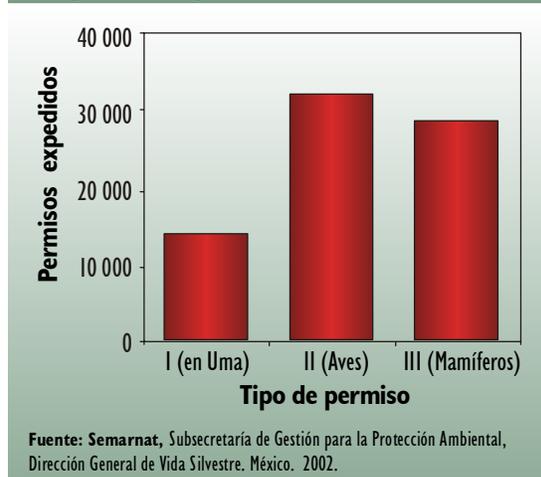
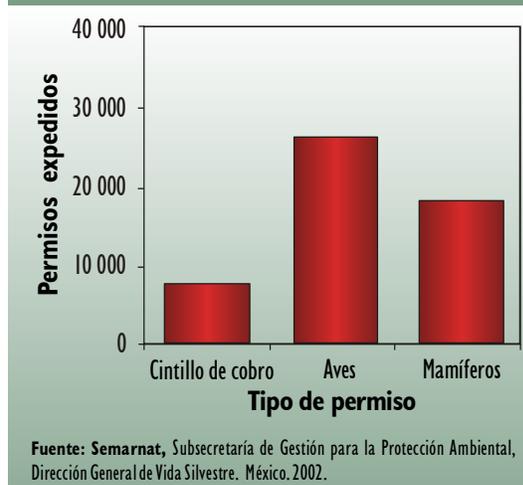
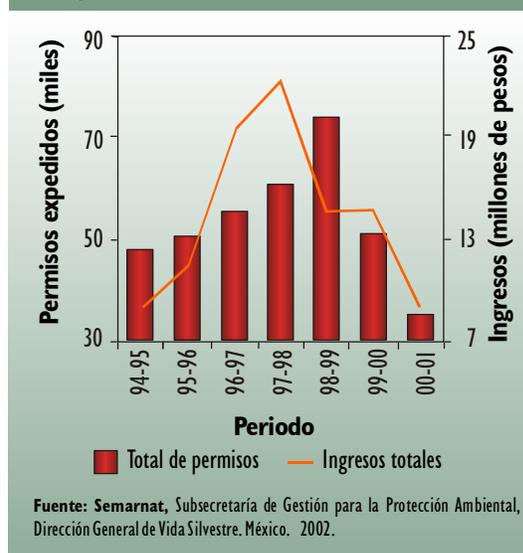


Figura 7.29. Permisos de caza expedidos en la temporada cinegética de 1999-2000.



para la caza de aves, 17 591 para la de mamíferos (Figura 7.29) y 7 639 cintillos de cobro (especies de caza mayor). Los estados que expedieron el mayor número de permisos de caza de aves fueron Jalisco, 4 236; Baja California, 3 985; Sonora, 3 736 y Nuevo León (757). En la temporada 2000-2001 se observó un incremento considerable en el número de cintillos de cobro emitidos, que se elevó a 35 443, con un ingreso cercano a los 9 millones de pesos. El comportamiento general de los ingresos obtenidos por concepto de permisos de caza de 1994 a 2001 se muestra en la Figura 7.30.

Figura 7.30. Permisos de caza expedidos e ingresos totales durante las temporadas cinegéticas de 1994-1995 a 2000-2001.

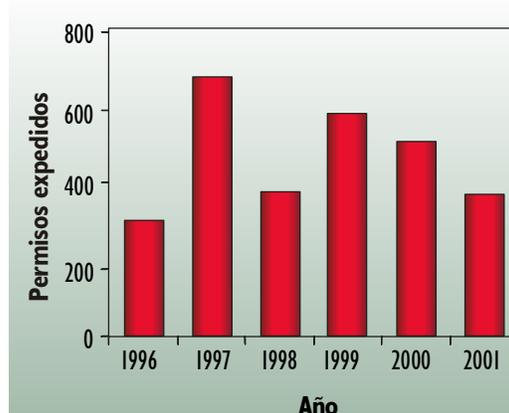


Existe un tipo particular de permiso denominado *Permiso Especial de Colecta Científica*, que es concedido a científicos e investigadores, tanto nacionales como extranjeros, para la realización de colectas de especies de vida silvestre que se encuentran o no citadas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL 1994 y ahora 2001) o de especies distribuidas en Áreas Naturales Protegidas. Este permiso se otorga por familia o grupo taxonómico, como mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces e invertebrados. Su vigencia depende de la duración del proyecto de investigación para el cual fue solicitado y sólo es expedido un permiso por proyecto.

De 1996 a 2001 se expedieron 2 768 permisos especiales de colecta (Cuadro III.4.4.12, Figura 7.31). A partir de 1999 se observó una tendencia a la disminución en la expedición de los permisos, lo cual puede estar reflejando la problemática que atraviesa la investigación en nuestro país. Durante 1999 se emitieron 577 permisos, en tanto que para 2001 solamente 367. Los estados en los que se ha expedido el mayor número de permisos son Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, Sonora y Veracruz. Por otra parte, las *Licencias de Colector Científico* son otorgadas a investigadores nacionales que realizan colectas de especies de vida silvestre que no se encuentran en la NOM-059-ECOL-2001 ni dentro de Áreas Naturales Protegidas. De 1997 a 2001 se otorgó un total de 139 licencias (Cuadro III.4.4.11), de las cuales 93 fueron para colecta de fauna y 44 para flora; en 2001 únicamente se otorgaron 2 licencias para ejemplares de flora y fauna.

Debido a que el comercio de especies de fauna y flora silvestres representa una amenaza potencial a la biodiversidad y a que el tráfico de animales y plantas silvestres sobrepasa las fronteras entre países, se estableció un acuerdo internacional de cooperación para proteger ciertas especies de la explotación excesiva conocido como CITES (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), al cual México se adhirió en 1991. Las especies amparadas por el CITES están incluidas en tres apéndices según el grado de protección que necesiten. Bajo este esquema, sólo puede importarse, exportarse o

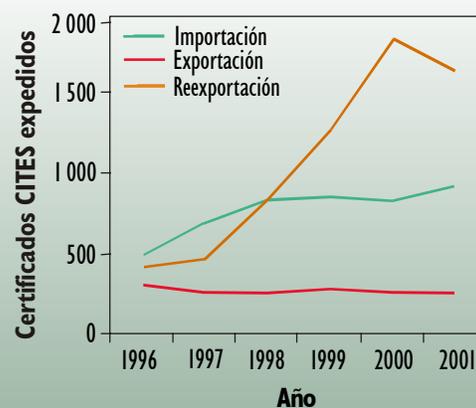
Figura 7.31. Permisos especiales de colecta científica expedidos en el periodo 1996- 2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

reexportarse un espécimen de una especie incluida en los apéndices si se ha obtenido el permiso correspondiente. Durante el periodo 1996-2001 la expedición de certificados de reexportación se incrementó de manera notable al pasar de 390 a 1 558 (Figura 7.32 y Cuadro III.4.4.15), mismo comportamiento que tuvieron los certificados de importación que aumentaron de 469 en 1996 a 889 en 2001. Los certificados de exportación se han mantenido relativamente constantes de 1996 a 2001 con valores inferiores a los 300 certificados por año.

Figura 7.32. Expedición de certificados CITES, 1996-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Recursos pesqueros

Panorama mundial

La pesca y la acuicultura constituyen una fuente vital de alimentos, empleo, recreación, comercio y bienestar económico para las poblaciones de todo el mundo. Asimismo debieran serlo para las generaciones futuras y, por tanto, la explotación pesquera tendría que llevarse a cabo de forma responsable. Antes los recursos acuáticos se percibían como un don ilimitado de la naturaleza, mito que los hechos han desvanecido al constatar que, aun siendo renovables, en realidad se encuentran limitados y tienen que someterse a una ordenación adecuada si se quiere que su contribución al bienestar nutricional, económico y social de la creciente población mundial sea sostenible.

Es un hecho que la excesiva demanda de alimentos provoca la sobreexplotación de los recursos pesqueros. Este efecto negativo afecta a aquellas especies que son buscadas por los pescadores (especies objetivo) y muy a menudo ocurre la captura incidental de especies acompañantes, muchas de las cuales son simplemente descartadas en alta mar puesto que carecen de valor comercial. De manera indirecta, la pesca puede redundar en deterioro ambiental y contaminación, especialmente en las áreas costeras, provocando la destrucción del hábitat (Sagarpa, 2001). El deterioro ambiental antropogénico y natural que se experimenta en buena parte de la zona costera, de donde se extrae el 80% de la pesca, es cada vez más evidente. En una buena proporción de los embalses continentales la situación es similar, debido al deterioro de las cuencas hidrológicas y la sobrepesca.

Hasta fines de los sesenta el ritmo de crecimiento de la producción pesquera era superior al de la población mundial; ahora el crecimiento es nulo o negativo, salvo por la producción acuícola. Según la FAO, la producción mundial notificada de la pesca de captura y la acuicultura bajó de 122 millones de toneladas en 1997 a 117 millones en 1998, debido principalmente a los efectos de la anomalía climática El Niño sobre algunas de las principales pesquerías de captura marinas. Sin embargo, se recuperó en 1999 y, según una

estimación preliminar, la producción de ese año ascendió a 125 millones de toneladas. Los cambios más grandes en la producción pesquera se deben a la acuicultura, que creció en alrededor de 20 millones de toneladas con respecto al decenio anterior (en especial en Asia y el Pacífico), al tiempo que las capturas mundiales de peces, moluscos y crustáceos parecen haberse estabilizado en 90 millones de toneladas aproximadamente.

A pesar de esta relativa estabilidad en la producción, el esfuerzo de pesca (número de embarcaciones, tonelaje de las mismas o frecuencia con la que se lanzan las artes de pesca) sigue creciendo debido a la presión social derivada de la pobreza y a la falta de controles eficientes para el acceso al recurso pesquero. Las flotas pesqueras han registrado un incremento tanto en el número de grandes barcos pesqueros como en la incorporación de nuevas tecnologías, lo que resulta en que el tamaño de la flota pesquera mundial se encuentre sobredimensionado respecto al tamaño óptimo (Sagarpa, 2001). Esto significa, entre otras cosas, que ahora se requiere un mayor esfuerzo para producir lo mismo, una evidencia del creciente deterioro de los recursos. El número de especies insuficiente o moderadamente explotadas disminuye, mientras que el número de las sobreexplotadas, agotadas y en recuperación está aumentando. La cantidad de especies explotadas a plenitud se mantiene relativamente estable, abarcando la mayoría de los recursos marinos (FAO, 2002).

Los indicadores ecológicos en torno a la pesca sugieren que en la mayoría de las zonas los ecosistemas se encuentran próximos a la explotación plena. El Océano Índico oriental y el Pacífico centro-occidental son las únicas zonas donde hay potencial para continuar desarrollando los recursos y se manifiestan pocos signos de tensión. Los recursos acuáticos continentales siguen sometidos a la presión causada por la pérdida o degradación del hábitat y la sobrepesca. Se señala que los vertebrados de agua dulce son los más amenazados entre aquellos que el hombre captura, pero es difícil obtener datos exactos. En zonas donde se han realizado estudios, alrededor del 20% de las especies están sobreexplotadas (FAO, 2002).

Pese a las fluctuaciones en la oferta, la demanda y el estado de los recursos, la pesca y la acuicultura siguen siendo muy importantes como fuentes de alimentos, empleo e ingresos en muchos países y comunidades. Por ello, y en respuesta a que se están alcanzando los límites de producción en las principales especies, ha tendido a aumentar la variedad de los recursos explotados.

Además de la preocupación relacionada con la baja en el potencial productivo de determinadas poblaciones, existe un interés creciente en los ecosistemas y en el impacto que la pesca puede ejercer en su estructura y función. Hay poca información regional o mundial sobre la relación entre la situación de los ecosistemas marinos y la pesca.

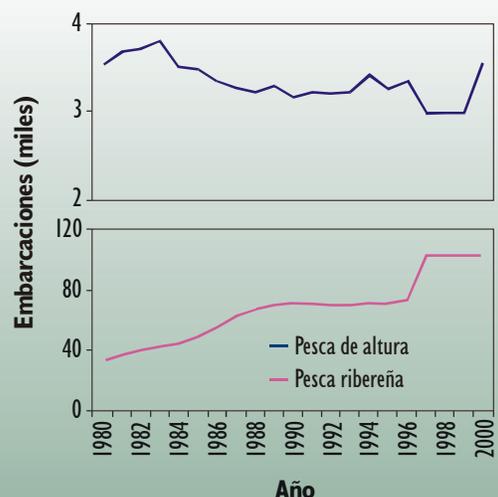
Características de la pesca en México

A diferencia de lo que ocurre a escala global, el número de embarcaciones que constituyen la flota mexicana de altura (buques mayores a 15 metros de eslora) se ha mantenido cercano a 3 500 desde 1980 (Figura 7.33). Esto no corresponde, sin embargo, a un estancamiento en la capacidad pesquera. Ha habido un recambio de barcos de medio tonelaje por otros de mayor capacidad. En 1979 sólo el 1.8% de los barcos rebasaban las 100 toneladas, cifra que creció hasta un 7% en 2000 (Figura 7.34, Cuadros II.3.1.7, II.3.1.8 y II.3.1.9). No es éste el caso de la pesca ribereña (que comprende lanchas de hasta diez metros, tanto las empleadas en el mar como en los ríos), donde el incremento en el número de botes ha sido muy rápido, superando los 100 000 actualmente (Figura 7.33, Cuadro II.3.1.6). Los barcos se concentran principalmente en la vertiente del Pacífico, que cuenta con 2 014 embarcaciones de altura y 56 412 ribereñas, mientras que en el Golfo se registran 1 552 y 43 392 respectivamente (Cuadro II.3.1.6).

Las embarcaciones de altura se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de organismos que aprovechan. Las cuatro principales pesquerías de México son la del camarón (2 383 embarcaciones), la «escamero» (973), la atunera (123) y la de sardina—anchoveta (87) (Figura 7.35). Mientras que en las últimas dos décadas se ha registrado un incremento notable en el número de barcos atuneros, con un crecimiento

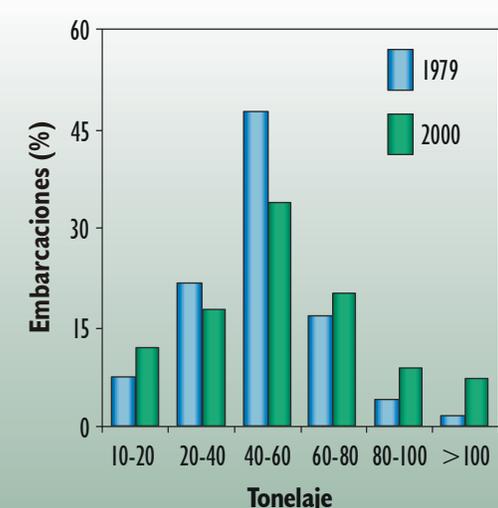
del 4.5% anual en promedio, seguido por la flota escamero (2.08%), las escuadras camaronera y sardinera se han reducido (-0.65% y -1.73% anual en promedio) (Figura 7.35, Cuadro II.3.1.5).

Figura 7.33. Embarcaciones registradas según tipo de pesca, 1980-2000.



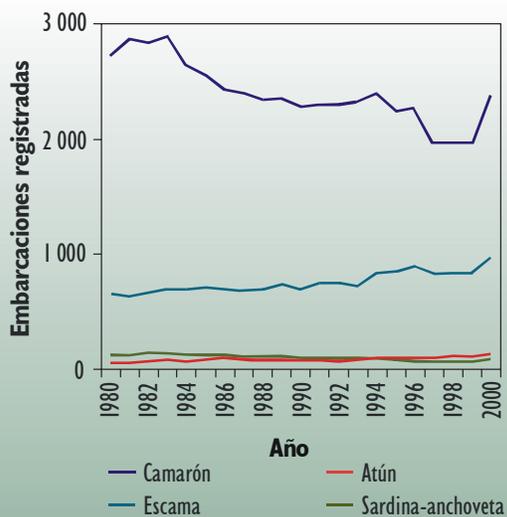
Fuente: Semarnap. Anuario estadístico de pesca. México. Varios años. Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Anuario estadístico de pesca 2000. México. 2001.

Figura 7.34. Distribución de las embarcaciones de altura mexicanas según su tonelaje en 1979 y 2000.



Fuentes: Departamento de Pesca. Anuario estadístico de pesca 1979. México. 1980. Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Anuario estadístico de pesca 2000. México. 2001.

Figura 7.35. Embarcaciones de altura registradas según principales pesquerías, 1980-2000.



Fuentes: Semarnap. Anuario estadístico de pesca. México. Varios años. Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Anuario estadístico de pesca 2000. México. 2001.

En México 268 727 personas dependen de manera directa de la producción pesquera para su subsistencia, población que ha crecido a una tasa del 1.23% anual entre 1992 y 2001, especialmente en el Pacífico (1.17% anual), mientras que en el Golfo el número de personas que se ocupan en este sector se ha mantenido esencialmente constante (0.6% de incremento anual). Este crecimiento poblacional es modesto en comparación con el acelerado aumento en el número de embarcaciones dedicadas a la pesca ribereña, por lo que más bien estamos observando que muchos pescadores que antes laboraban en navíos mayores ahora se desplazan hacia pequeñas lanchas; esto es, hay cambios que están modificando la estructura social y económica de la pesca en el país. Estos nuevos pescadores ribereños pueden capturar algunas especies que son aprovechadas por la flota de altura, pero en una escala mucho menor. También son ellos quienes explotan el enorme universo de especies que deben ser extraídas de forma más artesanal, como el pulpo, el abulón o la langosta, así como los organismos de agua dulce.

