



Perspectivas  
del medio  
ambiente  
en México

GEO México  
2004

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Alberto Cárdenas Jiménez  
*Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales*

Exequiel Ezcurra  
*Presidente del Instituto Nacional de Ecología (INE)*

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA)

Ricardo Sánchez  
*Director Regional*

Kaveh Zahedi  
Coordinador Regional  
*División y Evaluación de Alerta Temprana*

María Eugenia Arreola  
Coordinadora de Proyectos GEO  
*División de Evaluación y Alerta Temprana*

COORDINACIÓN GENERAL DE LA INTEGRACIÓN Y EDICIÓN DEL INFORME

Víctor Javier Gutiérrez Avedoy  
*Director General del Centro Nacional de Investigación  
y Capacitación Ambiental, INE*

Primera edición: noviembre de 2004

DR © Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
Blvd. de los Virreyes 155. Col. Lomas de Virreyes  
C.P. 11000 México D.F., México

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortínez 4209  
Col. Jardines en la Montaña  
Deleg. Tlalpan. C.P. 14210  
México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología  
Periférico Sur 5000. Col. Insurgentes Cuicuilco  
C.P. 04530, México D.F.  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

ISBN 968-817-683-4

impreso y hecho en México

# Perspectivas del medio ambiente en México

GEO México  
2004



## AGRADECIMIENTOS

El INE y el PNUMA agradecen a numerosas personas e instituciones su valiosa contribución para la elaboración del *INFORME PERSPECTIVAS DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO, 2004 GEO MÉXICO*

### PERSONAS

Adriana Oropeza Llitelas  
Alejandro Guevara Sanguinez  
Alejandro Mohar  
Alejandro Sosa Reyes  
Amparo Martínez Arroyo  
Ana Patricia Martínez Bolívar  
Arturo Flores Martínez  
Bárbara Goettsch Cabello  
Baruch Ramírez Rodríguez  
Beatriz Cárdenas González  
Concepción Pérez Martínez  
Diana Flor Rodríguez Hernández  
Eduardo Michael Peters Recagno  
Eligio García Serrano  
Elisa Carolina Tovar de la Garza  
Emma Catalina Prieto Muñoz  
Enrique Bravo  
Enrique Salinas Romero  
Gustavo Solórzano Ochoa  
Javier Palacios Neri  
Jorge Elizondo Alarcón  
Josefina Becerril Albarrán  
Juan Carlos Valencia Vargas  
Leonora Rojas Bracho  
Luisa Mayela García Vázquez  
María de la Luz Pérez Tijerina  
María del Carmen Donovarras Aguilar  
María Eugenia Ibarrarán Viniegra

Mario Alberto Yarto Ramírez  
Mario Raymundo Ochoa Núñez  
Mauricio Coronado Casillas  
Miguel Angel Soriano Montero  
Oscar Ramírez Flores  
Raúl Tornel Cruz  
Renato Olvera Nevarez  
Rodrigo Favela Fierro  
Verónica Aguilar Sierra  
Yatziri Zepeda Medina  
Yosu Rodríguez Aldabe

### INSTITUCIONES

Centro GEO  
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e  
Informática (INEGI)  
Petróleos Mexicanos (PEMEX)  
Secretaría de Energía  
Secretaría de Salud  
Centro Nacional de Prevención de  
Desastres (CENAPRED)  
Comisión Nacional del Agua (CNA)  
Procuraduría Federal de Protección al  
Ambiente (PROFEPA)  
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso  
de la Biodiversidad (CONABIO)  
Instituto Ambiental de Estocolmo, Centro Boston

## INTEGRACIÓN Y EDICIÓN

Adrián Fernández Bremauntz  
Alejandro Torres García  
Alma Delia Nava Montes  
Anabell Rosas Domínguez  
Carlos Muñoz Piña  
Carlos Rodríguez Castelán  
Cristina Cortinas de Nava  
Dale Rothman  
Gabriel Quadri de la Torre  
Gerardo Bocco Verdinelli  
Gilberto Enriquez Hernández  
Irene Pisanty Baruch  
Jaime Sainz Santamaría

Jorge Martínez Castillejos  
José Carlos Fernández Ugalde  
Judith Navarro Gómez  
Leonor Cedillo Becerril  
Mariana Becerra Pérez  
Miguel Ángel Gil Corrales  
Odón de Buen Rodríguez  
Paloma C. de Grammont  
Raúl Figueroa Díaz  
Salvador Sánchez Colón  
Sivan Kartha  
Sofía Cortinas Segovia  
Tania Volke Sepúlveda

# Índice

AGRADECIMIENTOS	6
PRESENTACIÓN	11
PREFACIO	15
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO 1. CONTEXTO	23
<b>La dinámica socioeconómica</b>	23
Dimensión demográfica	23
El empleo	28
La pobreza	30
Diversidad cultural	31
Dimensión económica	31
Patrones de consumo y generación de residuos	32
Comercio internacional	32
Inversión extranjera	34
Cuentas nacionales ambientales	36
Gestión de los recursos naturales	38
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE	49
<b>El aire</b>	49
Presión	49
Estado	53
Respuesta	58
<b>El agua</b>	76
Presión	77
Estado	79
Respuesta	87
<b>Zonas marinas y costeras</b>	94
Presión	94
Estado	101
Impacto	109
Respuesta	110
<b>El suelo</b>	120
Presión	121
Estado e impacto	124
Respuesta	132
<b>Residuos</b>	142
Presión	142
Estado e impacto	143
Respuesta	146
<b>Biota</b>	158
Presión	158
Estado	173
Impacto	182
Respuesta	188
CAPÍTULO 3. SALUD, VULNERABILIDAD HUMANA Y DESASTRES AMBIENTALES	203
Salud ambiental	203
Vulnerabilidad humana	220
Desastres ambientales	228

CAPÍTULO 4: RESPUESTAS DE POLÍTICAS	241
Las políticas ambientales	241
Respuesta del Estado	241
Respuesta gubernamental	252
Respuesta de la sociedad organizada	267
Conclusiones	269
CAPÍTULO 5. ESCENARIOS GEO MÉXICO 2003-2030	273
Fuerzas impulsoras	273
Escenario 1. “La Vida no Vale Nada”	274
Escenario 2. “Atole con el Dedo”	281
Escenario 3. “Abriendo Brecha”	288
Conclusiones	294
Capítulo 6: Perspectiva	303
Notas	307
Bibliografía	311
Índice de cuadros, gráficas, mapas y recuadros	325

# Presentación





En las últimas décadas México ha alcanzado grandes logros en la gestión ambiental. Tal como se señala en el informe *Perspectivas del medio ambiente en México* (GEO México 2004), el tema ambiental se ha incluido en la agenda política. El gobierno mexicano ha fortalecido las políticas ambientales a través de cambios institucionales y en la legislación. Hoy presenciamos una mayor participación pública en cuestiones ambientales y en la toma de decisiones con grupos de ciudadanos y organizaciones no gubernamentales que tienen un papel más relevante en las actividades de desarrollo y conservación del medio ambiente en el país. No obstante, a pesar de las señales positivas, los logros alcanzados no son suficientes. Los cambios que se han implementado no han logrado mejorar sustancialmente la situación ambiental o disminuir el avance de la degradación. Si bien el desarrollo e implementación de políticas ambientales se está moviendo en la dirección correcta, su avance es lento y su impacto limitado.

Para revertir las tendencias que están degradando el medio ambiente son necesarias políticas y respuestas innovadoras. Dichas políticas deben formularse con base en información confiable y actualizada sobre las tendencias ambientales. El informe *GEO México 2004* tiene como objetivo servir como guía para la mejor toma de decisiones. De esta forma, provee información y material de consulta que posibilitará el análisis y la reflexión acerca del estado actual y las perspectivas del medio ambiente en el país para encontrar las posibles soluciones a los problemas existentes.

El *GEO México 2004* se elaboró a partir de un proceso participativo incorporando los puntos de vista y percepciones de expertos, instituciones y políticos relacionados con la gestión ambiental en el país, académicos y organizaciones no gubernamentales, lo que ha permitido construir consensos sobre los asuntos y cuestiones prioritarias a través del diálogo.

México enfrenta una cantidad de desafíos. Los rápidos cambios en la economía global, en los patrones de consumo y la falta de una efectiva implementación de las políticas están teniendo un impacto en el medio ambiente. Sin políticas y acciones concretamente encaminadas hacia el desarrollo sostenible no se pueden solucionar estos problemas. Es necesario la integración del componente ambiental en todas las políticas de desarrollo y no como algo marginal.

El *Informe GEO México 2004* contribuye a resolver la necesidad de contar con información veraz presentando información sobre el estado del medio ambiente, las principales fuerzas impulsoras detrás del cambio ambiental, las consecuencias de este estado en términos de impactos en la salud y calidad de vida de los habitantes y las respuestas que actualmente se están implementando. Asimismo, el informe plantea escenarios futuros y concluye con recomendaciones sobre el camino que México debe tomar.