Como resultado, la producción pesquera de México es sumamente diversa, incluyendo cientos de especies de peces, crustáceos (camarones, cangrejos, langostas), moluscos

(calamar, pulpo, caracol, almejas), equinodermos (erizos) y hasta algas. Por lo común, al aprovechar una especie se extraen conjuntamente otros organismos, los cuales comparten el mismo ambiente y características. Por ejemplo, las sardinas son pequeños peces de mar abierto que forman grandes cardúmenes dentro de los cuales también se encuentran otros peces como las anchovetas y macarelas. Al arrojar la red se extraen los organismos de éstas y otras especies, ya que sus dimensiones son muy parecidas y quedan atrapados en las mallas. Estos grupos de especies se denominan unidades pesqueras de manejo (UPM), y al conjunto de actividades y sistemas relacionados con su captura, procesamiento y comercialización en un espacio y tiempo determinados se le conoce como pesquería. En términos generales, a cada UPM corresponde una pesquería, pero existen excepciones.

La mitad de la producción pesquera nacional descansa básicamente en tres pesquerías: la de los peces pelágicos menores (sardinas, anchovetas, etc.), que comprende la tercera parte de la pesca nacional; la de túnidos (fundamentalmente atunes, pero también incluye barriletes y bonitos) y la del camarón. La cuarta de las grandes pesquerías de altura, conocida como «escama» porque aprovecha peces con esta característica (mojarras, huachinangos, meros, robalos, pargos, lisas, lenguados, cabrillas, jureles y muchos otros peces), aporta un enorme volumen al total nacional. Tan sólo la captura de mojarra es casi igual al volumen total de camarón aprovechado en México (Figura 7.36, Cuadro II.3.1.2). Una parte muy importante de la pesca de agua dulce corresponde a la pesquería de escama (bagres, truchas, lobinas, mojarras, etc.). La pesquería de escama comprende varias UPM y, adicionalmente, en el Golfo y el Caribe incluye también a los peces pelágicos menores.

El volumen total de la pesca mexicana se ha mantenido relativamente estable durante los últimos 15 años, oscilando entre 1.35 y 1.57 millones de toneladas anuales, sin una tendencia clara (Figura 7.37, Cuadro II.3.1.1). El Pacífico se caracteriza por fuertes oscilaciones, asociadas en parte al fenómeno de El Niño (véase *El Niño y la pesca*), y por su mayor producción respecto de la costa atlántica y la pesca continental. En particular destacan las entidades que

Figura 7.36. Producción pesquera por especie en México, 2000.

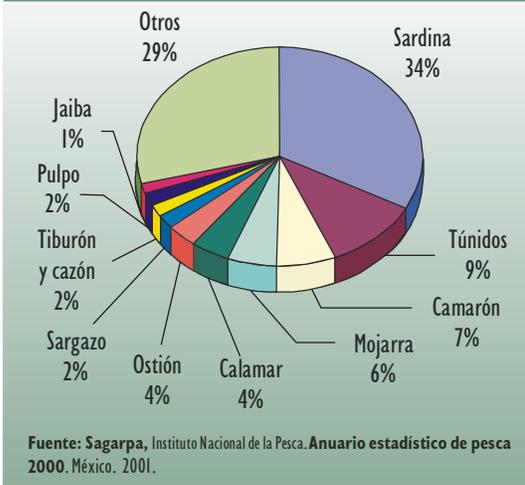
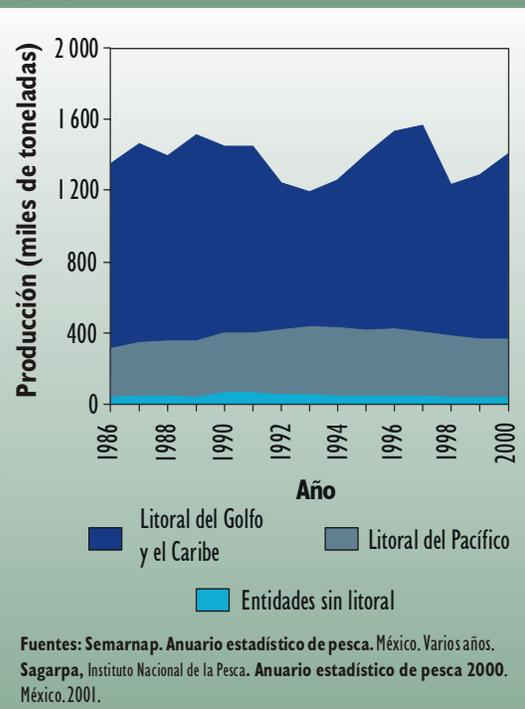
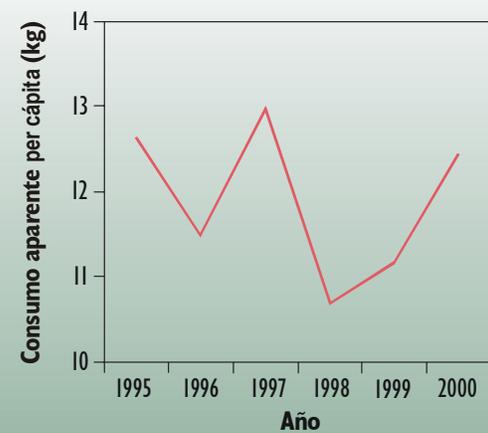


Figura 7.37. Evolución de la producción pesquera nacional, 1986-2000.



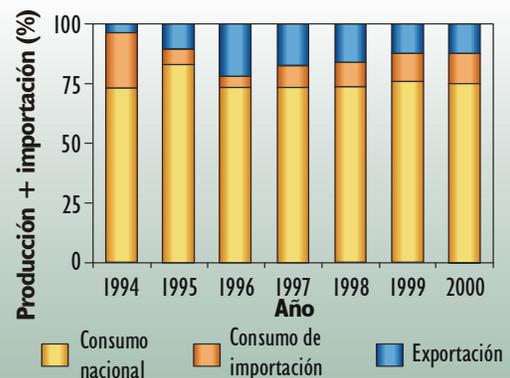
rodean al Mar de Cortés, como Sonora y Sinaloa, con una producción que supera las 200 mil toneladas al año (Mapa 7.11, Cuadro 11.3.1.1). En el caso de México, el consumo de pescado no muestra una tendencia clara hacia el aumento y sigue cercanamente las oscilaciones de la producción (Figura 7.38, Cuadro 11.3.2.2).

Figura 7.38. Evolución del consumo aparente de productos pesqueros per cápita en México, 1995-2000.



Durante los años de baja pesquería, como 1998, el consumo nacional no parece satisfacerse con productos importados. De hecho, en ese año hubo proporcionalmente más exportaciones y menos importaciones que en 2000. Desde 1996 se puede apreciar una tendencia: el consumo de importación crece anualmente mientras que las exportaciones pierden terreno (Figura 7.39, Cuadro 11.3.2.1).

Figura 7.39. Consumo y movimientos transfronterizos de productos pesqueros, 1994-2000. El consumo se divide en nacional (donde se consume lo producido en México) y de importación (basado en la producción foránea).



El Niño y la pesca

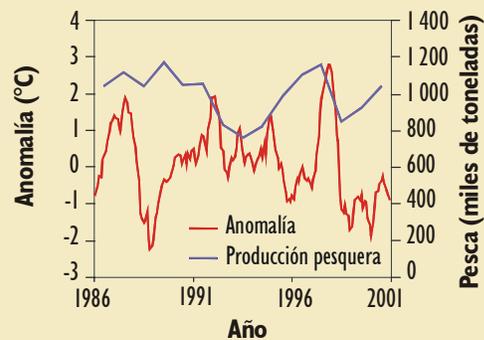
El Niño es un fenómeno que tiene su origen en el mar. Durante los años en los que se presenta, las temperaturas superficiales del Océano Pacífico son mayores a las normales. Bajo estas condiciones, las corrientes ascendentes de agua que proceden del fondo oceánico se reducen significativamente, y con ellas el aporte de minerales a las capas donde habita el plancton. Dado que la vida en el mar depende de estos organismos microscópicos y que éstos requieren a su vez de los minerales disueltos, toda la cadena alimenticia del Pacífico oriental se ve afectada.

Como consecuencia, durante los años de El Niño la disponibilidad de peces, crustáceos y moluscos es menor que durante los periodos típicos, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento de las pesquerías. En México, la producción pesquera del Océano Pacífico ha oscilado notablemente en los últimos años, con dos fuertes desplomes en 1992-1994 y 1998, los cuales coincidieron en términos generales con las altas temperaturas oceánicas registradas durante los años de El Niño de 1991-1992 y 1998 (Figura a).

Asimismo, los años con mayor rendimiento pesquero (1989 y 1997) corresponden al fenómeno de «La Niña», en el cual las temperaturas oceánicas son menores a lo normal. Cabe señalar que El Niño de 1987 prácticamente

no tuvo ningún efecto en las pesquerías, mientras que los fenómenos recientes las perjudicaron fuertemente. Un patrón muy semejante se percibe con otros eventos ligados a El Niño, como los incendios forestales (véase la Figura 2.12), y al igual que en éstos, las actividades humanas podrían ser las responsables del patrón (véase **El Niño, la sobreexplotación y el abatimiento de las pesquerías**).

Figura a. Efecto del fenómeno de El Niño sobre las pesquerías mexicanas del Pacífico, 1986-2001. La anomalía se refiere a las diferencia térmicas que guarda el Pacífico respecto a un año típico. Las anomalías positivas corresponden a años de El Niño.



Fuentes: Semarnap. Anuario estadístico de pesca. México. Varios años. Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Anuario estadístico de pesca 2000. México. 2001. Rojas, E. Estudio del Fenómeno del Niño. Perú. 2000. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/elniño/>

Sustentabilidad del manejo

La explotación de un recurso puede ser elevada debido a que las condiciones económicas de los productores son adversas, por lo que extraen mayores cantidades del recurso a fin de satisfacer sus necesidades monetarias, o bien debido a que la demanda del mismo es alta. La sobreexplotación agota los recursos pesqueros y conlleva a la captura incidental de especies no-objetivo, así como al descarte de las especies sin valor comercial, lo que daña al ecosistema en su conjunto.

Ante el evidente deterioro de varias pesquerías en todo el mundo, se han adoptado los conceptos de desarrollo sustentable y pesca responsable. La sustentabilidad se considera como «la relación entre la explotación o aprovechamiento y la capacidad de renovación biológica de los recursos, modulada por las condiciones del medio ambiente natural y social con una visión de largo plazo». Desde luego, el reto ha sido aplicar estos conceptos a acciones prácticas que no sólo consideren lo ambiental, sino también lo económico y lo social.

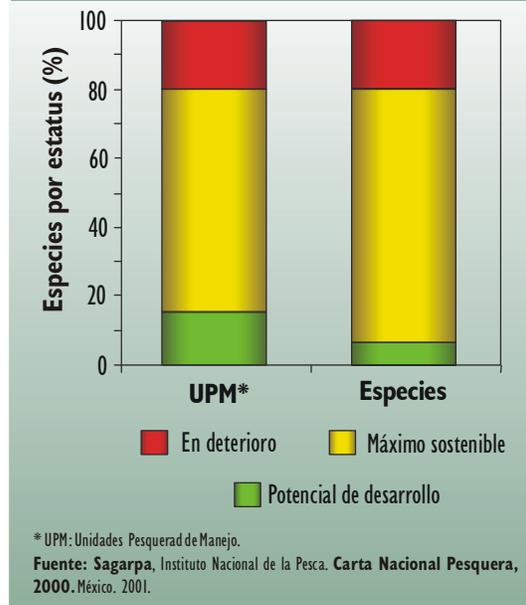
Mapa 7.II. Producción pesquera por entidad federativa, 2000.



La determinación de la sustentabilidad de las principales pesquerías se realiza mediante diversos indicadores. Con la información que brindan se define el estado actual que guarda la pesquería de acuerdo con tres categorías: en deterioro, en máximo aprovechamiento sostenible y con posibilidades de desarrollo (véase *¿Cómo reconocer la pesca sustentable?*).

A partir de la Carta Nacional Pesquera 2000 se tienen datos de sustentabilidad para 99 UPM y 636 especies. De éstas, el 20% está en deterioro, mientras que 15% de las pesquerías y 6% de las especies se encuentran en posición de ser desarrolladas más intensamente (Figura 7.40, Cuadro II.3.3.4). Otra forma de evaluar la sustentabilidad es comparar la pesca por unidad de esfuerzo (en este caso, el número de embarcaciones). De acuerdo con esta lógica, las grandes pesquerías del Golfo de México y el Caribe se han mantenido en niveles sustentables, pero la pesca de los peces de escama muestra graves signos de deterioro en el Océano Pacífico (véase *Rendimientos: unos suben y otros bajan*).

Figura 7.40. Proporción de especies aprovechadas según su estatus.



Las grandes pesquerías de altura que aportan la mayor parte del volumen y el ingreso económico del sector son también, por la escala en la que tienen lugar, uno de los más grandes factores de degradación de los océanos. Mientras que la pesca del atún sin medidas adecuadas amenaza a los

¿Cómo reconocer la pesca sustentable?

Los modelos que se emplean para evaluar el manejo de los recursos pesqueros descansan fundamentalmente en datos de captura total y rendimiento. El rendimiento se define como la captura por unidad de esfuerzo y se expresa frecuentemente como el número estándar de días de pesca en el mar por unidad de tiempo, el número de lances o trampas, o cualquier otra medida de la actividad pesquera. La razón para incorporar el esfuerzo es doble. En primer término se trata del parámetro principal de explotación que puede controlar directamente el hombre; a través de él se puede intervenir más fácilmente sobre el estado de la población y su productividad. La segunda razón es que la información con que se cuenta se obtiene a partir de datos sobre la producción de pesca de captura en las principales zonas pesqueras, la cual depende tanto del estado del recurso como de las pautas de explotación. Un aumento en el esfuerzo de captura debería, en principio, aumentar los rendimientos, aun cuando las poblaciones silvestres permanecieran sin cambios o incluso comenzaran a deteriorarse. Al incluir el esfuerzo pesquero se busca separar el efecto de las actividades humanas de aquel causado por cambios en el estado del recurso.

Otros posibles indicadores son la forma en que las pesquerías son administradas; elementos de orden técnico que sirven para orientar el manejo, referidos ya sea al esfuerzo, captura, tasa de mortalidad ejercida por la pesca, biomasa de la población antes de comenzar la pesca y la biomasa desovante. En ocasiones se utiliza simplemente una cifra de captura considerada como adecuada para mantener activa la pesquería de manera indefinida. Esta cifra, conocida como Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), no puede determinarse con precisión debido al desconocimiento general de los aspectos biológico—pesqueros y de la dinámica de las poblaciones de las principales especies capturadas en la

región. Esto impide que el RMS refleje plenamente los procesos de natalidad, mortalidad y migración propios de la especie. Además, no incluye los efectos de la explotación en especies no objetivo o interacciones entre especies.

Ante la importancia de mantener una pesca sustentable, es preciso que se incorporen en la legislación controles de acceso a los recursos pesqueros, a fin de mantener su aprovechamiento en niveles adecuados, así como el fomento a la recuperación de los recursos deteriorados o amenazados y la procuración del uso de artes de pesca más selectivas y económicamente eficientes que reduzcan las capturas incidentales y los descartes. También deben considerarse los factores sociales y económicos que permitan hacer más eficaces las regulaciones propuestas. Por ello, a partir de la segunda mitad de la década de los noventa, la política pesquera aplicada en México ha tratado de impulsar el desarrollo sustentable de la pesca mediante una estrategia basada en medidas preventivas y de fomento productivo que incorporen mayor valor agregado y que cumplan con las normas sanitarias. Se trataron de impulsar prácticas comerciales eficientes con el propósito de ofrecer al consumidor productos de buena calidad a precios accesibles.

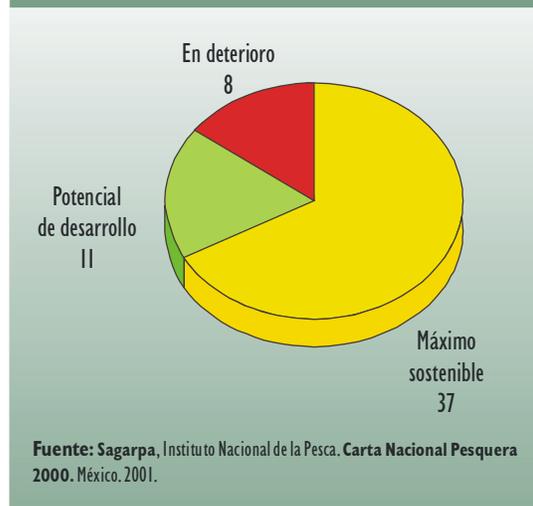
Los avances que ha hecho México hacia la determinación de la sustentabilidad se resumen en la Carta Nacional Pesquera 2000 ([Recuadro 11.3.3.2](#)), así como en el documento *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*, ambos elaborados por el Instituto Nacional de la Pesca.

Fuente: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. **Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000.** México, 2001.
Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. **Carta Nacional Pesquera 2000.** México, 2001.

delfines, las redes camaroneras —arrastradas por cientos de miles de kilómetros cuadrados— dañan a muchas otras especies de peces, crustáceos y moluscos. También en estas pesquerías es donde se desarrollan nuevas tecnologías y se toman las medidas más estrictas para reducir el impacto. Los aspectos más relevantes sobre el manejo, el impacto y la sustentabilidad, así como la gestión de estas pesquerías, se muestran en los recuadros **La pesquería del atún**, **Camarón: la riqueza de los mares**, **La diversidad de la escama y Pelágicos menores: la pesca más abundante**.

En los cuerpos de agua continentales, particularmente lagos y presas, la situación es muy variable. Como sucede en las pesquerías marinas, se considera que en la mayoría la pesca tiene lugar al máximo sostenible (Figura 7.41). En las lagunas, la degradación ambiental juega un papel central. Los dos lagos con pesquerías en deterioro, Chapala y Pátzcuaro, enfrentan actualmente serios problemas de contaminación, además del azolve en el primer caso y la sobrepesca en el segundo. Un tercer caso (clasificado con estatus precautorio) es el del lago de Cuitzeo, cuya productividad se ha desplomado, aunque en forma concomitante con sequías regionales por lo que no es fácil reconocer las causas de la caída pesquera (véase **El colapso de Pátzcuaro**).

Figura 7.41. Número de pesquerías en los principales lagos y presas de México, según estatus, 2000.



El producto más importante de los ríos es el langostino. Este crustáceo se desarrolla en las corrientes de tierra caliente, principalmente en el Golfo de México, que aporta las cuatro quintas partes de la producción nacional. Se considera que este organismo se encuentra aprovechado a su máximo nivel sostenible.

Otro tipo de cuerpo de agua asociado a ríos son los estuarios, donde los caudales se encuentran con el mar. Éstos pueden ser los ecosistemas más productivos del mundo. Albergan a diversos organismos marinos durante alguna etapa de su ciclo de vida, como es el caso de los camarones, por lo que son de gran importancia para varias pesquerías, aun aquellas que se desarrollan en alta mar. Los estuarios son sistemas muy complejos y frágiles que enfrentan una difícil problemática por la interacción del deterioro ambiental, la sobreexplotación y las actividades productivas (véase **La problemática de los estuarios**).

Otra forma de explotación irracional es la pesca de organismos que luego son desechados en altamar. A menudo, una parte de lo que fue pescado es descartado antes de llegar a la costa debido a que está en malas condiciones o no cumple con una talla comercial adecuada. Un ejemplo es el atún que, cuando se pesca en cierto tipo de cardúmenes conocidos como palos, está compuesto sobre todo por individuos jóvenes cuya explotación no es rentable y por lo mismo son arrojados simplemente por la borda. Si se compara el peso desembarcado con el peso vivo, podemos notar que el 11.6% de lo que se pesca no llega a puerto. Esto es particularmente grave en el Pacífico, donde la cifra asciende a 14.3% (Figura 7.42, Cuadro II.3.1.3). En contraste, casi la totalidad de lo que se pesca en los ríos es aprovechado.

El descarte de organismos no sólo afecta a las especies objetivo (aquellas cuyo aprovechamiento busca el pescador), sino también a una gran cantidad de organismos denominados «fauna de acompañamiento», la cual sólo en algunos casos resulta aprovechable, mientras que en su mayoría es devuelta muerta a su hábitat (muy raras veces los organismos incidentales sobreviven a la manipulación y pueden continuar su ciclo de vida al ser liberados).

Rendimientos: unos suben y otros bajan

Entre los análisis que se pueden efectuar para estimar la sustentabilidad de un recurso se encuentra el rendimiento, que es la captura que se obtiene de acuerdo con un cierto esfuerzo estándar empleado para obtenerla. La medición del esfuerzo en general es diferente dependiendo de las características biológicas de la especie y de los métodos que se emplean para su aprovechamiento. En la mayoría de los casos, la unidad de esfuerzo es una embarcación con ciertas características y número de tripulantes.

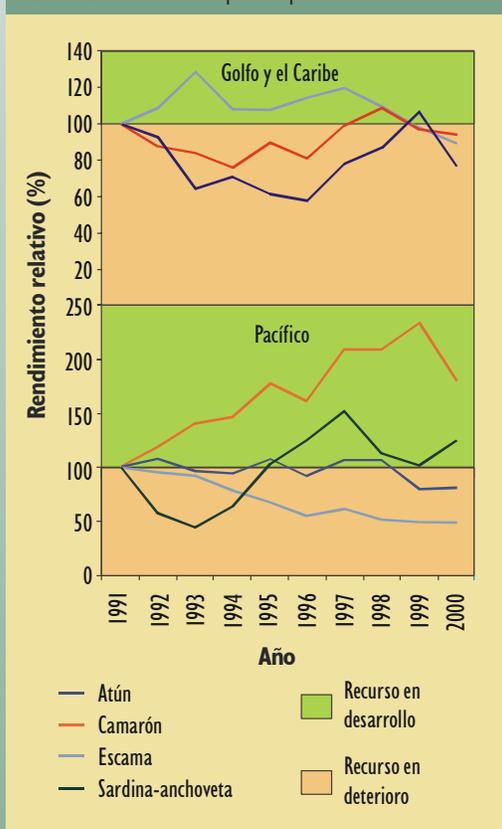
El uso del número de barcos como unidad de esfuerzo puede ser sólo aproximado, ya que la flota puede cambiar con el tiempo. En México, la capacidad de los barcos de

altura se ha modificado, incrementando en general su tonelaje (Figura 7.34), por lo que el esfuerzo actual puede ser subestimado. La implementación de nuevas tecnologías podría incrementar la producción de un navío, aunque también la incorporación de nuevas normas de manejo (como la maniobra de retroceso para la liberación de delfines en la pesca atunera con cerco) consumiría el tiempo que antes se empleaba directamente en un nuevo lance pesquero.

Los mejores datos con que se cuenta en México son aquellos de las grandes pesquerías de altura: la atunera, camaronera, escamera (considerando sólo huachinango, lisa, mero, mojarra, robalo y sierra, que son las especies más importantes reportadas en el Anuario estadístico de pesca 2001) y la de sardina-anchoveta (esta última incluida en la categoría de «escama» en el Golfo de México y el Caribe). El rendimiento se calculó como la razón entre el peso vivo como medida de producción y el número de embarcaciones como medida del esfuerzo. Esta estimación se realizó para ambos litorales y se estandarizó el resultado como porcentaje del rendimiento en 1991, de modo que un rendimiento superior al 100% significaría que fue mayor al de dicho año (Figura a).

Como puede apreciarse, los rendimientos en el litoral del Atlántico se mantuvieron más o menos constantes en el tiempo, tan sólo con bajas y altas temporales. En términos generales esto coincide con la Carta Nacional Pesquera 2000 (CNP, 2000), la cual reconoce que las pesquerías del Golfo se encuentran a su máximo nivel de explotación. La única excepción es la del atún aleta amarilla, que según dicha fuente tiene aún potencial de desarrollo. A partir de 1996 aumentaron los rendimientos de las pesquerías del Golfo y el Caribe, aunque en realidad apenas presentaron una recuperación respecto a los niveles de 1991.

Figura a. Rendimiento de las principales pesquerías mexicanas según tipo y litoral, 1991-2000. El rendimiento se expresa respecto al obtenido en 1991.



Rendimientos: unos suben y otros bajan (continuación)

La situación en el Pacífico es más compleja. Las pesquerías de sardina-anchoveta han mantenido relativamente constantes sus rendimientos, con oscilaciones asociadas al fenómeno de El Niño. El rendimiento atunero se mantiene aún más estable, acorde a la observación de la CNP 2000 en cuanto a que este recurso está aprovechado a su máximo sostenible. El aprovechamiento de escama muestra graves síntomas de deterioro (el rendimiento se redujo aproximadamente a la mitad en el año 2000) y la pesca camaronesa aumentó su rendimiento hasta en un 80%. Estas pesquerías comprenden diversas especies, algunas de las cuales pueden desarrollarse o deteriorarse. Por ejemplo, el camarón azul está en deterioro en varias zonas de acuerdo con la CNP 2000, aunque en conjunto, el rendimiento en la pesca del camarón muestra una tendencia positiva. Un factor que debe tomarse en cuenta es que el 35% del camarón procede de la acuicultura, lo cual puede confundir los resultados. Mientras que la CNP 2000 señala que muy pocos peces de escama del Pacífico están en deterioro, el colapso en el rendimiento sugiere un escenario distinto, lo que hace urgente el desarrollo de estudios detallados. Cabe señalar que esta pesquería es sumamente compleja por la gran cantidad de especies, artes de pesca, embarcaciones y ambientes donde se practica, por lo que los datos con que se cuenta son, en general, insuficientes para hacer un buen diagnóstico.

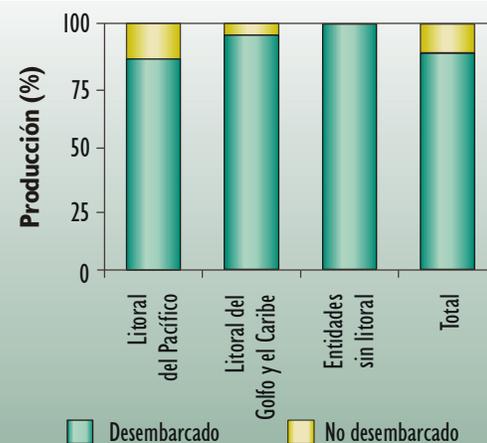
Fuentes:

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. **Anuario estadístico de pesca 2000**. México. 2001.

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. **Carta Nacional Pesquera 2000**. México. 2001.

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. **Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000**. México. 2001.

Figura 7.42. Producción pesquera nacional que llega a puerto o se desecha, según litoral, 2000.



Fuente: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. **Anuario estadístico de pesca 2000**. México. 2001.

Además de reducir el número de las especies silvestres en forma directa a través de la extracción, la sobreexplotación genera también efectos indirectos. Las poblaciones que se están deteriorando tienen menos tolerancia a los fenómenos externos que las afectan. Así, por ejemplo, las pesquerías manejadas indebidamente sufrieron más gravemente los efectos de El Niño de 1998 que aquellas bajo un manejo sustentable (véase *El Niño, la sobreexplotación y el abatimiento de las pesquerías*). Este comportamiento es común en otros procesos de degradación antrópica, tales como la desertificación.

Gestión de los recursos pesqueros

La administración adecuada de un recurso depende en gran medida del conocimiento que se tiene del mismo, tanto para conocer su estado como para poder plantear soluciones adecuadas a su problemática. Con el propósito de desarrollar estos conocimientos, el Instituto Nacional de Pesca se apoya en la investigación que realizan 15 centros regionales y tres estaciones ubicadas en ambos litorales y en los principales cuerpos de agua continentales (Mapa II.3.3.1). En 2001 estos centros estaban trabajando en 118 proyectos, orientados en su mayoría al conocimiento del estado de los recursos pesqueros y su manejo (Figura 7.43, Cuadro II.3.3.11). Entre los más importantes están la protección al delfín y a las

La pesquería del atún

Importancia

La explotación del atún es la segunda pesquería en volumen, después de la sardina, y la segunda en valor, después del camarón. El atún aleta amarilla constituyó en los últimos años entre el 75 y el 90% de la captura anual de la flota mexicana, el barrilete representó entre el 7 y el 20%, mientras que las otras especies (aleta azul, patudo, albacora y bonito) conformaron menos del 5% de la captura. En el Golfo y el Caribe sólo se aprovecha el atún aleta amarilla.

La industria del atún en México ha sido afectada por la imposición de embargos por parte de Estados Unidos —que es uno de los principales consumidores de atún enlatado en el mundo—, que consideró que México tenía una tasa de captura incidental de delfines mayor a la estadounidense. Durante siete años la pesquería del atún mexicano debió desarrollarse bajo estas condiciones.

Biología

Los peces de la familia del atún prefieren habitar en altamar, donde forman grandes cardúmenes. La mayoría de las especies son nadadoras incansables de grandes distancias, considerándose como altamente migratorias. En aguas mexicanas el atún aleta amarilla se distribuye en ambos litorales, principalmente en la parte sur y media del Golfo de California e Islas Revillagigedo. La abundancia de este recurso es afectada por perturbaciones climáticas notables, como es el caso del fenómeno de El Niño.

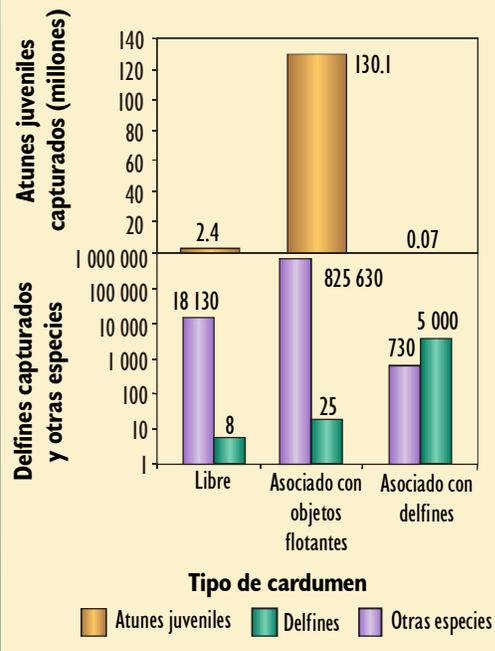
El atún puede alcanzar una longitud máxima de cerca de dos metros, aunque típicamente los ejemplares capturados varían entre los 35 y 180 cm. Debido al largo ciclo de vida de la especie (entre 10 y 15 años), una población donde los adultos han sido sobreexplotados tardará mucho tiempo en renovar su banco de organismos reproductivos.

Características e impactos de la pesquería

En el Pacífico se utiliza como arte de pesca la red de cerco, que mide de 1 190 a 1 550 m de longitud y cuenta con 12 a 18 paños de profundidad (entre 132 y 198 m), variando de acuerdo al tamaño y capacidad de la embarcación.

Los grandes cardúmenes del atún aleta amarilla se asocian con otras especies en altamar, por lo que otros organismos pueden ser capturados incidentalmente. Éstos varían según el tipo de cardumen de atún, que puede clasificarse como asociado con delfines, asociado a objetos flotantes o «palo» o como cardumen libre o «brisa». De estos tres tipos, México realiza el mayor número de lances de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines, ya que en ellos se encuentran los atunes

Figura a. Mortalidad incidental asociada a la pesca del atún en diferentes cardúmenes en el Océano Pacífico, 1998. La mortalidad está medida como el número de ejemplares capturados en 10 000 lances de pesca (promedio anual de esfuerzo pesquero) con red de cerco en los diferentes tipos de cardúmenes.



La pesquería del atún (continuación)

más grandes y de mayor valor en el mercado de exportación. Los peces de estos cardúmenes ya se han reproducido al menos una vez en su ciclo de vida y tienen una fracción pequeña de especies asociadas. Éstos son factores importantes en la sustentabilidad del recurso y en la reducción de los descartes, pero comprenden un riesgo de captura para los delfines. La pesca de atunes en «palos» acarrea la muerte de un elevado número de atunes juveniles que son descartados junto con una gran cantidad de tiburones, picudos, dorados, petos, jureles e incluso tortugas marinas, lo que ocasiona impactos negativos al ecosistema. En el caso de la pesca de atún sobre cardúmenes libres, el problema de los descartes y captura incidental existe, y aunque es de magnitud inferior se traduce en el desperdicio económico y el impacto ecológico (Figura a). Por todo esto, el incremento reciente en la pesca asociada a objetos flotantes y a cardúmenes libres como respuesta a la preocupación internacional para evitar la pesca incidental de delfines, conlleva al peligro de una reducción en el rendimiento del atún por la mortalidad de individuos juveniles, además de afectar al ecosistema en su conjunto a través de la captura incidental de otras especies.

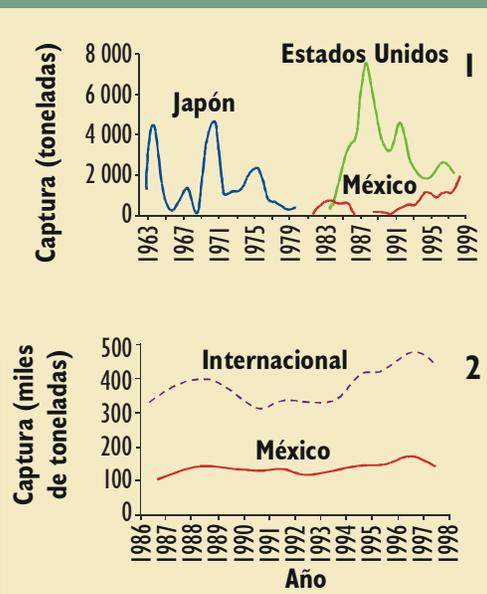
El arte de pesca utilizado en el Golfo de México se conoce como «palangre pelágico a la deriva» (tipo americano). Éste se coloca frecuentemente en mar abierto, pero también en áreas cercanas a la costa. Es un arte de pesca selectivo, con capturas integradas en más de 50% (con respecto al peso o al número) por el atún aleta amarilla. La captura incidental está constituida por una variedad de peces, entre los cuales destacan los picudos, el peto, el dorado y algunos tiburones. Por otra parte, el atún aleta azul, el patudo y el barrilete son especies infrecuentes. Una fracción importante de los peces capturados de manera fortuita se libera aún vivo; el pez vela, los marlines, diversas especies de tiburones y peces con escaso valor comercial figuran entre las especies con los mayores porcentajes

de liberación. Una pequeña proporción del atún aleta amarilla se libera vivo cuando mide menos de un metro (aproximadamente 20 kg), pero generalmente se descarta muerto, junto a algunas especies no aprovechables y ejemplares dañados por mordidas de tiburones.

Tendencias históricas

El atún aleta amarilla del Golfo de México ha sido aprovechado por las pesquerías de Japón, Estados Unidos y México, logrando niveles históricos de capturas sensiblemente distintos (Figura b). En tiempos recientes la captura de la especie en la región se ha reducido, a pesar de que la pesca de la flota mexicana muestra una tendencia sostenida al aumento en sus rendimientos, alcanzando un máximo histórico de 1 936 toneladas capturadas en 1999.

Figura b. Capturas históricas del atún en México. 1) Atún aleta amarilla en el Golfo de México, 1963 – 1999. 2) Captura de atún (varias especies) por la flota atunera internacional y la mexicana en el Océano Pacífico oriental.



La pesquería del atún (continuación)

El desarrollo de las capturas por la flota del Pacífico ha sido sostenida desde 1989, obteniéndose en 1997 el máximo para todos los atunes y similares con 168 373 toneladas. Existen además capturas por la pesca artesanal que opera con líneas de mano, así como la pesca de la flota deportiva.