El PNUMA se siente satisfecho de haber colaborado con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la realización del informe *Perspectivas del Medio Ambiente en México* (GEO México 2004). Esta iniciativa muestra la estrecha colaboración que existe entre el PNUMA y la SEMARNAT y la voluntad de instalar un proceso de evaluación ambiental continuo y el fortalecimiento de capacidades institucionales en el país lo que permitirá monitorear los avances en la protección del medio ambiente y la gestión ambiental.

El informe *GEO México 2004* muestra el camino a seguir: corresponde ahora a todos los mexicanos aceptar el desafío y lograr que en el siglo XXI los principios de desarrollo y sustentabilidad ambiental se vuelvan un factor fundamental de la calidad de vida de los mexicanos.

Ricardo Sánchez  
Director Regional  
PNUMA

Kaveh Zahedi  
Coordinador Regional  
DEAT-PNUMA



# Prefacio





El informe *Perspectivas del medio ambiente en México* (GEO México 2004) presenta una visión de un país que en el siglo pasado transitó de una estructura predominantemente rural a otra en un proceso creciente de urbanización, y que inicia en el siglo XXI inmerso en una dinámica de integración a un mundo globalizado, con los retos que ello implica.

Si bien es cierto que la economía mexicana ha crecido y ahora predominan la industria y los servicios, también es cierto que esto ha sido obtenido a costa de la cantidad y calidad de los recursos naturales, de una creciente contaminación del aire y agua, de la pérdida de selvas y especies, y de procesos acelerados de desertificación, entre otros impactos que han disminuido nuestro capital natural a lo largo del siglo XX.

Por esta razón, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha asumido el reto de diseñar los caminos para revertir el deterioro ambiental, así como conservar la biodiversidad y los recursos naturales a través de la instrumentación de políticas públicas que permitan integrar en armonía el desarrollo económico con el desarrollo social, y que garanticen la sustentabilidad ambiental.

El *Informe GEO México 2004* es el resultado del esfuerzo conjunto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la SEMARNAT para ofrecer una evaluación de los cambios ambientales que se han presentado en México en las últimas tres décadas. El diagnóstico de aire, agua, suelos, biota, zonas marinas y costeras, y residuos que el informe presenta muestra claramente el nivel de deterioro que han sufrido los ecosistemas de nuestro país, así como los impactos sobre el bienestar humano debido a las diversas presiones a las que se encuentra sujeto el capital natural. Esta situación se refleja dramáticamente, en toda su magnitud, en el grado de vulnerabilidad humana: uno de los indicadores del informe nos dice que el 35% de la carga de enfermedades en el país tiene un origen ambiental.

En este informe, el análisis sobre la evolución de las políticas ambientales nos indica cómo México ha transitado desde la legislación ambiental reactiva de principios de la década de 1970 hacia una legislación

basada en la prevención y orientada al uso de instrumentos precautorios. Además, el estudio nos permite entender tanto las posibilidades como las limitaciones de los diversos instrumentos de planeación y gestión ambiental, de desarrollo institucional, y de normatividad vigentes a la fecha, y nos describe en detalle la importancia que ha tenido la sociedad civil —a través de las organizaciones no gubernamentales— en el impulso de medidas de protección ambiental y en el despertar de una conciencia ciudadana.

Finalmente, el planteamiento de escenarios que hace el *Informe GEO México 2004* para explorar las alternativas que nos depara el futuro es un ejercicio participativo de lo deseable y de lo posible, y al mismo tiempo es también una seria llamada de atención acerca de la urgencia que existe para alcanzar grandes acuerdos nacionales que permitan avanzar hacia la sustentabilidad ambiental. Los resultados de los escenarios propuestos nos invitan a la reflexión y a la discusión razonada, al análisis de los retos y las oportunidades para intervenir en el curso de los eventos y revertir los procesos de degradación ambiental. Es un llamado a hacernos responsables no sólo del presente, sino también del futuro.

El *Informe GEO México 2004* no es sólo un diagnóstico ambiental, es también un ejercicio participativo, abierto y plural, en el que se hace un esfuerzo por entender las interrelaciones que existen entre los componentes de nuestro capital natural, por un lado, y el desarrollo económico y social, por el otro. Es un esfuerzo fundamental en la búsqueda de políticas públicas sustentables, y es también el inicio de un proceso continuo de evaluación ambiental en el que participan activamente los diversos sectores de la sociedad. Es, finalmente, una iniciativa para crear consensos democráticos en los temas prioritarios de nuestra agenda ambiental.

Agradecemos al PNUMA, a sus sobresalientes técnicos y expertos, y al grupo amplio y generoso de mexicanos e instituciones comprometidas con la conservación de los recursos naturales y la protección ambiental que aportaron su tiempo y conocimiento para que este informe fuera posible.



Alberto Cárdenas Jiménez  
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales



Exequiel Ezcurra  
Presidente del Instituto Nacional de Ecología



# Introducción





Los últimos treinta años de política ambiental en México se han caracterizado por una gran actividad legislativa, programas de gobierno y acuerdos sobre este tema. ¿Cuál ha sido el resultado de todo esto y qué condiciones políticas y económicas permitieron su desarrollo? ¿Qué actores intervinieron para impulsar o revertir la problemática del medio ambiente en México? ¿De qué información disponemos para hacer un balance? El *Informe de Perspectivas del medio ambiente en México (GEO México 2004)* pretende bosquejar una respuesta a estas preguntas, con la finalidad de proveer un diagnóstico ambiental de nuestro país. Esto incluye las principales presiones, las políticas públicas que se han implementado para hacerles frente durante las últimas décadas y finalmente el entrecruzamiento de escenarios con una visión a treinta años con respecto a cuáles son las perspectivas ambientales para el país en función de una serie de variables económicas, políticas, sociales y tecnológicas.

Este informe nacional, elaborado conjuntamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ofrece una visión global de un país que ha transitado de posiciones originadas en la Conferencia de Estocolmo a principios de la década de 1970, a un proceso de integración de políticas y compromisos que rebasan el ámbito nacional y que se encuentran insertos en el marco de la globalización y en el espíritu de la Cumbre de Río sobre medio ambiente y desarrollo.

Esta evaluación, se aborda bajo la perspectiva del esquema Presión-Estado-Impacto-Respuesta (PEIR) con respecto a los diversos sectores o compartimientos ambientales: aire, suelo, agua, biota, zonas marinas y costeras. Por su importancia se incluyó también en este rubro a los residuos, todos estos se interrelacionaron con su contexto socioeconómico y con un análisis de la vulnerabilidad humana y natural.

El primer capítulo del informe da cuenta del contexto socioeconómico nacional, el cual ha determinado las presiones que las actividades humanas ejercen sobre el medio ambiente. La cantidad e intensidad de recursos utilizados depende no solamente del crecimiento demográfico sino de la composición sectorial de las actividades económicas, del ingreso así como de otras variables.

El segundo capítulo se refiere al estado del medio ambiente, que depende de numerosos factores: las variables biofísicas de los recursos naturales, los efectos que las actividades productivas y otras acciones humanas tienen sobre dichos recursos, y los cursos de acción elegidos para restablecer o conservar un esta-

do determinado. Tales cursos de acción son, a su vez, consecuencia de los efectos del estado del ambiente sobre el bienestar humano, lo que compone, finalmente, un sistema dinámico e interdependiente. La situación del ambiente se presenta en este informe dividida en temas o en recursos naturales específicos, pero en cada uno de ellos se esboza el carácter de dependencia mutua entre tres elementos: el grado de deterioro de un recurso, las actividades antropogénicas que lo afectan, y las acciones o políticas instrumentadas para controlar su uso.

El tercer capítulo trata sobre dos de las principales consecuencias de la degradación ambiental: los impactos en la salud y la vulnerabilidad humana y natural (desastres ambientales). De acuerdo con el *Plan Nacional de Salud 2001-2006*, se estima que el 35% de la carga total de enfermedad tiene su origen en factores ambientales. El apartado estudia los distintos grados de vulnerabilidad asociada con el desarrollo, principalmente la industrialización y las concentraciones urbanas masivas, así como con el mejoramiento de la atención médica y la cobertura de los programas de salud pública. La sección sobre desastres ambientales analiza diversos factores antropogénicos y fenómenos naturales, e identifica las causas de los desastres y la valoración del daño.

El capítulo de política hace una evaluación general de las respuestas que el gobierno y la sociedad han dado a la degradación del medio ambiente. El surgimiento de instituciones e instrumentos de política sobre problemas ambientales fue consecuencia tanto de la creciente degradación de los recursos naturales, como de la presión de la comunidad académica y de grupos ambientalistas no gubernamentales. Otro factor determinante fue la apertura comercial, que se tradujo en compromisos internacionales sobre desarrollo sustentable, de donde surgieron acciones concretas que luego se convirtieron en programas, e incluso en leyes, relacionados con la protección del ambiente.