Estatus

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera de 2000, para el caso de las pesquerías del Pacífico, el atún aleta amarilla está aprovechado al máximo sostenible. El patudo se encuentra aprovechado por arriba del rendimiento máximo sostenible y el barrilete tiene posibilidades de desarrollo. En el Golfo de México, la pesquería del atún aleta amarilla tiene potencial de desarrollo. Sin embargo, la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) reconoce que existe evidencia de que el atún aleta amarilla y el patudo se han explotado por arriba de su rendimiento máximo sostenible entre 2000 y 2001.

Manejo

El aprovechamiento de túnidos constituye una pesquería en pleno desarrollo, lo que ha propiciado el crecimiento de la flota. Esto hace necesario mantener un régimen de pesca que garantice el desarrollo ordenado y sostenible y que contribuya a la conservación de las especies que se capturan de manera incidental.

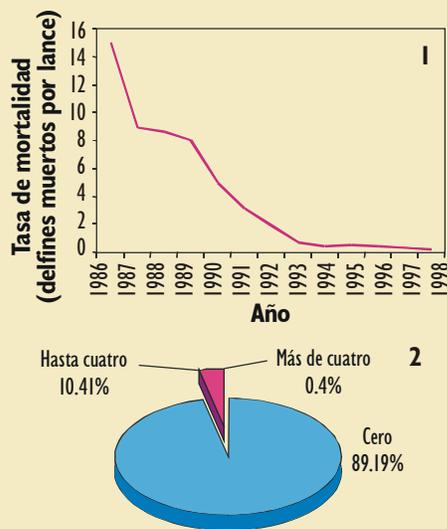
En este sentido, se elaboraron dos normas para regular el aprovechamiento de los túnidos: la NOM-023-PESC-1996 para el Aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de agosto de 1997; está estipula las características y número máximo de embarcaciones que pueden operar en la zona, las tallas mínimas para el aprovechamiento del atún de especies distintas al aleta amarilla, así como las regulaciones que limitan la cantidad máxima de peces de otras especies capturadas incidentalmente y fomentan su liberación en condiciones de supervivencia. La NOM-001-PESC-1993, publicada el 31 Diciembre de 1993; estipula el aprovechamiento de los túnidos con

embarcaciones de cerco en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos del Océano Pacífico y con las embarcaciones de cerco de bandera mexicana en aguas internacionales en el Océano Pacífico oriental. Esta norma no contempla cotas a los volúmenes de captura ni otras regulaciones orientadas a limitar la captura o el tamaño del atún dentro de los límites permisibles que garanticen su sustentabilidad. Ésta es una atribución de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), que regula el tamaño y la capacidad de la flota pesquera. En vista de la creciente evidencia de sobreexplotación del atún en el Pacífico, esta organización decretó una veda en la pesca del atún con cerco durante todo el mes de diciembre de 2002.

Protección del delfín

En el caso particular de los delfines asociados al atún, los esfuerzos realizados para su protección se iniciaron a mediados de los 1970, y actualmente están en marcha dos programas (uno nacional y otro internacional) de reducción sucesiva de la mortalidad incidental. Ambos

Figura c. Mortalidad de delfines asociada a la pesca del atún en México. 1) Incidencia de mortalidad de delfines de la flota atunera mexicana, 1986-1998. 2) Distribución de frecuencias del número de lances asociados a la muerte de delfines en la flota atunera, 1998.



La pesquería del atún (continuación)

se basan en el monitoreo de la mortalidad incidental por medio de observadores científicos. Este monitoreo cubre el 100% de los viajes de pesca desde 1991.

La Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-002-PESC-1999 actualiza la legislación anterior en materia de protección de delfines en el marco del Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de Delfines (APICD) y de la CIAT. Incorpora el «límite de mortalidad incidental de delfines» (LMD) por barco como instrumento básico de control (Recuadro II.3.3.4). Se incluye un Sistema de Seguimiento y Verificación del atún, el cual opera desde el momento de su captura hasta su comercialización, indicando que el producto deberá ser etiquetado al almacenarse en bodega, señalando aquel «atún capturado en lances en los que sí resulten delfines muertos o gravemente heridos».

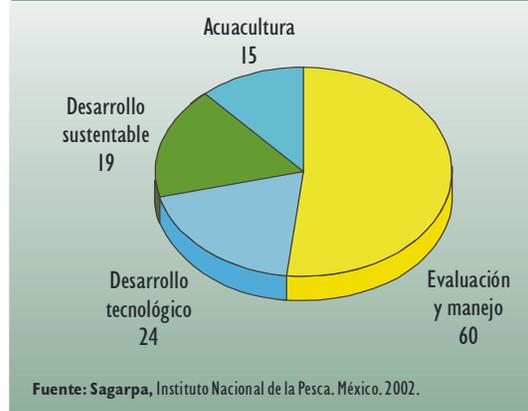
Los resultados han sido favorables, ya que entre 1986 y 1998, el desempeño de la flota atunera mostró una disminución importante de la mortalidad incidental: de 15 a 0.2 delfines por lance (Figura c1, Cuadro II.3.3.2). Es importante señalar que estos valores se obtuvieron manteniendo prácticamente igual número de lances sobre delfines, lo que indica un mejor desempeño de los pescadores. De igual manera, en el 89% de los lances no resultó muerto ningún delfín (Figura c2, Cuadro II.3.3.3). La evaluación de poblaciones de delfines en la zona atunera del Océano Pacífico oriental demuestra que las poblaciones de delfines se encuentran estables, sin presentar ningún indicio de declinación a causa de la mortalidad incidental ejercida por la flota atunera internacional.

Fuentes:

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Carta Nacional Pesquera 2000*. México, 2001.

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. México, 2001.

Figura 7.43. Principales áreas de investigación del Instituto Nacional de Pesca, 2001. Las cifras corresponden al número de proyectos que se realizaban dentro de cada área de investigación en ese año.



especies marinas amenazadas, el impulso de la acuicultura y el desarrollo tecnológico (Recuadro II.3.3.3) orientado sobre todo a un mejor aprovechamiento de las pesquerías y la reducción de su impacto; algunos resultados de esto último se mencionan en **La pesquería del atún y Camarón: la riqueza de los mares**. También se llevan a cabo proyectos de pesca experimental a fin de diversificar los recursos y probar nuevas tecnologías (Recuadro II.3.3.5).

Los resultados de la investigación y del seguimiento estadístico de la producción pesquera y sus actividades relacionadas son la base para la normatividad en la materia. La Ley de Pesca regula todas las actividades ligadas con la misma, anteponiendo los intereses de la nación en cuanto a la conservación de los recursos pesqueros y su hábitat. La regulación de aspectos particulares se efectúa a través de normas. Actualmente trece pesquerías cuentan con instrumentos de este tipo (véase Tabla 7.5). Otras seis normas están dedicadas a la administración de la pesca en embalses. La NOM-05-ECOL-2001 determina las especies que se encuentran bajo protección, de las cuales las tortugas marinas y algunos mamíferos marinos pueden verse afectados por las pesquerías. La NOM-012-PESC-1993 establece las medidas adecuadas para la protección de la vaquita marina y la totoaba, mientras que las normas relacionadas con la pesca del camarón exigen el uso de dispositivos excluidores de tortugas (DET).

La diversidad de la escama

Importancia

La pesquería de escama es sumamente compleja por su enorme diversidad de especies, la cual abarca a los recursos asociados tanto a la línea de costa y ambientes estuarinos, como a las aguas continentales (ríos, lagos y presas).

Entre las especies marinas de escama más importantes pueden mencionarse al huachinango, pargo, corvina, sierra, lisa, robalo y muchas más. Tan sólo la pesca de huachinango, lisa, mero, mojarra, robalo y sierra sobrepasó las 74 mil toneladas en el Golfo de México durante 2001.

En los ríos, lagos y represas del país se localizan especies importantes para la pesca. Se hacen pesquerías comerciales en los ríos, principalmente en los estados de Tabasco y Veracruz; y en los lagos de Chapala, Pátzcuaro, Cuitzeo, Zirahuén y Catemaco. Entre las especies de peces utilizadas están el bagre, el bobo, la carpa, el charal, el pescado blanco, la tilapia y la trucha.

Características e impactos de la pesquería

Las artes de pesca empleadas en la pesquería de escama son muy variadas, dada la gran diversidad que la compone. Dentro de las más comunes se encuentran las redes agalleras, atarrayas, líneas de mano y los palangres (Tabla a). Éstas y otras artes son reportadas como poco selectivas, por lo que se capturan volúmenes significativos de especies asociadas a las objetivo. El

Existe una gran variedad de instrumentos que se pueden emplear para promover el desarrollo sustentable de una pesquería y establecer diferentes medidas de protección, como el permiso y las normas oficiales mexicanas (NOM). El permiso es el más ampliamente utilizado, ya que, de acuerdo con la Ley de Pesca, es necesario para cualquier aprovechamiento con fines comerciales. La expedición de un permiso depende de la disponibilidad del recurso y de que la explotación no deteriore la unidad pesquera de manejo.

captura depende de varios factores, principalmente del arte de pesca empleado y de la hora y las zonas de pesca. Los impactos provocados en el medio por la pesquería de escama no se conocen ampliamente. Sin embargo, el uso inadecuado de las artes de pesca, su baja selectividad, así como la sobreexplotación y la afectación a sustratos y especies asociadas, constituyen importantes causas de deterioro.

Estatus

En su mayor parte, los peces de escama se encuentran aprovechados al máximo rendimiento sostenible. Sin embargo, las pesquerías de lisa en el Pacífico, de mero en el Golfo y las correspondientes a las lagunas de Pátzcuaro y Chapala se encuentran en deterioro. Sólo cuatro tienen potencial de desarrollo (Presas Tepuxtepec, Trojes, El Cuchillo y Luis Donaldo Colosio) (Tabla a).

Manejo

Las medidas que se emplean para regular la explotación de los recursos de la pesquería de escama son los permisos para pesca comercial y los permisos para pesca comercial de escama en general (PPCEG). En casos particulares, se han elaborado y publicado normas oficiales para regular el aprovechamiento y uso de las artes de pesca empleadas. En otros casos se han decretado vedas estacionales y/o temporales para la protección de ciertos estadios de vida o ciclos de reproducción de las especies más demandadas y sensibles al deterioro.

Otra forma habitual de protección es permitir sólo el aprovechamiento de organismos que ya se hayan reproducido (en general a través del establecimiento de tallas mínimas), las vedas y la prohibición de artes de pesca perniciosas (Figura 7.44).

Para asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental existen dos instrumentos principales: las inspecciones de la Procuraduría Federal de Protección al

La diversidad de la escama (continuación)

Tabla a. Características de las principales pesquerías de escama. El número de especies incluye a las asociadas entre paréntesis. El estatus puede ser: recurso aprovechado al máximo rendimiento sostenible (AMRS), con potencial de desarrollo (PD) y en deterioro. En el manejo se indica el requisito de Permiso para Pesca Comercial de Escama en General (PPCEG) y otras medidas particulares.

	No. especies	Artes de pesca	Estatus	Manejo		
PACÍFICO	Corvinas y berrugatas (Sciaenidae)	15 (8)	Redes de enmalle, línea de mano, «chinchorros triperos o chaneros».	AMRS	PPCEG	
	Robalos (Centropomidae)	5 (26)	Redes de enmalle tipo agallera, línea de mano, arpón.	AMRS	PPCEG	
	Plema y conejo (Malacanthidae)	2 (12)	Líneas de mano, redes de enmalle, redes de arrastre, palangre, piolas, caña, redes agalleras.	AMRS	PPCEG	
	Huachinango y pargos (Lutjanidae)	10 (40)	Líneas de mano o cuerda, red agallera de fondo, palangre escamero (cimbra).	AMRS	PPCEG	
	Lisas (Mugilidae)	3 (32)	Red de enmalle o chinchorro lisero.	Deteriorada	NOM-016-PESC-1994	
	Jureles y medregales (Carangidae)	7 (13)	Red agallera, chinchorro playero, almadraba y curicán.	AMRS	PPCEG	
	Lenguados (Paralichthyidae y Pleuronectidae)	8 (7)	Redes de enmalle de fondo y de arrastre, anzuelos.	No determinado	-----	
	Sierras (Scombridae)	2 (24)	Redes de enmalle, redes agalleras.	No determinado	PPCEG	
	GOLFO DE MÉXICO Y EL CARIBE	Armado y xlavita (Haemulidae y Sparidae)	2 (9)	Chinchorro playero.	Camp., AMRS; Yuc., PD;	PPCEG
		Bagre (Ariidae)	4 (10)	Palangre de fondo.	Ver. y Camp. AMRS; Tab. PD.	PPCEG
Corvina o trucha (Scianidae)		3 (17)	Red agallera, línea de mano, atarraya.	AMRS	PPCEG	
Huachinango y pargos (Lutjanidae)		14 (21)	Palangre, línea, «bicicleta», «cala huachinanguera».	AMRS	PPCEG	
Lisa y lebrancha (Mugilidae)		2 (16)	Redes de enmalle o agalleras y atarrayas.	No determinado	PPCEG	
Mero, chernas y abadejo (Serranidae)		15 (10)	Palangre de fondo, líneas de mano, arpones, red agallera,	Deteriorada	PPCEG, veda (D.O.F. 16/03/1994)	
Robalo y chucumite (Centropomidae)		3 (19)	Redes de arrastre robaleras y chucumiteras, red agallera, atarraya, chinchorro, red agallera.	AMRS	PPCEG	
Sardina (Clupeidae)		Red de enmalle vivitera.	AMRS	PPCEG		

Fuentes: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Carta Nacional Pesquera 2000*. México. 2001.

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo 1999-2000*. México. 2001.

Ambiente (Profepa) (Recuadro IV.3.1.4) y los Comités de Vigilancia Comunitaria, constituidos por gobiernos y comunidades locales, organizaciones no gubernamentales e instituciones científicas (Recuadro IV.3.1.5). El número de inspecciones y operativos alcanzó sus valores más altos en 1992-1994, y a partir de entonces ha registrado un importante descenso, mientras que los aseguramientos y certificaciones han mostrado un incremento (Figura 7.45, Cuadro IV.3.1.5).

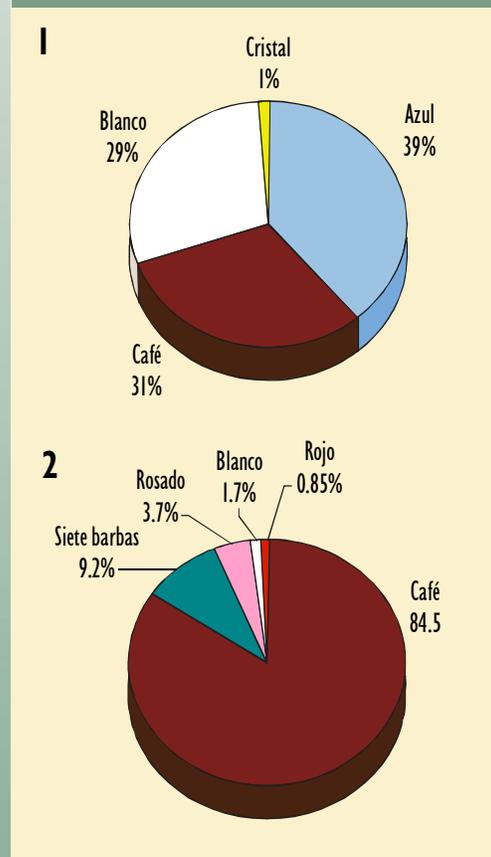
El 39.4% del producto asegurado termina por decomisarse. Las actividades de inspección y certificación de los DET en la pesca camaronera se han concentrado en Sonora, Sinaloa y los estados del Golfo de México, que son los que más camarón producen (Mapas 7.12 y 7.13). En 1999 existían 118 comités de vigilancia comunitaria en las entidades con litoral, concentrados principalmente en Oaxaca, Veracruz y Yucatán (Mapa 7.14).

Camarón: la riqueza de los mares

Importancia

Por su volumen, la industria del camarón en México ocupa el tercer lugar y el noveno en el mundo. En términos monetarios se trata de la pesquería que más beneficios genera, con el 43 % del valor total de la producción pesquera nacional. Las entidades que tuvieron mayor producción en 2001 en el litoral del Pacífico fueron Sonora y Sinaloa. En esta vertiente se aprovechan ocho especies dentro de las que destacan la café (*Farfantepenaeus californiensis*), cristal (*F. brevirostris*), azul (*Litopenaeus stylirostris*) y blanco (*L. vannamei*) (Figura a1).

Figura a. Especies de camarón aprovechadas según litoral, 1985-1999. 1) Pacífico y 2) Golfo de México.



En el Golfo de México y el Caribe, las entidades más importantes son Tamaulipas y Campeche. El camarón blanco (*L. setiferus*) y rosado (*F. duorarum*) son los de menor importancia comercial en esa zona, aunque el aprovechamiento varía en cada una de las tres zonas de importancia de la vertiente: norte del Golfo de México, Sonda de Campeche —donde la pesca del camarón «siete barbas» (*Xiphopenaeus kroyeri*) es una actividad económica importante—, y el Caribe, orientado a la captura de camarón rojo (*F. brasiliensis*) y secundariamente, del camarón de roca (*Sicyonia brevirostris*) (Figura a2).

Biología

Los camarones se caracterizan por completar su ciclo de desarrollo en el mar abierto y las lagunas costeras. Los organismos maduran y se reproducen en aguas someras del mar abierto. Las larvas atraviesan entonces por una larga fase planctónica a la deriva y cuando alcanzan el estado conocido como postlarva, entran a los estuarios y lagunas costeras donde inician su crecimiento. Cuando alcanzan los 10 centímetros aproximadamente, salen de estos sistemas hacia el mar para completar su ciclo reproductivo. El camarón habita el fondo del mar, caza pequeños animales y come los residuos que ahí se depositan.

El ciclo de vida tiene importantes repercusiones en la administración de este recurso, debido a que la sobreexplotación de los estados inmaduros o la alteración de alguno de los sistemas, marino o costero, puede ocasionar alteraciones en el ciclo de vida de estos organismos y, con ello, un grave deterioro en sus poblaciones naturales.