En este mismo apartado se hace una revisión breve del conjunto de los instrumentos de política que constituye la base del diseño de políticas públicas ambientales en México: el ordenamiento ecológico del territorio, los estudios de riesgo y evaluaciones de impacto ambiental, los reglamentos y normas oficiales mexicanas, los instrumentos económicos, las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre y el manejo de áreas naturales protegidas, por mencionar los más importantes. También se hace una descripción del desarrollo que ha tenido el contexto institucional en México.

Finalmente, se plantean tres escenarios que van desde magros apoyos al mejoramiento ambiental a un

modelo que incorpora los grandes acuerdos nacionales y la asignación de los recursos económicos para alcanzar metas fundamentadas en el desarrollo sostenible. Esto aporta elementos para la discusión seria, transparente y abierta sobre las tendencias relacionadas con la degradación de los recursos naturales y del medio ambiente y permite integrar un proceso evaluatorio de la política institucional en la materia.

Por último, es importante mencionar que este informe es el resultado de la participación de un grupo interdisciplinario de personas e instituciones mexicanas que dedicaron su conocimiento, tiempo e inteli-

gencia creadora al diseño, desarrollo, vinculación e integración de información y de líneas de pensamiento para la evaluación ambiental y al análisis de perspectivas. Esto ha dado por resultado un documento que más que un diagnóstico tradicional pretende proporcionarle al lector las herramientas para que pueda entender los diversos y complejos procesos políticos, económicos y sociales que han conformado desde la perspectiva del medio ambiente y los recursos naturales del México de hoy y lo que puede ser el México del mañana.



# Capítulo 1





## Contexto

La supervivencia de la sociedad depende, en última instancia, de los bienes y servicios ambientales. De hecho, el origen de cada uno de los bienes en la economía puede ser rastreado a un conjunto de recursos naturales que fueron utilizados directa o indirectamente en su producción. Durante siglos, esto no pareció representar una limitante a la actividad económica, por lo menos no de manera global. Sin embargo, esto está cambiando rápidamente, a tal punto que se estima que el *Homo sapiens* se apropia del 40 % de la productividad primaria neta del planeta (Vitousek *et al.* 1986). Este proceso de conversión global de ecosistemas, a menudo irreversible, se suma a otras alteraciones que los humanos han causado a la Tierra, como la contaminación del aire, suelo y agua. El planeta entero ha experimentado una gran transformación en el último siglo, con un crecimiento económico y poblacional de los seres humanos a costa de su base de recursos naturales, lo que ahora plantea limitaciones importantes para el futuro.

A pesar de los beneficios que representa este crecimiento económico, estos han sido inequitativamente distribuidos en nuestra sociedad, lo que se ve reflejado tanto en el propio ingreso como en la base decreciente de recursos naturales. Esta desigualdad lleva aparejados dos problemas extremos: por un lado, una proporción importante de la población que no puede cubrir sus necesidades básicas y que requiere del uso de más recursos naturales para tratar de satisfacerlas y, por otro, el segmento de la población con más altos ingresos tiene patrones de consumo que tienen un impacto negativo cada vez mayor sobre la base de recursos.

La discusión acerca de la forma de atacar la dimensión internacional de estas presiones toma forma con la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente realizada en Estocolmo en 1972. Desde entonces, la relevancia internacional de los problemas ambientales y de lograr un desarrollo sustentable ha crecido de manera significativa, hasta convertirse en uno de los retos más grandes del nuevo siglo.

Al igual que en otras partes del mundo, el siglo XX fue una etapa de profundas transformaciones en México. Basta mencionar que de ser un país que en 1900 tenía 14 millones de personas y una estructura predominantemente rural, concluyó el siglo con casi 100 millones de personas la mayoría en áreas urbanas (INEGI 2001). En medio de este proceso se gestaron también cambios económicos importantes,

y se estima que la economía nacional creció casi 30 veces durante el siglo pasado pasando de una economía agrícola a una basada en la industria y los servicios. Esto dio también como resultado reducciones significativas en la cantidad y la calidad de los recursos naturales, una mayor contaminación del aire y agua, el agotamiento de acuíferos, y la desertificación de grandes porciones del territorio, entre otros aspectos. Un ejemplo indicativo de esto es la pérdida de selvas altas perennifolias, de las que sólo queda el 15% de su extensión original (SEMARNAP 2000b).

A pesar de la evidencia del deterioro ambiental, tomar acciones para detenerlo y revertirlo no ha resultado sencillo, entre otras razones por la dinámica socioeconómica que se traduce principalmente en variables económicas, políticas, demográficas, etc. El presente capítulo describe brevemente el desarrollo socioeconómico de nuestro país considerando los aspectos más significativos de la problemática ambiental con el fin de sentar las bases para el desarrollo de políticas públicas que logren el equilibrio entre el desarrollo económico, social y ambiental, piedras angulares del desarrollo sustentable.

### *La dinámica socioeconómica*

Las dinámicas social y económica representan un contexto necesario para analizar la forma en que se han gestado los problemas ambientales e identificar las oportunidades que México puede aprovechar en el desarrollo de políticas que incluyan criterios de sustentabilidad. A continuación se presenta una descripción general de los principales procesos sociales y económicos cuyo impacto repercute en la situación actual del medio ambiente.

### *Dimensión demográfica*

El crecimiento de la población es un factor fundamental para considerar los efectos en el deterioro de los recursos naturales y en la generación de contaminación. Es imposible ignorar que su incremento conlleva al aumento en la demanda de bienes y servicios para cubrir las necesidades humanas.

En México la población del país creció en poco más de 25 millones de habitantes en 1950 a más de 97 millones de habitantes en el año 2000 (cuadro 1.1 y gráfica 1.1). Actualmente, se encuentra en una etapa avanzada de su proceso de transición demográfica, con una tasa de natalidad decreciente, que

CUADRO 1.1. POBLACIÓN CENSADA, 1950-2000

Concepto	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000
Población total (millones de personas)	25.8	34.9	48.2	66.8	81.2	91.2	97.5
Por sexo (porcentaje del total)							
Hombres	49.2	49.9	49.9	49.4	49.1	49.3	48.8
Mujeres	50.8	50.1	50.1	50.6	50.9	50.7	51.2
Por ámbito de residencia (porcentaje del total)							
Rural	57.4	49.3	41.3	33.7	28.7	26.5	25.4
Urbana	42.6	50.7	58.7	66.3	71.3	73.5	74.6
Por condición de analfabetismo (porcentaje de la población de 15 años y más)	43.2	34.6	25.8	17.0	12.4	10.6	9.5

Fuente: SHCP con datos del INEGI 2000.



Fuente: INEGI 1995, 1996, 2000.

pasó de un máximo de 3.5% anual en 1970 a un ritmo anual del 1.5% para el año 2003.

Esta tasa relativamente baja y decreciente es consecuencia de persistentes reducciones tanto de la tasa de natalidad más acelerada en comparación con la tasa de mortalidad (cuadro 1.2). De manera paralela, durante los últimos veinte años nuestro país ha experimentado un incremento en la esperanza de vida al nacer y pasó de 64 a 72 años para los hombres, y de 70 a 77 años para las mujeres.

Un cambio significativo ha sido la modificación de la estructura de la población por edades ingresando así a un proceso de envejecimiento de la pobla-

ción a diferencia de los países desarrollados que han finalizado sus procesos de transición demográfica. Así se observa que en uno de cada cuatro hogares, de los casi 20 millones que existen en México, hay al menos una persona de 60 años o más (24.9%); en el medio rural la proporción es ligeramente más alta (27.6%). Otro dato interesante es que en 68 de cada 100 hogares con ingresos generados por personas de edad, el anciano o anciana es quien percibe la mayor parte del ingreso familiar; en el medio rural está relación es de 75 de cada 100, y el grupo de perceptores cuyo ingreso principal proviene de una pensión es minoritario.

CUADRO 1.2. TASA DE NATALIDAD, MORTALIDAD, FECUNDIDAD Y ESPERANZA DE VIDA AL NACER, 1990-2003

Año	Tasa de natalidad	Tasa de mortalidad	Tasa global crecimiento	Tasa de crecimiento		Esperanza de vida al nacer		
				Natural <sup>1</sup>	Total <sup>2</sup>	Total	Hombres	Mujeres
1980	36.57	6.74	4.97	2.98	2.61	67.14	64.07	70.22
1985	32.37	5.76	4.07	2.66	2.28	69.50	66.58	72.41
1990	29.07	5.21	3.44	2.39	1.99	71.20	68.33	74.07
1995	25.19	4.84	2.88	2.04	1.64	72.65	70.04	75.26
2000	21.14	4.54	2.41	1.66	1.27	74.03	71.55	76.51
2003*	19.34	4.46	2.21	1.49	1.11	74.90	72.43	77.36

Fuente. Serie histórica basada en la conciliación demográfica a partir del *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000* (INEGI 2001a).

1: Es la tasa obtenida a partir de la diferencia entre la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad.

2: Es la tasa media anual de crecimiento una vez considerado el saldo neto migratorio.

\*: Datos estimados por CONAPO.

CUADRO 1.3. POBLACIÓN TOTAL POR GRUPOS DE EDADES Y SEXO (PORCENTAJES) 2000

GRUPOS DE EDAD	HOMBRES	MUJERES	GRUPOS DE EDAD	HOMBRES	MUJERES
De 0 a 4 años	5.5	5.4	60 a 64	1.1	1.2
5 a 9	5.8	5.7	65 a 69	0.8	0.9
10 a 14	5.6	5.4	70 a 74	0.6	0.7
15 a 19	5.0	5.2	75 a 79	0.4	0.5
20 a 24	4.4	4.9	80 a 84	0.2	0.3
25 a 29	4.0	4.4	85 a 89	0.1	0.2
30 a 34	3.5	3.9	90 a 94	0.1	0.1
35 a 39	3.1	3.4	95 a 99	0.0	0.0
40 a 44	2.6	2.8	100 y más años	0.0	0.0
45 a 49	2.0	2.2	No especificado	1.1	1.0
50 a 54	1.7	1.8			
55 a 59	1.3	1.4	Nacional	48.8	51.2

Fuente. INEGI 2001.

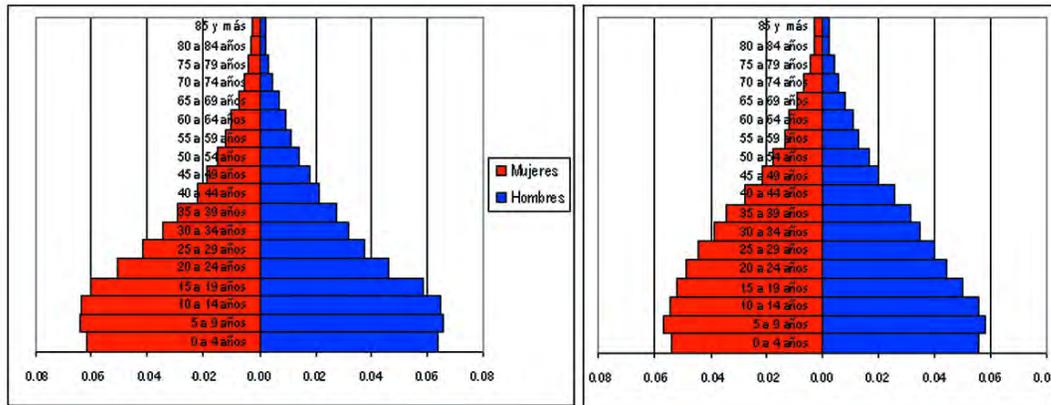
La pirámide poblacional (gráfica 1.2) muestra que la población de México, si bien mantiene una elevada proporción de jóvenes, está experimentando una ampliación de la población de edades adultas.

La contraparte demográfica de esta transformación ha sido el fenómeno migratorio local (rural-urbano) y la migración en busca de mejores oportunidades laborales hacia los Estados Unidos de América de entre 350 mil y 400 mil personas al año (cuadro 1.4). Tomando esto en cuenta, la tasa neta de crecimiento del país es hoy de 1.38% anual (INEGI 2001a).

Otro aspecto importante, íntimamente ligado al índice de población, es su distribución en el territorio, los niveles de concentración son determinantes

para la emisión de contaminación y la generación de residuos. Dentro del territorio mexicano esta distribución es muy desigual, con zonas metropolitanas con una densidad poblacional muy alta (cuadro 1.5). Las últimas décadas vieron un fuerte proceso de concentración geográfica de la población urbana en las tres principales áreas metropolitanas del país (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey), que en conjunto concentran a uno de cada cuatro mexicanos. Sin embargo, en tiempos recientes el crecimiento de las ciudades más grandes presenta una tendencia a estabilizarse y han sido las ciudades de tamaño medio las que han experimentado el mayor crecimiento durante los años noventa, sobresaliendo entre ellas las

GRÁFICA 1.2. ESTRUCTURA POBLACIONAL POR GRUPOS DE EDAD, 1995-2003



FUENTE: CONAPO 2001a.

ciudades fronterizas (Ciudad Juárez, Tijuana y Reynosa) y el caso particular de Cancún, que presentan una tasa de crecimiento superior al 4% anual.

Este fenómeno de concentraciones de la población en diversas zonas urbanas ha ido aparejado con un incremento en la población urbana respecto de la población rural; en el año 2000, tres de cada cuatro mexicanos habitaba en una zona urbana (cuadro 1.6). En este sentido, los estados fronterizos y del Bajío, así como el Distrito Federal y el Estado de México son los que tienen una menor población rural en proporción a su población total (mapa 1.1).

Sin embargo, no todas las regiones del país experimentaron una reducción en la tasa de crecimiento y un marcado proceso de urbanización. En Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Veracruz, aún predomina la población rural y tienen una fuerte expansión demográfica por sus altas tasas de natalidad. Estas entidades son también de las más marginadas del país. De esta manera, son aquellos estados con cierto nivel de urbanización y altos índices de desarrollo humano los que inducen una reducción en la tasa de fecundidad.

En este sentido, la gráfica 1.3 muestra la enorme diversidad de condiciones sociales que presenta el país y la correlación negativa que existe entre la tasa de nata-

CUADRO 1.4. SALDO NETO MIGRATORIO (MILES DE PERSONAS), 1980-2003

Año	Población	Saldo neto migratorio	Año	Población	Saldo neto migratorio
1980	67,944	-254	1996	95,104	-376
1985	76,762	-295	1997	96,537	-379
1990	85,376	-337	1998	97,920	-382
1991	87,075	-345	1999	99,266	-386
1992	88,759	-352	2000	100,569	-390
1993	90,417	-359	2001	101,826	-392
1994	92,037	-365	2002	103,040	-394
1995	93,604	-370	2003	104,214	-396

Fuente: CONAPO 2004.

CUADRO 1.5. CIUDADES MÁS POBLADAS EN MÉXICO (MILES DE HABITANTES)

Ciudad	Entidad(es)	Población			Tasa de crecimiento anual (%)		
		1990	1995	2000	1990-1995	1995-2000	1990-2000
ZM Ciudad de México	D.F.-México	15,227	16,898	17,942	1.86	1.41	1.67
ZM Guadalajara	Jalisco	2,987	3,462	3,678	2.65	1.42	2.12
ZM Monterrey	Nuevo León	2,574	2,988	3,243	2.68	1.94	2.36
ZM Puebla	Puebla - Tlaxcala	1,732	2,015	2,220	2.72	2.29	2.53
ZM Tijuana	Baja California	747	1,038	1,274	6.00	4.91	5.52
ZM León	Guanajuato	952	1,139	1,235	3.25	1.90	2.66
Ciudad Juárez	Chihuahua	790	996	1,187	4.20	4.20	4.19
ZM Toluca	México	827	992	1,152	3.28	3.55	3.39
ZM Torreón	Coahuila-Durango	878	959	1,007	1.57	1.16	1.39
ZM San Luis Potosí	San Luis Potosí	659	782	851	3.09	1.99	2.61
ZM Mérida	Yucatán	658	773	842	2.88	2.04	2.51
ZM Querétaro	Querétaro	555	680	787	3.65	3.50	3.58
ZM Aguascalientes	Aguascalientes	547	637	708	2.73	2.47	2.62
ZM Cuernavaca	Morelos	512	646	705	4.21	2.09	3.28
ZM Chihuahua	Chihuahua	535	631	677	2.99	1.65	2.41
ZM Tampico	Tamaulipas-Veracruz	567	620	665	1.59	1.64	1.61
ZM Saltillo	Coahuila	487	583	637	3.27	2.09	2.75
Acapulco	Guerrero	515	593	621	2.51	1.09	1.89
ZM Coatzacoalcos	Veracruz	573	627	613	1.60	-0.54	0.67
ZM Veracruz	Veracruz	473	560	593	3.04	1.35	2.30
Morelia	Michoacán	428	512	550	3.21	1.68	2.55
Mexicali	Baja California	438	505	550	2.54	2.01	2.31
Hermosillo	Sonora	406	504	546	3.89	1.89	3.02
Culiacán	Sinaloa	415	506	541	3.56	1.59	2.70
ZM Xalapa	Veracruz	372	441	481	3.04	2.04	2.60
Victoria	Durango	348	398	427	2.39	1.68	2.08
Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	290	378	425	4.84	2.75	3.93
ZM Oaxaca	Oaxaca	302	365	411	3.46	2.80	3.17
Reynosa	Tamaulipas	266	320	404	3.38	5.55	4.31
Cancún	Quintana Roo	168	297	397	10.68	7.02	9.07

Fuente: CONAPO 2001b.

lidad y el nivel de urbanización así como con el nivel de desarrollo humano. Si bien éste último no es propiamente una medida de pobreza, si resulta un indicador construido a partir de factores de la pobreza, tales como la esperanza de vida, la educación y el ingreso.