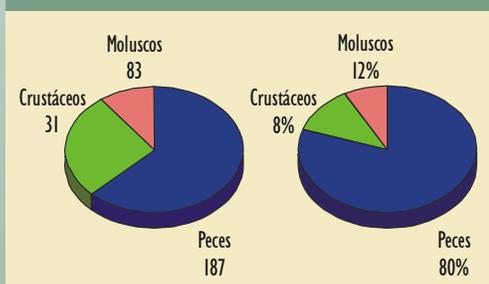
Características e impactos de la pesquería

Las unidades de pesca de altura son los buques mayores de 15 metros de eslora. Algunos cuentan con bodega de hasta 100 toneladas. El arte de pesca es la red de arrastre,

Camarón: la riqueza de los mares (continuación)

la cual se desliza por el fondo marino. Se estima que en el Pacífico anualmente son barridos 549 689 km², más 187 030 km² en el Golfo y Caribe: en total, una superficie equivalente a todos los estados mexicanos que colindan con Estados Unidos (Cuadro 11.3.3.1). Esto causa un fuerte impacto sobre otros componentes de la comunidad, ya que alteran el sustrato al arrastrar los pastos marinos junto con numerosas especies que ahí se refugian y que constituyen la rica «fauna de acompañamiento» que los pescadores simplemente desechan. En el Golfo de California se estima que la proporción camarón:fauna acompañante oscila entre 1:2 hasta 1:10. En el Pacífico mexicano se descartan cerca de 175 798 toneladas de fauna de acompañamiento al año, mientras que en nuestra costa Atlántica la cifra asciende a unas 15 000 toneladas (Cuadro 11.3.3.1), compuestas principalmente por peces, pero también por crustáceos y moluscos, en su mayoría en estado larval (Figura b) que constituyen la fuente a partir de la cual las poblaciones se renuevan. Entre la fauna acompañante del camarón pueden encontrarse también tortugas marinas.

Figura b. Número y volumen relativo de especies asociadas incidentalmente a la pesca de camarón.



La captura en las lagunas del Golfo de México y el Caribe se obtiene por medio de artes de pesca fijas llamadas «charangas», constituidas por dos barreras en forma de V en cuyo vértice se coloca una red que impide la salida del camarón. Estas trampas se colocan contra la corriente en los canales con el propósito de atrapar el camarón durante su migración hacia el mar.

En el Pacífico las principales artes de pesca utilizadas en esteros, bahías y lagunas son las siguientes: atarraya, red agallera, suripera o dragón, chango y chayo. De éstas, el «chango» es un equipo prohibido y su utilización constituye una de las fuentes más comunes de pesca ilegal. Este equipo es una copia a pequeña escala de la red de arrastre, que por las mismas razones tiene fuerte impacto sobre el medio marino. Actualmente se efectúan estudios para determinar el impacto ambiental de los sistemas de pesca camaronera empleados en las costas mexicanas (Recuadro 11.3.3.1).

Tendencias históricas

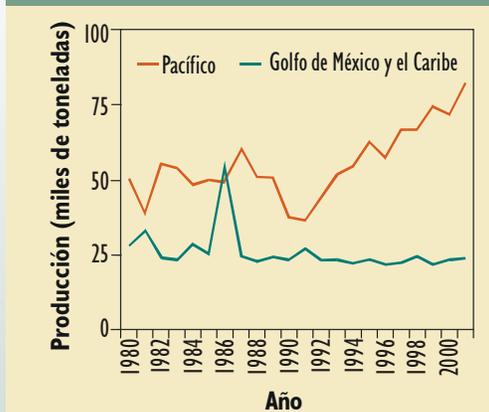
La captura total del Pacífico muestra una tendencia al aumento, pero con fluctuaciones. Durante el periodo de 1980 a 1988 se mantuvo relativamente estable en alrededor de 49 mil toneladas. Posteriormente ha crecido tras el desplome de 1989, lográndose el máximo histórico en 2001 con 81 715 toneladas. El Golfo de México muestra actualmente una tendencia a reducir su producción camaronera tras el ascenso que precedió a la década de los setenta, cuando se logró una producción sostenida de alrededor de las 30 000 toneladas. La captura se ha mantenido por debajo de las 25 000 toneladas en las últimas décadas (Figura c).

Estatus

La pesquería del Pacífico en conjunto se considera aprovechada al máximo sostenible. Sin embargo, como resultado del aprovechamiento diferencial de las especies en cada región, las condiciones del recurso son diferentes. Una variedad que está deteriorándose en Baja California Sur puede estar aprovechada debidamente en Nayarit. Por ello, es necesario analizar el estatus de cada especie a una escala más fina (Mapa a).

Camarón: la riqueza de los mares (continuación)

Figura c. Producción de camarón en peso vivo según litoral, 1980-2001.



Mapa a. Regiones donde las pesquerías de diferentes especies de camarón se encuentran en deterioro.



Manejo

El manejo del camarón y su entorno incluye la aplicación de vedas, restricción del esfuerzo y reglamentación de artes de pesca, en los términos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-PESC-006-1993 (*Diario Oficial de la Federación*, 31/12/93). La normatividad para el uso de «charangas»

en Tamaulipas y el norte de Veracruz, fue publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 21 de noviembre de 1997, donde se establecen sus características.

Por otro lado, en México se realizan acciones de protección y conservación de tortugas marinas desde hace más de 30 años. Desde el 22 de diciembre de 1993, toda la flota camaronera del Golfo de México emplea obligatoriamente Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET), mientras que la del Pacífico lo hace a partir del 1° de abril de 1996. Anualmente, estos dispositivos salvan más de 15 000 tortugas en el Pacífico y 1 500 en el Golfo de México ([Cuadro 11.3.3.1](#)). A pesar de la reciente presión internacional y las amenazas sobre un posible embargo camaronero, la investigación demuestra que no existe la posibilidad de un daño permanente a las poblaciones de tortugas marinas por las actividades de pesca del camarón. En 1991 el Instituto Nacional de Pesca (INP) inició actividades específicas para evaluar la magnitud del impacto de la flota camaronera sobre las poblaciones de tortugas marinas, y concluyó que el impacto no es relevante estadísticamente. Adicionalmente, el empleo del DET evita la pesca incidental de más de 40 000 toneladas de fauna acompañante al año.

Entre las actividades que desarrolla el INP se encuentra el desarrollo de nuevas artes de pesca que ocasionen un menor impacto sobre el ecosistema. En la última década se han probado seis nuevas redes de arrastre. El mayor éxito ha sido el diseño «Magdalena I» que excluye más del 60% de la fauna acompañante y cuenta con el DET ([Cuadro 11.3.3.12](#)).

Fuentes:

- Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Carta Nacional Pesquera 2000*. México. 2001.
- Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. México. 2001.
- Villaseñor, T. R. *Dispositivos excluidores de tortugas marinas*. FAO. Documento técnico de pesca no. 372. Roma. 1997.

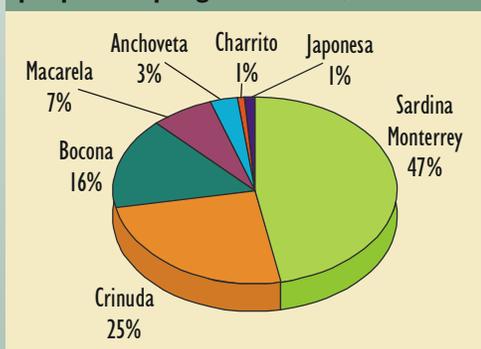
Pelágicos menores: la pesca más abundante

Importancia

En términos de peso desembarcado, las pesquerías de pelágicos menores (sardinias, anchovetas y afines) son las más grandes del país y ocupan el quinto lugar en el mundo en términos económicos.

Aproximadamente el 70% de la captura anual está conformada por seis especies: sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*), tres especies de crinuda (*Opisthonema libertate*, *O. bulleri* y *O. medirastre*), macarela (*Scomber japonicus*) y la anchoveta noroesteña (*Engraulis mordax*; Figura a). Las anchovetas constituyeron en el pasado cerca de la mitad de la producción, pero han cedido ese puesto a la sardina Monterrey, que es mundialmente bien cotizada y de alto valor nutricional. Las demás especies son menos importantes, aunque su aprovechamiento tiende a aumentar cuando escasea la sardina Monterrey.

Figura a. Composición específica total de la pesquería de pelágicos menores, 1997-1999.



Tradicionalmente, las descargas de estos pescados se han destinado a la elaboración de harina y aceite de pescado (85%), sin embargo, en años recientes la proporción de productos enlatados para el consumo nacional y para exportación ha aumentado.

Biología

Los pelágicos menores son peces que alcanzan longitudes entre los 10 y 30 cm y tienen un ciclo de vida corto. Habitan en zonas costeras de alta productividad biológica donde se alimentan de plancton. Su distribución geográfica es muy amplia, abarcando, en

la mayoría de las especies, desde Alaska hasta el Golfo de California. Sus números fluctúan debido a migraciones estacionales para la reproducción y alimentación, así como por condiciones ambientales como el fenómeno de El Niño. En tales condiciones, la sardina Monterrey disminuye fuertemente mientras la crinuda aumenta.

Características e impacto de la pesquería

La captura comercial se realiza por embarcaciones equipadas con red de cerco y bodegas de cerca de 120 toneladas. La longitud y calado de las redes son variables. La luz de malla de las redes sardineras es de 25 mm y de las anchoveteras de 13 mm. En la región del Golfo de México se pesca principalmente en embarcaciones menores con red de enmalle vivitera de luz de malla de 1.75 pulgadas.

El fino enmallado de estas redes captura prácticamente todo lo que pueda haber en la zona. A partir de observaciones a bordo de las embarcaciones y entrevistas con los pescadores, se sabe que hay descartes. Cuando el cardumen cercado es demasiado grande y no cabe en la bodega o cuando se captura sardina pequeña, la sardina se regresa al mar.

Tendencias históricas

A principios del siglo XX se detectó un espectacular incremento en la biomasa de las poblaciones de sardina en la costa noroccidental de México y oeste de Estados Unidos. Esto propició el desarrollo de la importante pesquería de la sardina en California. Después de alcanzar su máximo a principios de los cuarenta, la pesquería declinó sostenidamente hasta finales de los cincuenta. A mediados de la década de 1960 la pesquería en California se colapsó y en 1967 se suspendió la pesca.

En los años setenta y ochenta la producción de esta especie creció hasta alcanzar el récord de 531 346 toneladas entre 1988-1989. Después declinó rápidamente hasta 215 507 toneladas en las temporadas 1991-1992 y 1992-1993. Las capturas se incrementaron nuevamente hasta 470 185 toneladas entre 1996-1997, pero debido a El Niño disminuyeron hasta las 369 673 toneladas entre 1998-1999 (Figura b).

Pelágicos menores: la pesca más abundante (continuación)

Estas fluctuaciones ocurren simultáneamente en todo el Pacífico, sugiriendo que un proceso común podría controlar la abundancia de la sardina en todo ese océano.

Estatus

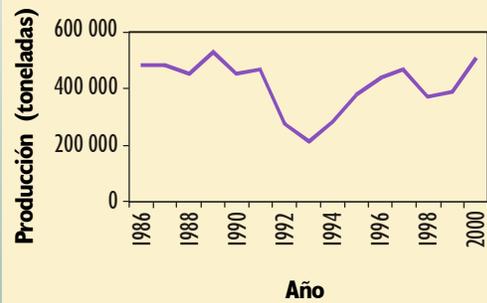
Existen dudas acerca de los niveles que estas pesquerías podrían alcanzar. El esfuerzo de pesca se ha incrementado sensiblemente, debido tanto al uso de mejor tecnología como al crecimiento de la población del país. En México, la pesquería en su conjunto está estable dentro de las fluctuaciones naturales del recurso. En Sonora la pesquería se encuentra en lenta recuperación después de un fuerte desplome (sardina Monterrey); en Ensenada la recuperación es un poco más rápida; en Bahía Magdalena y Mazatlán las pesquerías han permanecido más estables.

Manejo

La NOM-003-PESC-1993 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1993, establece, entre otros aspectos, las tallas mínimas de captura para

la sardina Monterrey (150 mm de longitud patrón, LP), la crinuda (160 mm LP) y la anchoveta (100 mm LP), además de que limita el ingreso a la pesquería al norte del paralelo de los 20° de latitud norte.

Figura b. Producción nacional de sardina y afines en México, 1986-2000.



Fuentes:

Semarnap. Anuario estadístico de pesca. México. Varios años.
Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Anuario estadístico de pesca 2000. México. 2001.
Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Carta Nacional Pesquera 2000. México. 2001.
Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000. México. 2001.

El colapso de Pátzcuaro

El pescado blanco es una de las referencias obligadas de la gastronomía michoacana. Sin embargo, cada vez es menos abundante, por lo que los pescadores que viven de su pesca enfrentan una grave crisis. Actualmente el lago de Pátzcuaro encara diversos problemas ambientales que se reflejan en la caída de sus pesquerías. En primera instancia está la contaminación que se genera cuando los desperdicios y las aguas cargadas de fertilizantes llegan al lago, que al no tener salidas de agua, simplemente acumula todo lo que en él se vierte. Los contaminantes no sólo tienen un efecto directo sobre los peces, sino que provocan explosiones demográficas de algas que consumen el oxígeno del agua y matan a los organismos que ahí se desarrollan. Las algas microscópicas son tan abundantes que han opacado el agua, y donde antes era posible ver

hasta dos metros y medio de profundidad, hoy sólo se aprecia lo que está a menos de 50 centímetros. Otro problema es la deforestación; el retiro de los bosques aumenta el escurrimiento superficial del agua y la erosión, lo que promueve el depósito de grandes cantidades de sedimento en el lago, que va secándose y haciéndose cada vez menos profundo.

En varios embalses del país se han efectuado «siembras» de peces de especies exóticas sin considerar su impacto sobre el ambiente. En Pátzcuaro se introdujo la lobina negra con la finalidad de incrementar la producción de la pesquería. Sin embargo, este pez comenzó a alimentarse del pescado blanco, que tiene un mayor precio y demanda en el mercado. El otro producto pesquero nativo del lago, el charal, también redujo su disponibilidad por la depredación de la lobina.

El colapso de Pátzcuaro (continuación)

La pesca indiscriminada complicó la situación. Las artes de pesca inadecuadas capturaban grandes cantidades de peces pequeños que no se habían reproducido, reduciendo la capacidad de regeneración de las poblaciones de las especies. Si a ello sumamos la sobreexplotación de los recursos, la situación estaba lista para presenciar el colapso de la pesquería. Hacia 1999, la situación había alcanzado niveles críticos (Tabla a).

Tabla a. Algunas características de la producción pesquera en el lago de Pátzcuaro, diferentes fechas.

	Pasado	1999
Producción pesquera	2 500 ton (1988)	170 ton
Captura de pescado blanco	136 ton (1981)	4 ton
Captura anual por pescador	1.53 ton (1987)	0.5 ton
Número de pescadores registrados	1375 (1993)	816

Fuente: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. México, 2001.

La problemática de los estuarios

Los estuarios son los sitios donde los ríos se encuentran con el mar. Su característica fundamental es la variación en la salinidad, que cambia con las mareas y la distancia a la costa. Ahí se encuentran una gran cantidad de ambientes con características propias (lagunas, manglares, tulares, pastos marinos, marismas, etc.), donde coexiste una gran biodiversidad. Los estuarios proporcionan importantes servicios ambientales, como la descontaminación de las aguas, la recarga de los acuíferos y la producción de la materia orgánica que mantiene la vida en altamar y en los arrecifes coralinos. Son también el sitio de desove y crianza de numerosas especies marinas de interés comercial. Se estima que más del 60% de la pesca mundial se basa en especies estuarinas o cuyo ciclo de vida depende de los estuarios.

La vida en estos sitios depende entonces de los flujos de agua salada y dulce, y es precisamente ahí donde se manifiestan muchos de los problemas ambientales. Una revisión de las fichas para 42 estuarios contenidas en la CNP de 2000 permite apreciar que los cambios en los ciclos hidrológicos son la tercera causa más frecuente de degradación de estos ecosistemas. La contaminación que los ríos traen consigo, aunada a la que se genera *in situ* es la principal

causa, presentándose en casi el 90% de los casos. Tres de cada cuatro estuarios sufren de degradación por actividades pesqueras irresponsables. Finalmente, la vegetación que es la base de los procesos del ecosistema está siendo removida en tres de cada cinco humedales costeros (Figura a).

Figura a. Porcentaje de estuarios afectados por diferentes tipos de impactos ambientales.



Fuente: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Carta Nacional Pesquera 2000*. México, 2001.

El Niño, la sobreexplotación y el abatimiento de las pesquerías

Como se señaló en *El Niño y la pesca* los dos últimos eventos de El Niño han tenido un efecto mayor al ocasionado por el fenómeno de 1987. Es difícil establecer si existe un patrón en el cual los efectos de El Niño incrementan su severidad con el tiempo, como sucede por ejemplo en el caso de los incendios forestales (véase la Figura 2.12). El Niño de gran magnitud de 1982 afectó gravemente a las pesquerías, pero la fuerte tendencia creciente de la pesca en México en aquel periodo dificulta el análisis de los años previos, dado que existen dos patrones traslapados. Para el caso de los incendios forestales se demostró como el deterioro ambiental provocado por el hombre agrava los efectos de El Niño. Una lógica similar podría aplicarse a la pesca, en el sentido de que mientras más fuertemente explotadas se encuentren las unidades pesqueras de manejo (UPM), éstas son más susceptibles a las oscilaciones en la temperatura de los océanos.