Respecto de la distribución geográfica de la población, la mayor parte se encuentra en las zonas templadas (41%) y áridas (32%), mientras que el resto de la población se localiza en el trópico (26%) (SEMARNAP 2000). En términos de densidad de población, las zonas templadas resultan las más densamente pobladas, con más de 80 personas por km<sup>2</sup>, mientras que las zonas tropicales tienen cerca de 40 y las áridas poco más de 30.

No sólo resulta relevante la distribución poblacional por tipo de ecosistema, sino que la distribución altitudinal de la población tiene importantes implicaciones sobre los patrones de uso de los recursos naturales: un tercio de la población habita por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, donde se concentra el 80% del agua dulce disponible. Otro tercio vive entre los 500 y 2,000 metros con el 15% del agua dulce disponible y finalmente, el tercio restante, que vive por encima de los 2000 metros, y que cuenta con tan sólo el 5% del agua dulce disponible.

Independientemente de los aspectos tecnológicos, de los patrones de consumo y de la intensidad de la actividad de la que se trate, la densidad y el creci-

CUADRO 1.6. POBLACIÓN URBANA Y RURAL POR ENTIDAD FEDERATIVA (MILES DE HABITANTES), 2000

Entidad federativa	Población total	Población urbana		Población rural	
		Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
Aguascalientes	944	758	80.23	187	19.77
Baja California	2,487	2,278	91.58	209	8.42
Baja California Sur	424	345	81.30	79	18.70
Campeche	691	490	70.99	200	29.01
Coahuila	2,298	2,055	89.41	243	10.59
Colima	543	464	85.59	78	14.41
Chiapas	3,921	1,792	45.70	2,129	54.30
Chihuahua	3,053	2,519	82.52	534	17.48
Distrito Federal	8,605	8,585	99.76	20	0.24
Durango	1,449	924	63.79	525	36.21
Guanajuato	4,663	3,134	67.21	1,529	32.79
Guerrero	3,080	1,703	55.31	1,376	44.69
Hidalgo	2,236	1,103	49.32	1,133	50.68
Jalisco	6,322	5,345	84.55	977	15.45
México	13,097	11,304	86.31	1,792	13.69
Michoacán	3,986	2,607	65.40	1,379	34.60
Morelos	1,555	1,329	85.43	227	14.57
Nayarit	920	590	64.16	330	35.84
Nuevo León	3,834	3,581	93.41	253	6.59
Oaxaca	3,439	1,531	44.53	1,907	55.46
Puebla	5,077	3,467	68.28	1,610	31.72
Querétaro	1,404	949	67.57	455	32.43
Quintana Roo	875	722	82.46	153	17.53
San Luis Potosí	2,299	1,358	59.04	942	40.95
Sinaloa	2,537	1,710	67.42	826	32.58
Sonora	2,217	1,842	83.09	375	16.91
Tabasco	1,892	1,017	53.74	875	46.27
Tamaulipas	2,753	2,352	85.42	401	14.58
Tlaxcala	963	755	78.46	207	21.55
Veracruz	6,909	4,080	59.05	2,829	40.95
Yucatán	1,658	1,349	81.34	310	18.66
Zacatecas	1,354	722	53.35	632	46.65
Nacional	97,485	72,760	74.64	24,724	25.36

Nota: Se consideran poblaciones rurales las menores a 2,500 habitantes y urbanas las de 2,500 habitantes y más. La suma de algunos parciales no coincide debido al redondeo en las cifras.  
Fuente: INEGI 2001a.

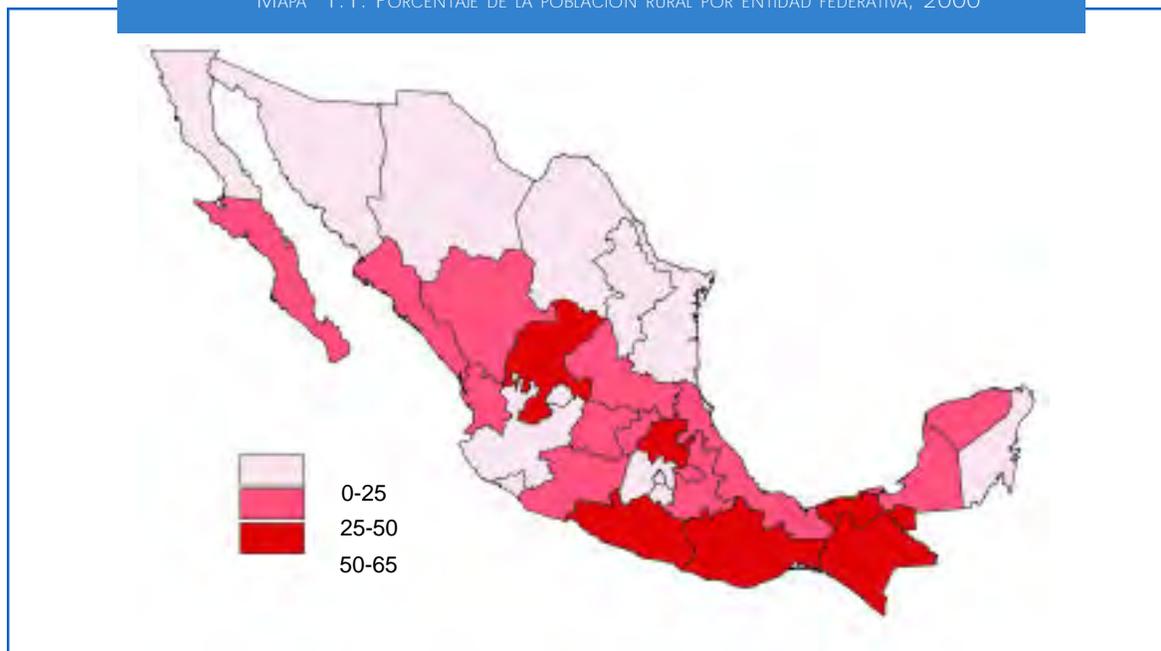
miento demográfico están relacionados positivamente con presiones antropogénicas sobre una base ecológica finita. Particularmente, la densidad de la población rural es un eslabón indicativo de una apropiación más extensiva de la productividad primaria del territorio, lo que desplaza y reduce los espacios y ecosistemas naturales.

El crecimiento poblacional tiene un impacto significativo en términos de mayores presiones socioeconómicas y ambientales, por lo que es considerado como de efectos contrarios a la sustentabilidad.

## El empleo

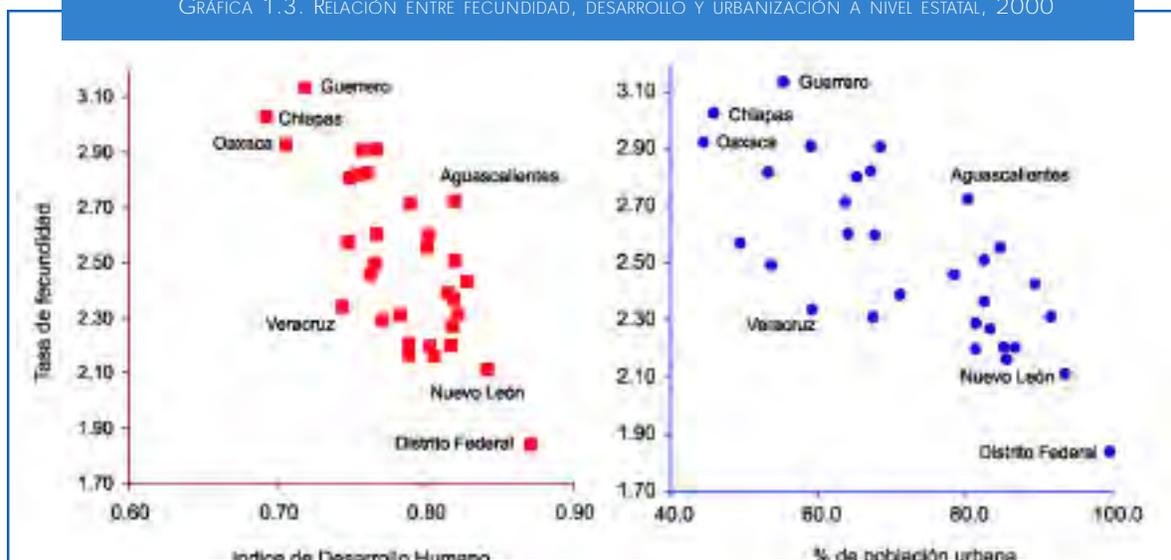
Por su parte, la población económicamente activa en el sector primario ejerce presiones directas sobre los ecosistemas y los recursos naturales a través de la agricultura y la ganadería, con un amplio impacto territorial en la ocupación y transformación de los espacios naturales. Asimismo, una mayor proporción de la población económicamente activa dedicada al sector primario se encuentra en condiciones de pobreza.