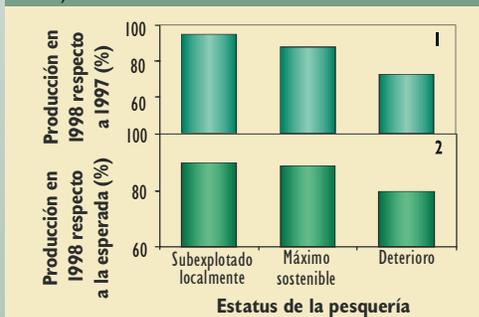
El hombre explota la mayoría de los recursos pesqueros al máximo sostenible, es decir, al ritmo con el cual son capaces de regenerarse bajo condiciones normales dentro de sus límites biológicos. Esto reduce su margen de respuesta ante situaciones adversas. Por otra parte, en los años menos propicios la capacidad de regeneración se reduce, pero no necesariamente la explotación, la cual entonces podría afectar negativamente al recurso.

Para evaluar lo anterior se emplearon las pesquerías del Océano Pacífico que cuentan con evaluación de estatus en la Carta Nacional Pesquera, y cuya producción se encuentra reportada para ese litoral en el Anuario estadístico de pesca 2001. El impacto de El Niño de 1998 en la pesquería se evaluó como la caída en la producción entre 1997 y 1998. Las diferentes UPM se agruparon en tres categorías: 1) aquellas que se encuentran en deterioro en todo el Pacífico, 2) las que se encuentran aprovechadas al máximo sostenible o en deterioro en ciertas áreas del litoral, y 3) aquellas que no se encuentran explotadas al máximo en al menos una porción del Pacífico mexicano. Se encontró que las pesquerías que están sujetas a una mayor explotación sufrieron caídas más severas (Figura a1).

Debido a que las UPM en deterioro tienen, independientemente de las condiciones ambientales, una tendencia a reducir su producción, podría esperarse

un patrón semejante al que se muestra en la Figura al incluso en ausencia de El Niño. Para evitar este problema se puede considerar la tendencia general de las pesquerías en años normales. Para ello se obtienen las tasas de crecimiento o reducción de la producción entre 1991 y 1997, ambos años con productividades máximas previas a eventos de El Niño. Suponiendo que en ausencia de dicho fenómeno las tasas se hubieran mantenido más o menos constantes, se calcula la producción esperada en 1998 y se compara con el colapso observado debido al fenómeno de ese año. Puede verse que las pesquerías en deterioro en promedio produjeron apenas el 73% de lo que se hubiera esperado para ese año, mientras que en las demás la producción fue del 89-90% (Figura a2); esto es, se vieron menos afectadas.

Figura a. Abatimiento de las pesquerías del Pacífico resultado del fenómeno de El Niño de 1998, según su estatus. 1. Colapso de las pesquerías entre 1997 y 1998. 2. Producción en 1998 respecto de la esperada en ausencia de El Niño (ver detalles en el texto).



De seguir la tendencia mundial a que cada vez un mayor número de pesquerías se encuentren sobreexplotadas, es posible que el fenómeno de El Niño tenga efectos cada vez mayores sobre la pesca en México, tal y como se ha observado. La situación puede resultar alarmante en el caso de que (como predicen algunos modelos de cambio climático) dicho fenómeno sea más frecuente en el futuro debido al calentamiento global. Un manejo responsable de los recursos marinos podría amortiguar las oscilaciones en la producción pesquera, evitando los problemas sociales y económicos que se derivan del desplome productivo en años adversos.

Fuentes: Elaboración propia con datos de: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Carta Nacional Pesquera 2000*. México. 2001.

Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Anuario nacional de pesca 2001*. México. 2002.

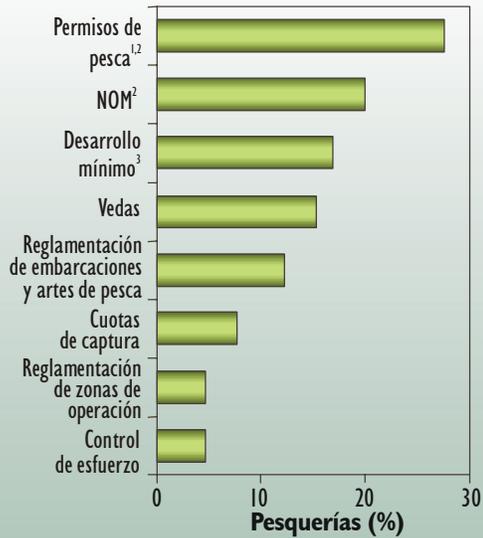
Tabla 7.5. Normas y proyectos de Normas Oficiales Mexicanas Pesqueras.

NOM	Objetivo	Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación
001-PESC-1993	Para regular el aprovechamiento de los túnidos con embarcaciones de cerco en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos del Océano Pacífico y con las embarcaciones de cerco de bandera mexicana en aguas internacionales de otros países que se encuentren en el Océano Pacífico Oriental.	31 de diciembre de 1993
002-PESC-1993	Para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.	31 de diciembre de 1993
MODIFICACION	Se modifican los apartados: 3.6, 4.2.2, 4.3.1, 4.3.11, 4.5.4, 4.6 y 7.1; y se adicionan los apartados: 1.2, 3.7, 3.8, 3.9, 4.3.2.3, y del 6.10 al 6.19, pasando el actual apartado 1.2 a ser el apartado 1.3.	30 de julio de 1997
003-PESC-1993	Para regular el aprovechamiento de la sardina monterrey, piña, crinuda, bocona, japonesa y de las especies de anchoveta y macarela, con embarcaciones de cerco en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California.	31 de diciembre de 1993
004-PESC-1993	Para regular el aprovechamiento de almeja catarina en aguas de jurisdicción federal de los estados de Baja California y Baja California Sur.	21 de diciembre de 1993
005-PESC-1993	Para regular el aprovechamiento de las poblaciones de las distintas especies de abulón en aguas de jurisdicción federal de la Península de Baja California.	21 de diciembre de 1993
006-PESC-1993	Para regular el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico incluyendo el Golfo de California.	31 de diciembre de 1993
MODIFICACION	Se modifican los apartados 3.4 y 3.5.	1º de julio de 1997
007-PESC-1993	Para regular el aprovechamiento de las poblaciones de erizo rojo en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico de la costa oeste de Baja California.	21 de diciembre de 1993
008-PESC-1993	Para ordenar el aprovechamiento de las especies de pulpo en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe.	21 de diciembre de 1993
009-PESC-1993	Establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de diferentes especies de la flora y fauna acuáticas en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.	4 de marzo de 1994

Tabla 7.5. Normas y proyectos de Normas Oficiales Mexicanas Pesqueras (continuación).

NOM	Objetivo	Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación.
010-PESC-1993	Establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en el territorio nacional.	16 de agosto de 1994
011-PESC-1993	Para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos.	16 de agosto de 1994
012-PESC-1993	Por la que se establecen medidas para la protección de las especies de totoaba y vaquita en aguas de jurisdicción federal del Golfo de California.	29 de junio de 1994
013-PESC-1994	Para regular el aprovechamiento de las especies de caracol en aguas de jurisdicción federal de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.	21 de abril de 1995
015-PESC-1994	Para regular la extracción de las existencias naturales de ostión en los sistemas lagunarios estuarinos del estado de Tabasco.	24 de abril de 1995
016-PESC-1994	Para regular la pesca de lisa y liseta o lebrancha, en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California y del Golfo de México y Mar Caribe.	24 de abril de 1995
017-PESC-1994	Para regular las actividades de la pesca deportivo-recreativa en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.	9 de mayo de 1995
001-PESC-1994 En proceso de cambio por 018-PESC-1994	Para regular el aprovechamiento de los recursos pesqueros en el embalse de la presa El Cuchillo-Solidaridad, ubicada en el Municipio de China, Nuevo León.	14 de octubre de 1994
023-PESC-1996	Que regula el aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe.	4 de agosto de 1997
PROYECTO DE NOM-001-PESC-2000	Para la pesca responsable de túnidos. Especificaciones para lances de pesca de túnidos asociados a delfines.	7 de mayo de 2000

Figura 7.44. Instrumentos regulatorios del aprovechamiento pesquero en México, 2000.



¹ De acuerdo con la ley, toda la pesca con fines comerciales requiere de permiso. Aquí se muestran los casos en los cuales la Carta Nacional Pesquera señala explícitamente su existencia.

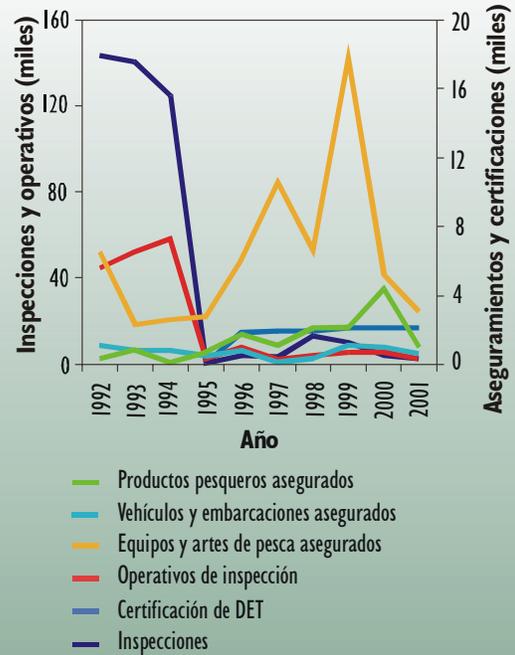
² Estos dos instrumentos pueden comprender diferentes disposiciones como especies y áreas autorizadas, talla mínima y cuotas de captura, regulación del esfuerzo, reglamentación de artes de pesca, etcétera.

³ Se refiere a la talla mínima, o estado de vida, a partir del cual está permitido el aprovechamiento.

Fuente: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. Carta Nacional Pesquera 2000. México. 2001.

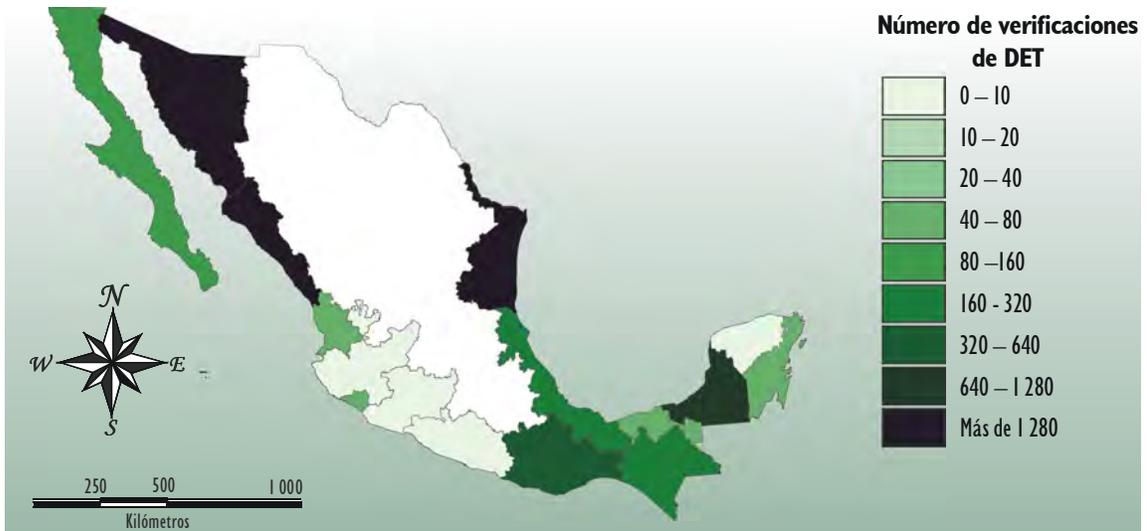
Figura 7.45. Inspecciones, aseguramientos y certificaciones pesqueras en México, 1992-2001.

El aseguramiento de productos pesqueros se reporta en kilogramos. Los demás datos corresponden a números. DET, dispositivo excluidor de tortugas.



Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

Mapa 7.12. Verificaciones de dispositivos excluidores de tortugas (DET) por entidad federativa, 1996-2000.



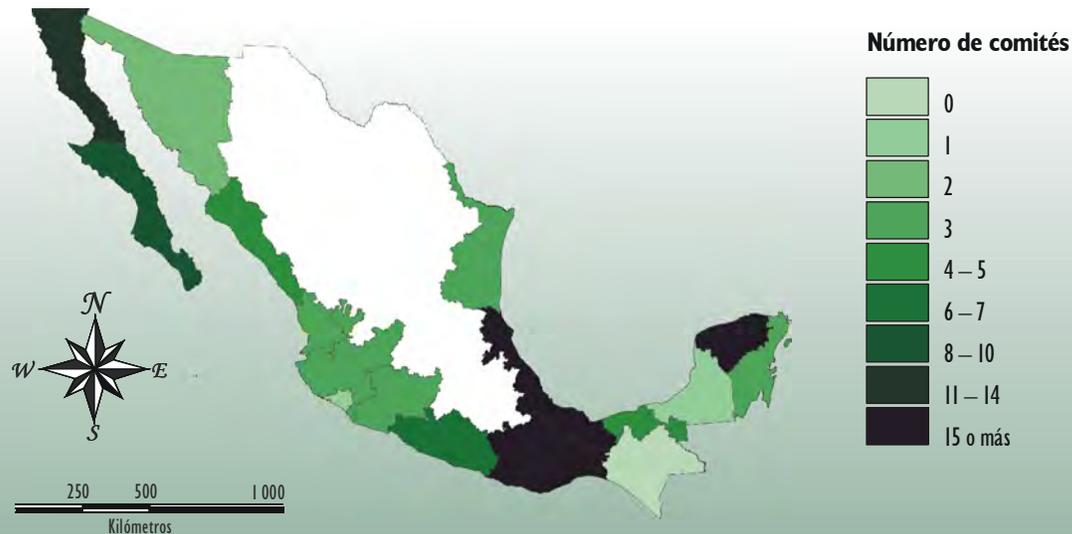
Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

Mapa 7.13. Inspecciones de dispositivos excluidores de tortugas (DET) por entidad federativa, 1996-2000.



Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

Mapa 7.14. Comités de vigilancia comunitaria por entidad federativa, 1999.



Fuente: Semarnat, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. 2002.

Ante el agotamiento paulatino de muchos recursos marinos, la promoción de fuentes alternativas de producción es una forma de reducir la presión sobre la vida silvestre, a la par que se garantiza el abasto. Si bien México aún está lejos de otros países en cuanto a su producción acuícola, se han

dado avances importantes en este sentido a lo largo de las últimas décadas al grado de que actualmente constituye el 13% de la producción pesquera nacional. El volumen generado por la acuicultura ha oscilado entre 160 y 200 mil toneladas, sin que haya habido una tendencia sensible a lo

Figura 7.46. Producción acuícola según litoral en México, 1990-2000.

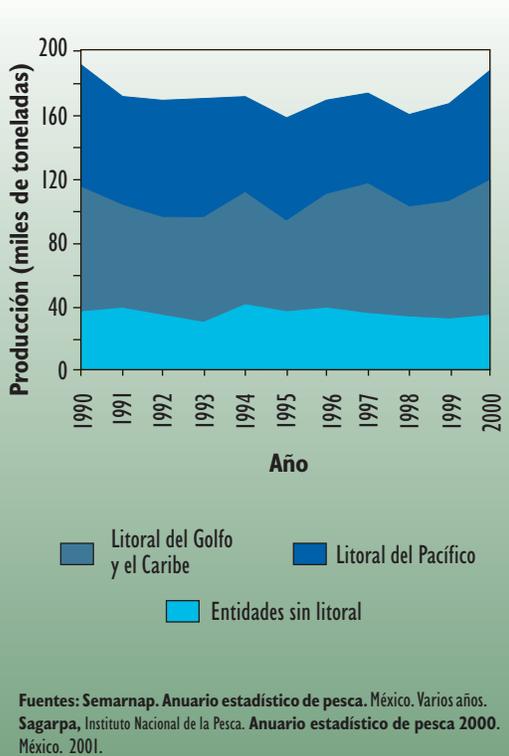


Figura 7.47. Producción acuícola según principales especies y litoral, 2000.