MAPA 1.1. PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN RURAL POR ENTIDAD FEDERATIVA, 2000



Fuente: INEGI 2001a.

GRÁFICA 1.3. RELACIÓN ENTRE FECUNDIDAD, DESARROLLO Y URBANIZACIÓN A NIVEL ESTATAL, 2000



Fuente: CONAPO 2001b.

De acuerdo con la gráfica 1.4, entre 1950 y 2000, la participación de la población económicamente activa en el sector primario se redujo de casi 60% a menos del 20%. Esta disminución se encuentra relacionada con la reducción de la población rural en el mismo periodo de casi 60% de la población a poco más de la cuarta parte (ver cuadro 1.1). También, encontramos que la producción del sector agropecuario representa menos del 5% del total nacional. Esta asimetría económico-demográfica tiene un gran poder explicativo sobre los problemas estructurales de pobreza en nuestro país, en la medida en que casi una quinta parte de la población económicamente activa genera menos de la vigésima parte de la riqueza nacional y está concentrada en la población rural dedicada a actividades agropecuarias.

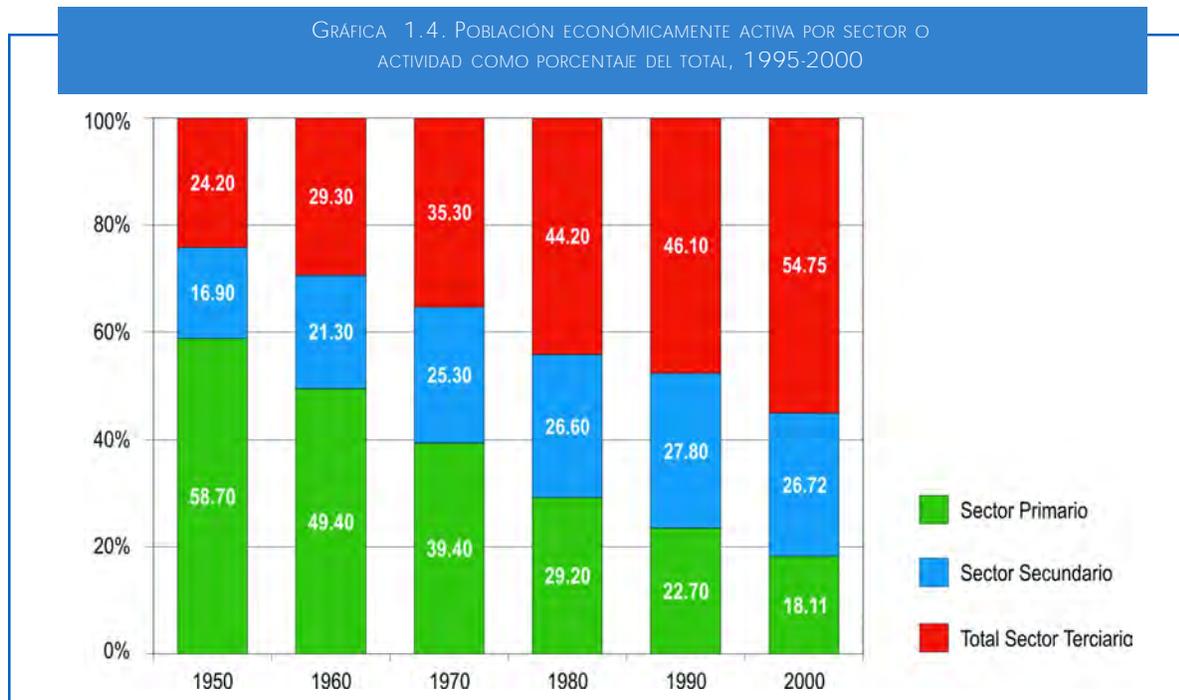
Finalmente, la población económicamente activa en el sector primario ejerce presiones directas sobre ecosistemas y recursos naturales a través de la agricultura y la ganadería, con un amplio impacto territorial en la ocupación y transformación de los espacios naturales. Esto se debe en gran medida a la combinación de usos y costumbres, estancamiento tecnológico y baja productividad, que se asocia con la perpetuación de los niveles de pobreza.

## La pobreza

Otro de los elementos del contexto que debe tomarse en cuenta para entender la situación y las perspectivas ambientales del país es la pobreza. La experiencia ha mostrado, que por un lado, la población pobre se convierte en uno de los grupos más vulnerables a la degradación ambiental, al no permitirle a los hogares tomar acciones para evitar o mitigar los impactos negativos ocasionados por el deterioro ambiental y, por el otro, esta marginación promueve un uso más acelerado de los recursos naturales dadas las necesidades del consumo presente, lo cual limita las opciones de inversión de los hogares para lograr un uso eficiente de sus recursos.

La pobreza es, sin embargo, un concepto complejo, y las mediciones de la misma son a menudo muy polémicas. En este caso, se presentan las estimaciones desarrolladas por la Secretaría de Desarrollo Social (2003) a partir de una clasificación de tres líneas de referencia: pobreza alimentaria, desarrollo de capacidades y de patrimonio.<sup>1a, b, c</sup>

En el año 2002, uno de cada cinco hogares del país se hallaba en condiciones de pobreza alimentaria, mientras que casi uno de cada tres hogares se



Fuente: INEGI 2003d.

encontraba por debajo del umbral de ingreso para el desarrollo de capacidades y casi la mitad de los hogares presentaba recursos insuficientes para el desarrollo de patrimonio. Al ser los hogares con mayor nivel de pobreza también los más grandes, la proporción de personas en los diversos niveles de pobreza es aún mayor. Ahora bien, la pobreza en México tiene un carácter fundamentalmente rural. En el cuadro 1.7 observamos que en los hogares rurales tres de cada diez tienen condiciones de pobreza alimentaria, uno de cada tres no cuenta con los recursos para el desarrollo de capacidades, mientras que tres de cada cinco enfrentan problemas relacionados con el desarrollo de su patrimonio. Por su parte, en zonas urbanas sólo uno de cada doce presentan pobreza alimentaria, uno de cada ocho presentan imposibilidad de desarrollo de capacidades y uno de cada tres tiene incapacidad en el desarrollo del patrimonio. Observamos también que por cada hogar con pobreza alimentaria e imposibilidad de desarrollo de capacidades en el sector urbano, hay tres en el sector rural, mientras que por cada hogar con incapacidad para el desarrollo de patrimonio en las zonas urbanas hay aproximadamente dos que enfrentan este problema en el ámbito rural.

En este sentido, las estadísticas reflejan que la pobreza rural no sólo es mayor en todos los niveles, sino que es más profunda, es decir, la brecha entre su ingreso promedio y el requerido para superar el nivel de pobreza es mayor que para los hogares urbanos (SEDESOL 2003). De la misma manera, los hogares en localidades rurales tienen un menor acceso a los servicios públicos respecto a las localidades urbanas (cuadro 1.8).

### Diversidad cultural

La población hablante de lengua indígena del país, alcanza los 12 millones de personas, lo que ubica a México como el octavo país con mayor presencia étnica. Estos grupos tienen una gran diversidad cultural, de la cual sus más de 60 lenguas indígenas son un ejemplo representativo. En lo económico, el 70% de la población económicamente activa de las comunidades indígenas es fundamentalmente agrícola, lo que contrasta fuertemente con el resto de la población.

El territorio habitado por grupos indígenas corresponde a la quinta parte del total nacional, la cual no sólo es importante en términos ambientales

CUADRO 1.7. POBREZA EN LAS ZONAS URBANAS Y RURALES COMO PORCENTAJE DE PERSONAS Y HOGARES, 2003

Clasificación	Personas	Urbana	Rural	
		Hogares	Personas	Hogares
Pobreza alimentaria	11.4	8.5	34.8	28.5
Desarrollo de capacidades	16.0	12.2	43.8	36.5
Desarrollo de patrimonio	42.0	35.4	67.5	59.4

Fuente: SEDESOL 2003.

CUADRO 1.8. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS EN LOS HOGARES DE LOCALIDADES RURALES Y URBANAS, 2000

Servicios	Rural (%)	Urbano (%)
Agua entubada	68.7	94.9
Drenaje	38.2	90.4
Energía eléctrica	84.6	98.2

Nota: Se consideran localidades rurales las menores de 2,500 habitantes y urbanas las de 2,500 habitantes y más.  
Fuente: INEGI 2001a.

por su extensión, sino porque representan las regiones biológicamente más diversas del país. De hecho, el 60 % de las zonas forestales están en zonas indígenas. Esto implica que las estrategias de conservación tengan que tomar en cuenta las particularidades de los pueblos indígenas, ya que son actores clave para asegurar la conservación de la diversidad biológica del país.

### Dimensión económica

En el plano económico nacional, la década de los noventa fue exitosa en materia de crecimiento real del ingreso.

Como puede apreciarse en el cuadro 1.9 el Producto Interno Bruto aumentó considerablemente entre 1990 y 2000; esto representa una tasa promedio de 4% anual en términos reales (incluyendo la contracción de la economía de 1995), un nivel elevado en comparación con periodos anteriores, y respecto del crecimiento de otros países.

También es importante destacar que el crecimiento per capita de la economía<sup>2</sup> fue igualmente significativo durante dicho decenio, puesto que se observan tasas de crecimiento superiores al 2% después de la crisis económica de 1995.

## Patrones de consumo y generación de residuos

Por otra parte, el nivel de ingresos de la población tiene una influencia directa en el consumo. Los mayores niveles de ingreso en ciertos estratos de la población han traído como consecuencia un cambio importante en los patrones de consumo. Considérese por ejemplo lo sucedido en relación con el número de vehículos en circulación, el cual se ha triplicado de 1980 al 2001, llegando a más de 18 millones de vehículos (cuadro 1.11), un ritmo de crecimiento superior al de la economía en su conjunto.

De la misma manera, este aumento en el ingreso disponible repercute directamente en el volumen de residuos generados ya que estos se encuentran directamente relacionados con el nivel y características del consumo de bienes y servicios. Pese a que en México aún no se han estimado los factores de generación de residuos en función del nivel de ingreso de los habitantes, en el cuadro 1.12 y gráfica 1.5 se presenta una estimación preliminar<sup>3</sup> que nos permite obtener una aproximación al volumen de residuos que generan los diferentes estratos de la población según su decil de ingreso.

Estos resultados nos indican que los estratos más ricos de la población tienden a generar un mayor volumen de residuos. De hecho, el 20% más rico de la población genera casi el 30% de los residuos.

## Comercio internacional

Como se observa en el cuadro 1.13, en el periodo que va de 1988 a 2001 todos los sectores productivos incrementaron sus exportaciones en términos reales (pesos de 1999). Para el sector primario (actividades agropecuarias, silvicultura y pesca) hubo un crecimiento casi del 100%. El sector manufacturero creció más de 300%. Sin embargo, este crecimiento es superado por la actividad maquiladora, que incrementó sus exportaciones en más de 500%. Finalmente, el resto de las exportaciones (incluyendo a las de petróleo), tuvieron variaciones menos significativas con respecto a los otros rubros. Este comportamiento es representado en la gráfica 1.6.

En cuanto a las importaciones (cuadro 1.14), para el año 2001 nuestro país incrementó casi en 300% sus compras de bienes de consumo con respecto a 1990; un comportamiento similar ocurrió en el caso

CUADRO 1.9. PRODUCTO INTERNO BRUTO,<sup>1</sup> 1988-2001

Año	Términos absolutos			Per cápita		
	Miles de millones de pesos corrientes	Miles de millones de pesos de 1993	Crecimiento real anual (%)	Miles de pesos corrientes	Miles de pesos de 1993	Crecimiento real anual (%)
1988	416	1,042	n.d.	5.1	12.7	n.d.
1989	549	1,086	4.20	6.6	13.0	2.06
1990	739	1,141	5.07	8.7	13.4	2.97
1991	949	1,189	4.22	10.9	13.7	2.19
1992	1,125	1,232	3.63	12.7	13.9	1.66
1993	1,256	1,256	1.95	13.9	13.9	0.08
1994	1,420	1,312	4.42	15.4	14.3	2.58
1995	1,837	1,231	-6.17	19.6	13.1	-7.74
1996	2,526	1,294	5.15	26.6	13.6	3.49
1997	3,174	1,382	6.77	32.9	14.3	5.19
1998	3,846	1,451	5.03	39.3	14.8	3.55
1999	4,594	1,504	3.62	46.3	15.2	2.22
2000	5,491	1,603	6.56	54.6	15.9	5.18
2001	5,829	1,600	-0.17	57.2	15.7	-1.4

1. Con base en cifras definitivas (a precios de mercado) del Sistema de Cuentas Nacionales de México de 1988 a 2001. Los cálculos en términos per cápita se realizaron con base en las estimaciones y proyecciones de población a mitad de año del CONAPO, actualizadas en los datos definitivos del XII Censo General de Población y Vivienda de 2000.

n.d. = No disponible.

Fuente: INEGI 2003d.

CUADRO 1.10. DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO CORRIENTE Y MONETARIO DE LOS HOGARES (PORCENTAJE),  
POR DECIL DE INGRESO<sup>1</sup>

Decil <sup>2</sup>	1994		1998		2002	
	Ingreso corriente <sup>3</sup>	Ingreso monetario <sup>4</sup>	Ingreso corriente	Ingreso monetario	Ingreso corriente	Ingreso monetario
1	1.6	1.0	1.5	0.9	1.6	1.2
2	2.8	2.3	2.7	2.2	2.9	2.5
3	3.7	3.3	3.6	3.2	3.9	3.6
4	4.6	4.3	4.7	4.3	4.9	4.7
5	5.7	5.3	5.8	5.5	6.1	5.9
6	7.1	6.7	7.2	6.9	7.4	7.3
7	8.7	8.4	8.9	8.8	9.2	9.1
8	11.3	11.2	11.5	11.6	11.9	11.8
9	16.1	16.3	16.0	16.4	16.4	16.7
10	38.4	41.2	38.1	40.2	35.6	37.1

1. Datos de las encuestas nacionales de ingresos y gastos de los hogares, levantadas del 21 de agosto al 17 de noviembre de los años señalados, con procedimientos de colección homogéneos. El periodo mencionado se toma de referencia para estandarizarlos de manera trimestral. La suma de los parciales puede no coincidir con el total debido al redondeo de las cifras.

2. Los deciles de hogares se determinan de acuerdo con su ingreso corriente total trimestral. Los hogares que tienen cero ingresos corrientes monetarios, se clasificaron en el primer decil. Aunque cada decil tiene el mismo número de hogares su ordenamiento y distribución es diferente al que resulta de ordenar los hogares de acuerdo con su ingreso corriente total y corriente monetario.

3. Son las percepciones en efectivo y/o en especie que recibieron los miembros del hogar durante el periodo de referencia a cambio de la venta de su fuerza de trabajo a una empresa, institución o patrón, o bien el ingreso en efectivo y/o en especie de un negocio agropecuario o no agropecuario propiedad de algún miembro del hogar, incluyendo también los alquileres, intereses, dividendos y regalías derivados de la posesión de activos físicos o no físicos, los rendimientos derivados de cooperativas, las transferencias recibidas que no constituyeron un pago por trabajo y otros ingresos corrientes recibidos por los miembros del hogar, así como el valor estimado a precios de consumo final, de los productos y/o servicios de consumo final y privado obtenidos por autoconsumo, pago en especie, regalos y la estimación del alquiler de la vivienda.

4. Son las percepciones en efectivo que recibieron los miembros del hogar durante el periodo de referencia a cambio de la venta de su fuerza de trabajo a una empresa, institución o patrón, o bien el ingreso en efectivo y/o en especie de un negocio agropecuario o no agropecuario propiedad de algún miembro del hogar, incluyendo también los alquileres, intereses, dividendos y regalías derivados de la posesión de activos físicos y no físicos, los rendimientos derivados de cooperativas, las transferencias recibidas que no constituyeron un pago por trabajo y otros ingresos corrientes.

Fuente: INEGI 2003d.

CUADRO 1.11. PARQUE VEHICULAR EN CIRCULACIÓN POR TIPO (MILES DE UNIDADES), 1980-2001

Año	Total de vehículos	Tipo de vehículo			
		Automóviles	Pasajeros	Carga	Motos
1980	5,758	3,950	60	1,471	277
1989	9,239	6,219	91	2,704	224
1990	10,166	6,839	95	2,982	250
1991	10,887	7,220	98	3,306	262
1992	11,622	7,745	95	3,506	275
1993	12,007	8,112	86	3,609	200
1994	11,750	7,772	116	3,643	220
1995	11,962	8,074	122	3,629	137
1996	12,396	8,437	98	3,674	186
1997	13,245	9,023	127	3,907	188
1998	14,279	9,761	179	4,104	235
1999	15,127	10,281	203	4,366	277
2000	16,508	10,985	205	5,009	309
2001	18,338	12,270	275	5,497	296

Fuente: INEGI 2003e.