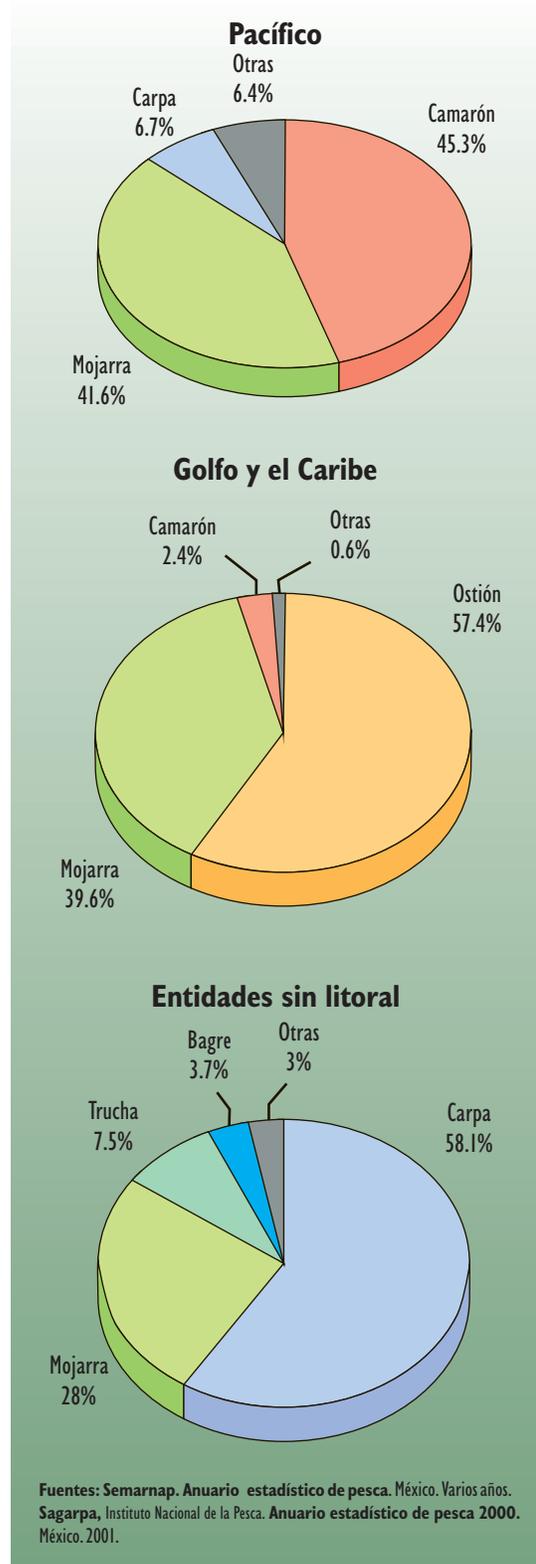
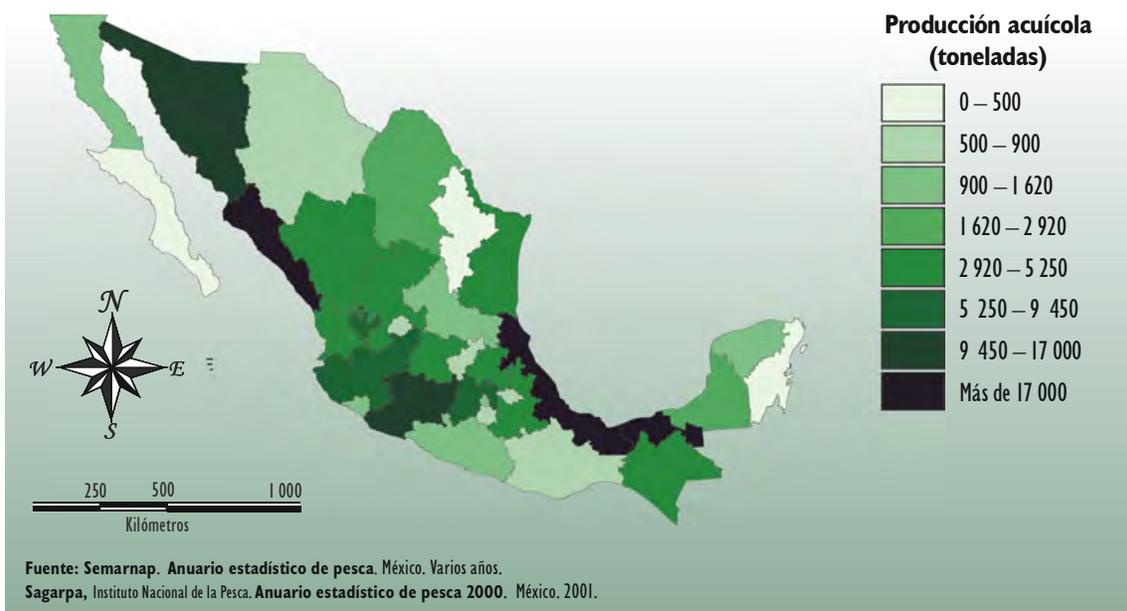


Figura 7.48. Aporte de la acuicultura a la producción nacional pesquera según principales especies, 2000.



Mapa 7.15. Producción de acuicultura por entidad federativa, 2001.



largo del tiempo (Figura 7.46, Cuadro II.3.3.9). Los mayores productores son los estados de Veracruz y Tabasco (especializados en ostión), Sinaloa y Sonora (entidades productoras de camarón) y Michoacán (que cría carpa en primer término) (Mapa 7.15). Esto refleja las diferencias regionales en la acuicultura. Si bien la mojarra es la especie que se produce en mayor cantidad, está en segundo lugar en ambos litorales y los estados del interior del continente. En primer lugar en estas regiones se encuentra el camarón en el Pacífico, el ostión en el Golfo y el Caribe y la carpa en las entidades sin litoral (Figura 7.47, Cuadro II.3.3.10).

Las especies que aportan más a la producción de la acuicultura nacional son todas las especies de agua dulce (mojarra, tilapia, trucha, bagre), que representan el 70% del total (Cuadro II.3.3.10) y el 80% de la capacidad acuícola instalada (medida como volumen) (Cuadro II.3.3.7). De hecho, el cultivo de estas especies es el principal proveedor para su consumo, situación poco común en los productos del mar, con dos excepciones: el ostión, el cual es criado casi en su totalidad por el hombre, y el camarón, cuya producción procede en un 35% de la acuicultura (Figura 7.48, Cuadro II.3.3.8).

Referencias

- Cemda-Cespedes. *Deforestación en México: causas económicas e incidencias en el comercio internacional*. Cespedes. México. 2002.
- Challenger, A. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Conabio-IB-UNAM-Sierra Madre. México. 1998.
- Conabio. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. México. 1998.
- FAO. *Sistema de información forestal (Foris)*. S/F. Disponible en www.fao.org/forestry/index.html.
- FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2002*. FAO. Roma. 2002.
- FAO. *Global forest resources assessment 2000*. FAO. Roma. 2001.
- Rojas, E. *Estudio del fenómeno del Niño*. Perú. 2000. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/elniño/>
- SARH. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. *Inventario Forestal Nacional Periódico 1994. Memoria Nacional*. SARH. México. 1994.
- Semarnap. *Programa Estratégico*. Semarnap. México. 1997.
- Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. *Carta Nacional Pesquera 2000*. Instituto Nacional de la Pesca. México. 2001.
- Semarnat-Conafor. *Avances y perspectivas del sector forestal*. Conafor. México. 2002.
- Semarnat. Instituto Nacional de la Pesca. *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. Instituto Nacional de la Pesca. México. 2001.
- Villaseñor, T. R. *Dispositivos excluidores de tortugas marinas*. Documento técnico de pesca no. 372. FAO. Roma. 1997.
- WRI. *Pilot analysis of global ecosystems: forest ecosystems*. WRI. U.S.A. 2000.



8. INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN

Evaluación de impacto ambiental

El impacto ambiental se define como cualquier modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza. Sin embargo, sólo las modificaciones originadas por las actividades humanas son sometidas a evaluación por parte del Estado mexicano. En este sentido, 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, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos que su ejecución puede ocasionar al ambiente. Con esta evaluación es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto (mediante el análisis costo-beneficio ambiental) y determinar —en caso de que se requiera— las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio y la salud humana.

El procedimiento de evaluación del impacto ambiental se inició en México en 1988 con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental en el *Diario Oficial de la Federación*. En el reglamento se establecieron tres modalidades para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental: general, intermedia y específica. Asimismo, se determinó qué tipo de proyectos debía ser sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, junto con la forma precisa en que se debía presentar la información. El 30 de mayo de 2000 fueron publicadas las modificaciones al Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, mismas que entraron en vigor el 29 de junio siguiente. Una de las reformas más importantes es el cambio de las modalidades general, intermedia y específica, por las de particular y regional.

En términos generales, las manifestaciones de impacto ambiental deben presentarse en la modalidad regional cuando se trate de proyectos que incluyan 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 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. 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 en la modalidad que corresponda y atendiendo al reglamento que su estado expide. Si se trata de actividades consideradas altamente riesgosas, el estudio ambiental deberá acompañarse de un estudio de riesgo para su correspondiente evaluación y dictamen.

La Semarnat, con base en la información contenida en la EIA, emitirá la resolución correspondiente en la que podrá negar o aprobar la autorización señalando, si se considera necesario, las condiciones que se deberán cumplir. En el reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental se especifican los tiempos límite para que la Semarnat, por medio de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, evalúe el estudio a partir de su entrada en ventanilla hasta la emisión de su resolución.

Durante el periodo 1998-2000, la Semarnat recibió, en promedio por año, aproximadamente 800 evaluaciones de impacto ambiental para su análisis y, en su caso, autorización (Cuadro IV.5.2). Durante el periodo comprendido entre 2000 y 2002 fueron recibidos 1 758 proyectos y atendidos 2 288 relacionados, en su mayoría, con obras y actividades de servicios de los sectores agropecuario, desarrollo urbano, energía, forestal, gasero, hidráulico, industrial, minero, petrolero, pesquero, turístico y vías de comunicación.

Los estados que en los últimos años han tenido el mayor número de proyectos ingresados al procedimiento de impacto ambiental son Veracruz, Tamaulipas, Tabasco, Nuevo León y

el Estado de México. En contraste, Aguascalientes, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas son los que tienen menor demanda (Cuadro IV.5.1). Petróleos Mexicanos (Pemex) es la empresa que más manifestaciones de impacto ambiental ha ingresado para su evaluación durante los últimos años. Le siguen en cantidad los proyectos del sector industrial y de turismo (Cuadro IV.5.3).

Para el año 2003 se prevé contar con un sistema de información sobre la gestión ambiental en México, que se podrá consultar por Internet y que tendrá la información actualizada y detallada de los proyectos que se sometan al procedimiento de impacto ambiental. Otro rubro en el que se está trabajando es en la disminución del tiempo en que se realiza la evaluación del impacto ambiental. Por ejemplo, el tiempo promedio para generar una respuesta a una evaluación de impacto ambiental modalidad particular era de 90 días en el año 2000 y se redujo a 65 días en 2002. También se han notado reducciones importantes de tiempo en la respuesta para las manifestaciones de impacto ambiental modalidad regional y para los informes preventivos.

Ordenamiento ecológico del territorio

Decir territorio es referirse a un elemento sumamente complejo, ya que no sólo se distribuyen a lo largo de su extensión diferentes suelos, cuerpos de agua, climas y seres vivos, sino también se desarrollan actividades del hombre y se manifiestan sus impactos. De esta manera, a cada localidad dentro del territorio pueden atribuirse características dentro de los subsistemas físico, biótico (natural), social y económico (productivo), mismos que interactúan y se determinan recíprocamente. Por si fuera poco, las diferentes zonas se interconectan definiendo un funcionamiento global a través de los flujos ecosistémicos de materia y energía o bien, de las diferentes actividades que el hombre desarrolla en ellas de forma integrada.

Uno de los elementos destacados del territorio es el uso del suelo, el cual —como se señaló en el capítulo 2— puede ser, entre otros, urbano, agrícola, pecuario o forestal en caso

de que se preserve la vegetación original del sitio. El uso del suelo está determinado en mayor o menor medida por todos los subsistemas, pero a menudo el biótico puede permanecer subordinado a las consideraciones económicas, sociales o históricas. Bajo estas condiciones, el resultado puede ser el deterioro ecológico. Por ejemplo, una alta presión demográfica puede empujar a la agricultura hacia las pendientes pronunciadas de las montañas, lo que frecuentemente conduce a la ocurrencia de grandes extensiones de suelos desnudos que fácilmente se erosionan (véase capítulo 3), por lo que desde un punto de vista ambiental sería recomendable preservar el uso forestal del suelo, uso que por lo mismo es conocido como la “vocación” del suelo. El caso opuesto, la subordinación de lo social a lo biológico puede resultar igualmente conflictiva, como sucede cuando se desplazan grandes asentamientos humanos para establecer una reserva ecológica.

Para conciliar las prioridades de los diferentes subsistemas se emplea el ordenamiento ecológico del territorio, el cual se define jurídicamente 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 y la preservación y 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, Título Primero, Artículo 3, Fracción XXIII).

Lograr lo anterior requiere de información sobre los diferentes subsistemas. Por ejemplo, en lo biológico es preciso contar con información tal como la distribución y el grado de conservación de los recursos, la presencia de especies endémicas o amenazadas cuya conservación sea prioritaria, la fragilidad de los ecosistemas a las actividades humanas, los servicios ambientales que brinda el ecosistema como la estabilización de laderas, control de erosión, captación de agua o la conservación de cuencas hidrológicas. En lo social son importantes aspectos tales como las características de los sistemas productivos, así como los deseos, metas o expectativas de la población local. Éstos y otros datos se

integran en un marco geográfico, a partir del cual se efectúa una regionalización que refleja la situación actual y sus tendencias. Finalmente, se elabora un diagnóstico y un plan que permita alcanzar los objetivos particulares del ordenamiento (Recuadro IV.4.1.2). El producto final permite orientar el emplazamiento geográfico de las actividades productivas, así como las modalidades de uso de los recursos y servicios ambientales.

El ordenamiento ecológico del territorio es un instrumento normativo básico o «de primer piso», sobre el cual se cimientan muchas otras acciones orientadas a la conservación, tales como el establecimiento de reservas, de zonas destinadas a la restauración ambiental y de ciclos de aprovechamiento y descanso del suelo y de sus recursos. De ahí la gran importancia de contar con ordenamientos correctos y efectivos.

En México se considera el ordenamiento ecológico en cuatro modalidades. El ordenamiento ecológico general, de carácter indicativo, se refiere al conjunto del territorio, seguido del ordenamiento regional, aplicable a dos o más municipios, a todo un estado o parte de dos o más estados. A escala municipal se habla de ordenamiento local. Finalmente, existe la figura del ordenamiento marino, que incluye las aguas oceánicas y la franja adyacente a éstas, conocida como zona federal marítimo-terrestre. Los diferentes tipos de ordenamiento son competencia de autoridades distintas y sus objetivos difieren como resultado del cambio de escala. De esta manera, el ordenamiento general busca establecer los lineamientos de una regionalización ecológica del territorio nacional, así como las estrategias generales para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Los ordenamientos locales, por su parte, inciden directamente sobre la regulación del uso del suelo con el propósito de proteger el ambiente y preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales respectivos, así como establecer los criterios de regulación ecológica adecuados a esos fines (Recuadro IV.4.1.1).

En 2002 había 26 ordenamientos locales, de los cuales sólo nueve tenían decreto (Mapa IV.4.3.2, Figura 8.1). La

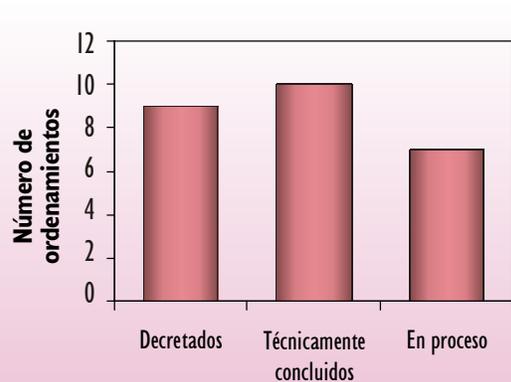
mayoría de los ordenamientos se localizan en las penínsulas de Baja California y Yucatán y por lo regular cuentan con la participación de los sectores de desarrollo urbano y turístico (Figura 8.2, Recuadros IV.4.3.1, IV.4.3.2 y IV.4.3.3). Esto muestra que, en general, se busca preservar el entorno con la finalidad de que siga resultando atractivo a los turistas, que son una de las fuentes de ingresos más importantes para ambas penínsulas. Esto no excluye que existan otros objetivos más orientados hacia la preservación ecológica.

Únicamente hay dos ordenamientos marinos en México, ambos en el Mar de Cortés. Un ordenamiento homónimo y otro de la región donde se desarrollaría el proyecto Escalera Náutica (Mapa IV.4.4.2), ninguno de los cuales contaba hasta el 2002 con decreto. En ambos casos se busca regular las principales actividades humanas de la zona, que son la pesca y el turismo. El Mar de Cortés es uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo. Alberga varias especies de flora y fauna endémicas en sus islas, y en sus mares habitan dos organismos que han llamado la atención de los conservacionistas por las amenazas que existen sobre ellos: la totoaba (*Totoaba macdonaldii*), un pez gigante, y la vaquita marina (*Phocoena sinus*), la marsopa más pequeña del mundo.

En lo referente a los ordenamientos regionales, para 2002 existían 58 terminados o en proceso de elaboración; de éstos, solamente 12 contaban con decreto. Dieciséis son estatales, lo que representa la mitad de la Federación (Figura 8.3, Mapa IV.4.2.2).

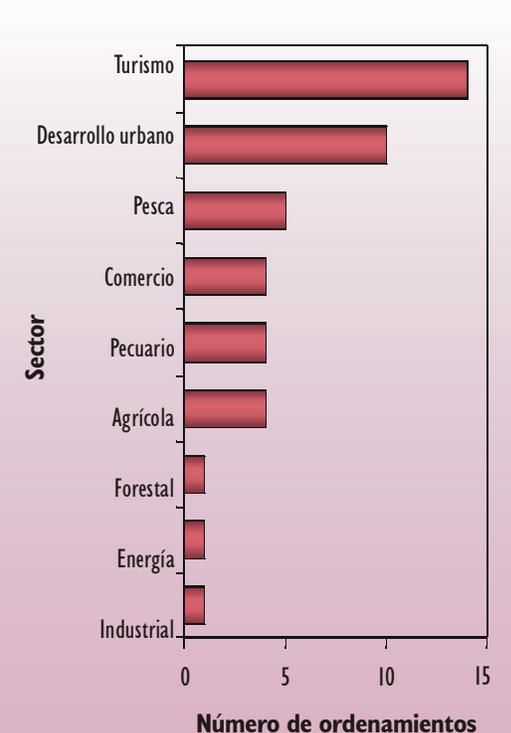
Los sectores involucrados más frecuentemente en el ordenamiento son aquellos que mayor impacto causan en el medio: industria, desarrollo urbano, agricultura y ganadería, mientras que se percibe poco énfasis directo sobre la conservación de los recursos naturales (como el agua) y la biodiversidad. Esto no implica la ausencia de logros en dicho sentido, ya que se han obtenido beneficios a través del control de los agentes que provocan el impacto en primera instancia (Figura 8.4, Recuadros IV.4.2.1, IV.4.2.2 y IV.4.2.3).

Figura 8.1. Ordenamientos ecológicos locales según su grado de avance, 2002.



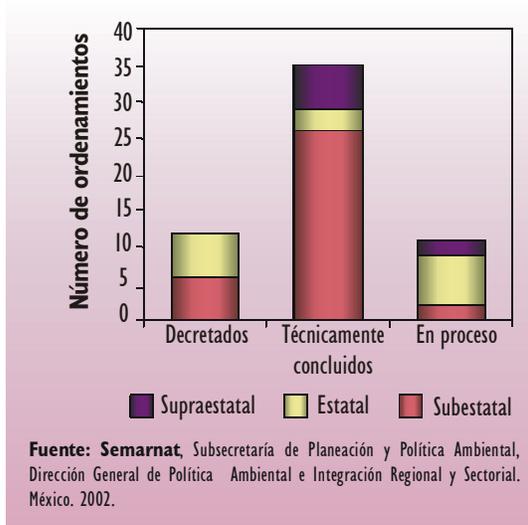
Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial. México. 2002.

Figura 8.2. Ordenamientos ecológicos locales en los cuales participan diferentes sectores, 2002.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial. México. 2002.

Figura 8.3. Ordenamientos ecológicos regionales según su grado de avance y número de estados que abarcan, 2002. Un ordenamiento subestatal comprende sólo parte de una entidad, el estatal la abarca en su totalidad, y el supraestatal comprende más de un estado.



No existe una tendencia clara en el tiempo que muestre un incremento en los esfuerzos para establecer nuevos ordenamientos ecológicos. Al observar las fechas de decreto o terminación técnica de los ordenamientos, sólo se advierten incrementos notables en 1993-1994 y 1999, lo que concuerda con el cumplimiento de las metas fijadas por administraciones subsecuentes (Figura 8.5). Cabe destacar que existe una gran cantidad de ordenamientos concluidos técnicamente desde hace ya cerca de una década pero que aún no se han concretado en los decretos correspondientes. Por ello es necesario evaluar las razones de este desfase a fin de promover tanto la aplicación de los proyectos que aún sean procedentes, como reconocer aquellos cuyas deficiencias pudieron provocar el retraso y evitar que se repitan en el futuro.

Otros instrumentos distintos a los ordenamientos que promueven la conservación de los recursos naturales e inciden sobre el uso del suelo son las reservas ecológicas (véase capítulo 6) y los terrenos federales, como derechos de vía y zonas ribereñas. En este último caso, las que han recibido más atención desde un punto de vista ecológico son las que se ubican en las costas. Todos los terrenos que se encuentran a 20 metros tierra adentro desde la línea de la pleamar máxima,

Figura 8.4. Número de ordenamientos ecológicos regionales en los cuales participan diferentes sectores, 2002.

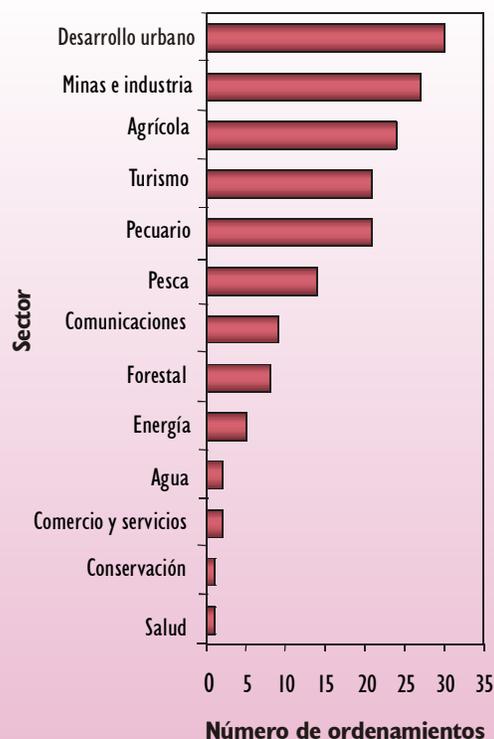
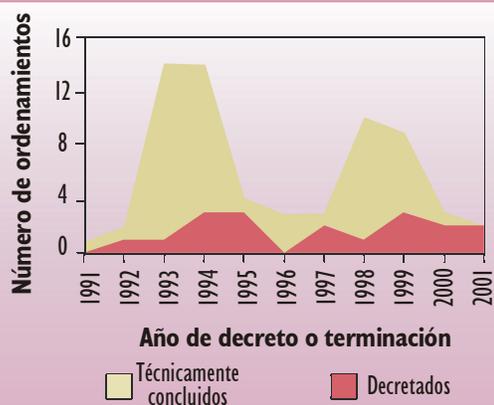


Figura 8.5. Ordenamientos ecológicos decretados o terminados técnicamente por año, 1991-2001.



tanto en la línea costera como en la porción de los ríos ubicada 100 metros por arriba de su desembocadura, constituyen la zona federal marítimo-terrestre (Figuras IV.6.1 y IV.6.3, Recuadro IV.6.1).

En 15 de los 17 estados con litoral ya se ha implementado el Programa Especial de Aprovechamiento Sustentable de las Playas, la zona federal marítimo-terrestre y los Terrenos Ganados al Mar, y en los dos estados faltantes se tienen avances significativos. Las actividades de dicho programa están orientadas fundamentalmente a la delimitación cartográfica y descripción de las características de la zona costera, la regularización de asentamientos y de terrenos ocupados por diferentes instancias del gobierno federal (INAH, CFE, Sedena, etc.), así como la zonificación — que es la base para establecer un ordenamiento ecológico — y la inspección y vigilancia en terrenos ocupados por particulares (Recuadros IV.6.2 y IV.6.3). El criterio de desarrollo sustentable que actualmente rige la administración de la Zona Federal Marítimo-Terrestre y Ambientes Costeros (Zofematac) busca no sólo la protección, conservación y restauración del ambiente y sus recursos, sino también el fomento de las actividades productivas que no rebasen la capacidad de los ecosistemas para recuperarse, además de una mejor calidad de vida de las personas que habitan las costas.

Evaluación del riesgo ambiental y bioseguridad

El riesgo ambiental es la probabilidad de que se liberen al medio ambiente materiales peligrosos capaces de afectar adversamente a la población, los ecosistemas o los bienes. La peligrosidad de un material se evalúa en función de sus características CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, infecciosos y biológicos). Los eventos durante los cuales se liberan cantidades importantes de materiales peligrosos debido a una explosión, incendio, fuga, o derrame súbito se denominan *accidentes de alto riesgo ambiental o mayores* y existe una normatividad detallada que los define con precisión, permitiendo su identificación e intervención oportuna (Recuadro III.6.3.2). De la misma manera se tienen identificadas las actividades altamente riesgosas, clasificadas en la Primera o Segunda Lista publicada en el *Diario Oficial*

Figura 8.6. Estudios de riesgo ambiental según tipo, 1988-2001.



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental. México. 2002.

de la Federación del 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente. Cuando se practican estas actividades es necesario contar con una evaluación del riesgo ambiental (ERA).

La ERA es un instrumento de carácter preventivo que busca proteger a la sociedad y al ambiente, anticipando la posibilidad de liberaciones accidentales de sustancias peligrosas en las instalaciones, y evaluar su impacto potencial, de manera tal que éste pueda prevenirse o mitigarse a través de: a) reconocimiento de posibles riesgos, b) evaluación de posibles eventos peligrosos y la mitigación de sus consecuencias, y c) determinación de medidas apropiadas para la reducción de estos riesgos. Al presentarse la ERA, las autoridades que analizan el proyecto que se pretende realizar cuentan con información suficiente para identificar e interpretar sus niveles de riesgo. También pueden determinar los posibles efectos en la sociedad y el ambiente, así como recomendar medidas preventivas. Con base en esta información se establece la conveniencia o no de que el proyecto estudiado sea autorizado.

El Estudio de Riesgo está compuesto por dos fases. La primera consiste en un diagnóstico para identificar y

jerarquizar riesgos, y la segunda, conocida como análisis de consecuencias, implica el uso de modelos matemáticos de simulación para cuantificar y estimar dichas consecuencias.

Dentro de la fase de diagnóstico se aplica una metodología detallada que determina la existencia o inexistencia de riesgo, de acuerdo con su nivel de peligrosidad:

- Nivel 0: aplica a cualquier proyecto que maneje sustancias consideradas como peligrosas a través de ductos.
- Nivel 1: aplica a cualquier proyecto en el que se pretenda almacenar, filtrar o mezclar alguna sustancia considerada como peligrosa a presión atmosférica y temperatura ambiente.
- Nivel 2: semejante a la anterior, pero involucra el empleo de altas presiones o temperaturas, incrementándose la probabilidad de accidentes.
- Nivel 3: se atribuye a cualquier proyecto que maneje una lista más reducida de sustancias particularmente peligrosas, a complejos petroquímicos y a instalaciones que hayan tenido accidentes en el pasado.

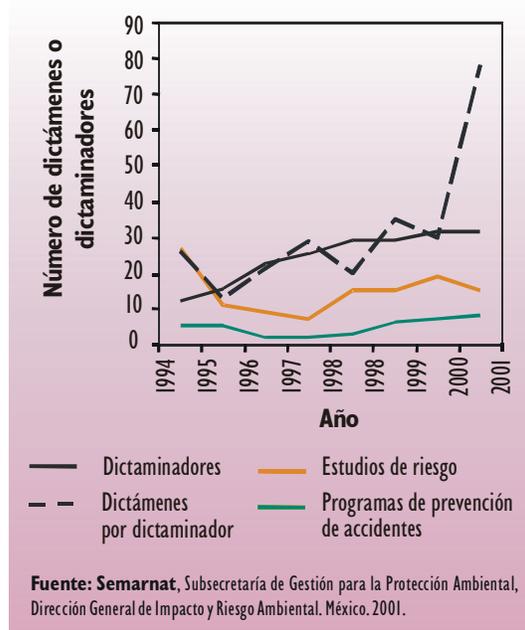
Además, mientras mayor sea la densidad poblacional alrededor de las instalaciones, o bien si éstas están ubicadas en zonas de reserva ecológica, los riesgos para la salud o el medio ambiente se consideran mayores. Esto significa que las mismas actividades pueden ser clasificadas en diferentes niveles dependiendo de dónde se realicen (Diagrama III.6.3.1).

Una vez ubicado el proyecto en el nivel correspondiente, deben de efectuarse evaluaciones más o menos exhaustivas: informe preliminar de riesgo, análisis de riesgo o análisis detallado de riesgo según se incremente la peligrosidad. El estudio debe incorporar una estimación de la probabilidad de accidentes, las posibles superficies afectadas por los mismos y la severidad de dicha afectación. También debe incluir medidas para prevención de accidentes y los planes para combatir el riesgo en caso de contingencias (Recuadro III.6.3.3). A partir de dicha evaluación, las secretarías de Medio Ambiente, Gobernación, Energía, Economía, de Salud

y del Trabajo y Previsión Social, valoran tanto el riesgo como la idoneidad de los programas propuestos para la prevención de accidentes (Recuadro III.6.3.1).

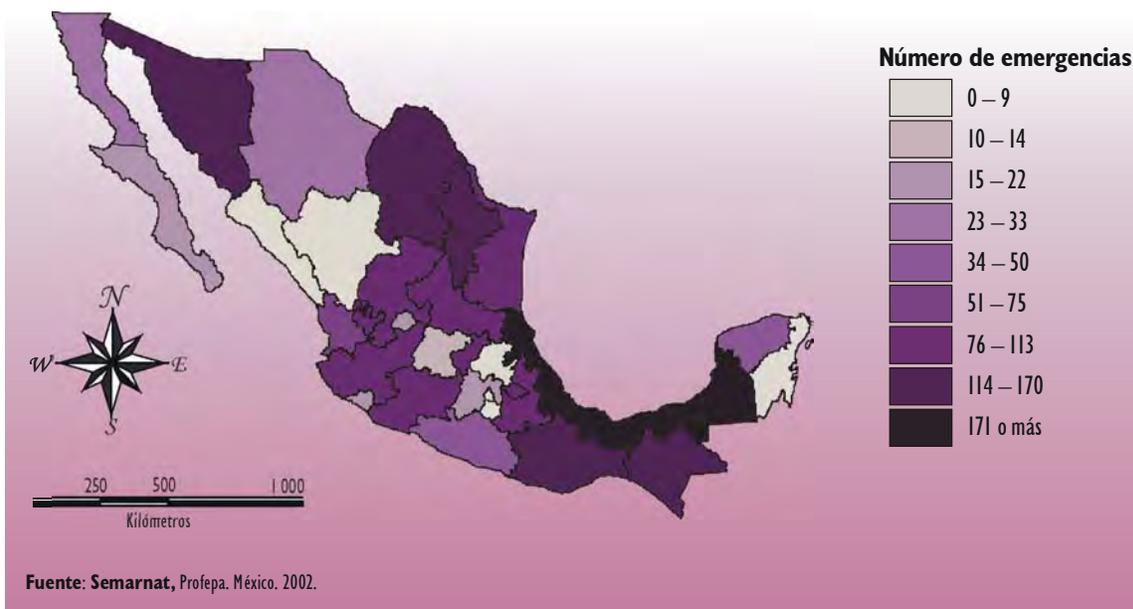
En los últimos años ha habido un incremento notable en la evaluación del riesgo ambiental. En comparación con 1992, el número de evaluaciones en 2001 resultó superior en un 186% para nuevos proyectos y en un 70% para plantas en operación. El aumento más importante fue en los programas para la prevención de accidentes, que se elevó de nueve a 473 en el mismo periodo (Figura 8.6, Cuadro III.6.3.2). Esto ha significado una mayor presión sobre las instancias de evaluación de la Semarnat, cuya planta de dictaminadores ha debido crecer en número, elevándose también el número de dictámenes por dictaminador (Figura 8.7, Cuadro III.6.3.1).

Figura 8.7. Número de dictámenes y dictaminadores de riesgo ambiental según tipo de estudio, 1994-2001.



A pesar de los grandes avances en el tema, cada año en México tienen lugar alrededor de 544 emergencias ambientales, es decir, accidentes que involucran sustancias peligrosas (véase «Contaminación del suelo: residuos» en el capítulo 3). Inclusive el número de emergencias para 2001 fue ligeramente superior al promedio durante los años 1995-

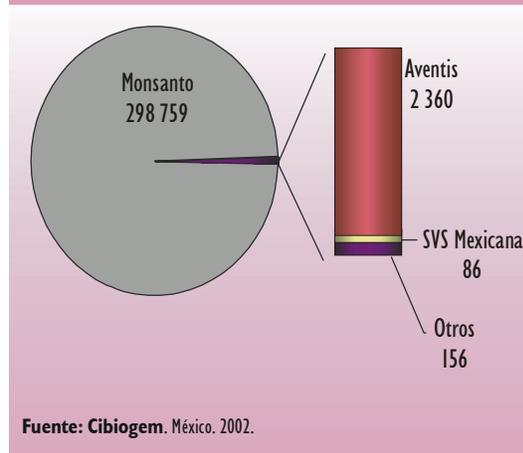
Mapa 8.1 Emergencias ambientales por entidad federativa durante el periodo 1995-2000.



2000. Un porcentaje importante ocurrió en ductos localizados en los estados petroleros del Golfo de México (Mapa 8.1, Cuadro IV.3.2.14), lo que pone de manifiesto la magnitud del aporte de la industria petrolera al total de las emergencias ambientales del país. Pemex reportó más de mil derrames durante 2001, número que no es del todo un buen indicador, puesto que los volúmenes de descargas contaminantes de dicha industria se han reducido sustancialmente. Otros estados con una alta incidencia de emergencias son aquellos con una gran actividad industrial, como Nuevo León y el Estado de México.

Otra fuente de riesgos para el ambiente y la salud humana procede de la industria biotecnológica. A partir de los avances recientes en la biotecnología han surgido los organismos genéticamente modificados (OGM), también conocidos como organismos transgénicos, que son aquellos que contienen genes procedentes de otras especies y que les confieren alguna característica deseable, tal como una maduración lenta o la resistencia a plagas o herbicidas (Recuadros IV.8.1, IV.8.4). Los OGM pueden representar algunos riesgos tales como la transferencia de esos genes a otros organismos en el ecosistema, que de esa manera adquirirían las nuevas características (Recuadro IV.8.2), o incluso, otros efectos que

Figura 8.8. Superficies (hectáreas) sobre las que se han registrado ensayos con organismos genéticamente modificados, según compañía responsable.

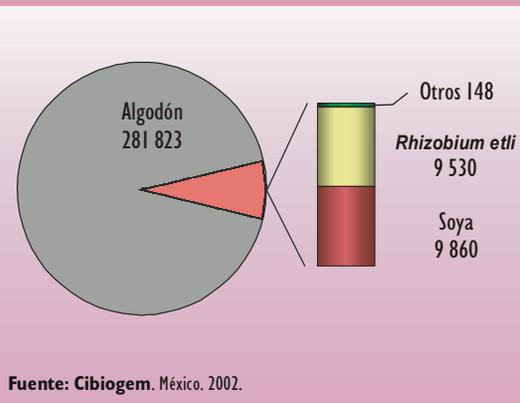


no son previstos durante su diseño, tales como la producción de néctar con insecticidas, que podrían afectar negativamente a los polinizadores de una región. No todos los transgénicos están autorizados para consumo humano, por lo que un mal manejo de los mismos podría ocasionar que productos cuyos efectos sobre la salud no son del todo conocidos fueran consumidos por la población.

Para administrar y regular todo lo relacionado con esta nueva problemática se creó la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem), que tiene atribuciones sobre la producción, importación, exportación, movilización, propagación, consumo y, en general, uso y aprovechamiento de los OGM, sus productos y subproductos (Recuadro IV.8.3).

En México se han evaluado y autorizado para consumo humano 11 productos obtenidos de OGM, los cuales en su mayoría han sido alterados a fin de conferirles mayor resistencia a plagas y herbicidas (Recuadro IV.8.4). Por otra parte, se han autorizado ensayos con organismos transgénicos en 301 360 hectáreas, principalmente a la compañía estadounidense Monsanto (Figura 8.8, Cuadro IV.8.3). La gran mayoría de los ensayos han sido efectuados con variedades de algodón (Figura 8.9, Cuadro IV.8.2). El organismo encargado de evaluar las solicitudes para estos ensayos es el Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Alimentaria (Senasica), que depende de la Sagarpa. La labor de Senasica se ha venido intensificando, y cada vez atiende una mayor número de solicitudes (Cuadro IV.8.1).

Figura 8.9. Superficies (hectáreas) sobre las que se han realizado ensayos con organismos genéticamente modificados, según organismo transgénico.



Referencias

Semarnap. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. México. 1997



2002