CUADRO 1.12. DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO CORRIENTE DE LOS HOGARES Y SU VOLUMEN DE RESIDUOS GENERADOS (PORCENTAJE), POR DECIL DE INGRESO, 2000

Decil	Ingreso corriente	Volumen de residuos generados
1	1.5	4.2
2	2.6	6.1
3	3.6	7.1
4	4.6	8.2
5	5.7	9.5
6	7.1	10.9
7	8.8	11.3
8	11.2	13.4
9	16.1	14.4
10	38.7	14.8

Fuente: INEGI 2001b.

de los bienes de uso intermedio (lo cual se explica por las maquiladoras que tienen un proceso de ensamblaje y requieren este tipo de bienes). El crecimiento de la importación de bienes de capital

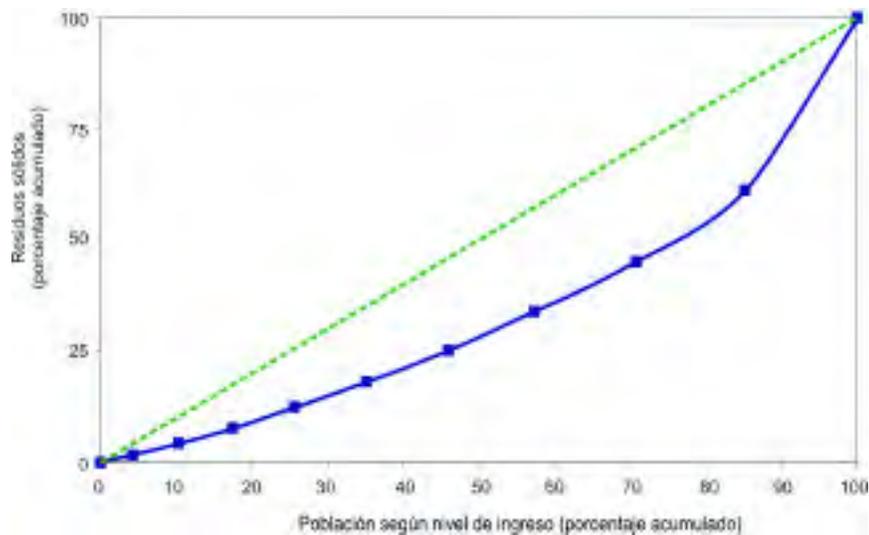
fue superior al 200% en el mismo periodo. Estas tendencias se pueden observar en la gráfica 1.7. Esta intensificación de las exportaciones ha significado tanto un aumento en el uso de los recursos naturales como una menor presión por otros que están siendo importados. Resulta notable que crecieron todos los impactos sobre los componentes ambientales usados por el sector manufacturero y las maquilas, mientras que disminuyó la presión sobre los recursos petroleros como fuente de divisas.

### Inversión extranjera

Factores como la celebración de tratados internacionales (como el Tratado de Libre Comercio con América del Norte) y la aceptación del modelo exportador y de las privatizaciones han generado un panorama favorable para la inversión extranjera y particularmente en la industria de la transformación (maquilas).

De esta manera, y analizando el desempeño de la inversión extranjera directa total (cuadro 15), la perspectiva resulta alentadora, ya que en el periodo 1994-2001 creció 1.5 veces. Sin embargo, este com-

GRÁFICA 1.5. VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS SEGÚN EL NIVEL DE INGRESO DE LA POBLACIÓN, 2000



Fuentes: INEGI 2001b, SEDESOL 2001.

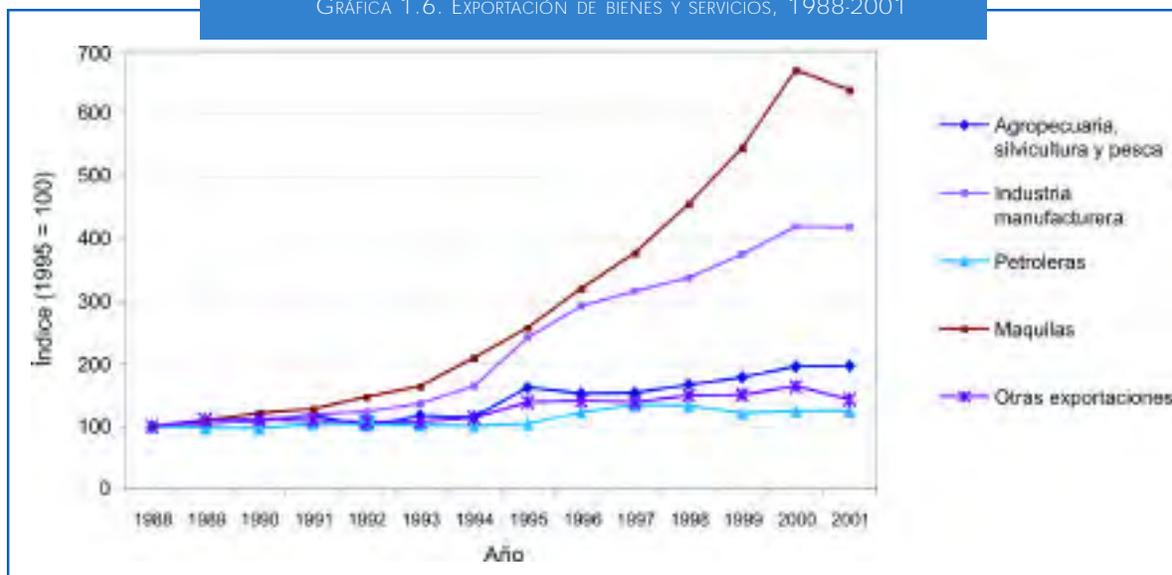
CUADRO 1.13. EXPORTACIONES DE BIENES Y SERVICIOS, 1988-2001<sup>1</sup>

Año	Agropecuaria, silvicultura y pesca	Industria manufacturera	Petroleras	Maquilas	Otras exportaciones
1988	5.8	48.1	19.7	41.5	29.2
1989	6.1	49.6	19.2	45.5	32.2
1990	6.3	53.1	19.0	50.2	32.1
1991	6.9	57.0	20.4	52.8	31.7
1992	5.8	59.4	20.2	60.7	31.1
1993	6.8	65.4	20.1	68.2	31.1
1994	6.7	78.6	19.9	87.4	33.1
1995	9.4	116.5	20.4	107.3	40.2
1996	8.9	140.5	24.1	132.8	41.0
1997	8.9	152.2	26.4	156.7	40.3
1998	9.7	162.4	26.1	189.3	43.5
1999	10.4	180.4	23.8	226.2	43.8
2000	11.4	201.8	24.6	278.5	47.8
2001	11.4	201.5	24.5	264.7	41.6

1. Las sumas de los parciales pueden no coincidir con los totales debido al redondeo de las cifras. Los datos en miles de millones de pesos de 1999.

Fuente: INEGI 2003d.

GRÁFICA 1.6. EXPORTACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS, 1988-2001



Fuentes: INEGI 2003d.

portamiento no es generalizado, pues la inversión en la industria de la transformación aumentó 45% en seis años, y en el año 2001 alcanzó niveles por debajo de 1994. La inversión en comercio siguió un comportamiento similar. La responsable de la tendencia total es la inversión en servicios, la cual ha crecido en un factor de 5. En lo que se refiere a la inversión extranjera directa por país de origen, en el periodo de 1994 al 2001, Estados Unidos de América representó un porcentaje superior al 70%.

La gráfica 1.8 ofrece un panorama temporal de la importancia de cada sector en lo referente a la inversión extranjera directa. Nótese que la industria de la transformación captaba casi el 60% de la inversión extranjera directa hasta el 2000. En el año 2001 observamos un declive que le lleva a captar menos del 20%, mientras que el sector servicios representó más del 60%.

### Cuentas nacionales ambientales

Una práctica cotidiana en la contabilidad nacional en el cálculo del producto interno neto es el restar al valor agregado de la producción el monto de la depreciación del capital físico, con el propósito de no incluir valor generado a costa del agotamiento del capital físico, lo cual no es riqueza adicional, sino

CUADRO 1.14. IMPORTACIONES TOTALES POR TIPO DE BIENES (FOB), 1990-2001<sup>1</sup>

Año	Bienes de consumo	Bienes de uso intermedio	Bienes de capital
1990	5.1	29.7	6.8
1991	5.8	35.5	8.6
1992	7.7	42.8	11.6
1993	7.8	46.5	11.1
1994	9.5	56.5	13.3
1995	5.3	58.4	8.7
1996	6.7	71.9	10.9
1997	9.3	85.4	15.1
1998	11.1	96.9	17.3
1999	12.2	109.3	20.5
2000	16.7	133.6	24.1
2001	19.8	126.1	22.5

1. FOB, libre a bordo. La suma de los parciales puede no coincidir con el total debido al redondeo de las cifras. Cantidades en miles de millones de dólares  
Fuente: INEGI 2002.

simple- mente la transformación de un bien de capital a uno de consumo. Ahora bien, hasta fechas recientes, esta práctica no había considerado que una conversión similar sucediera cotidianamente con el

GRÁFICA 1.7. IMPORTACIONES TOTALES POR TIPO DE BIENES (FOB) 1990-2002



Fuente: INEGI 2003d.

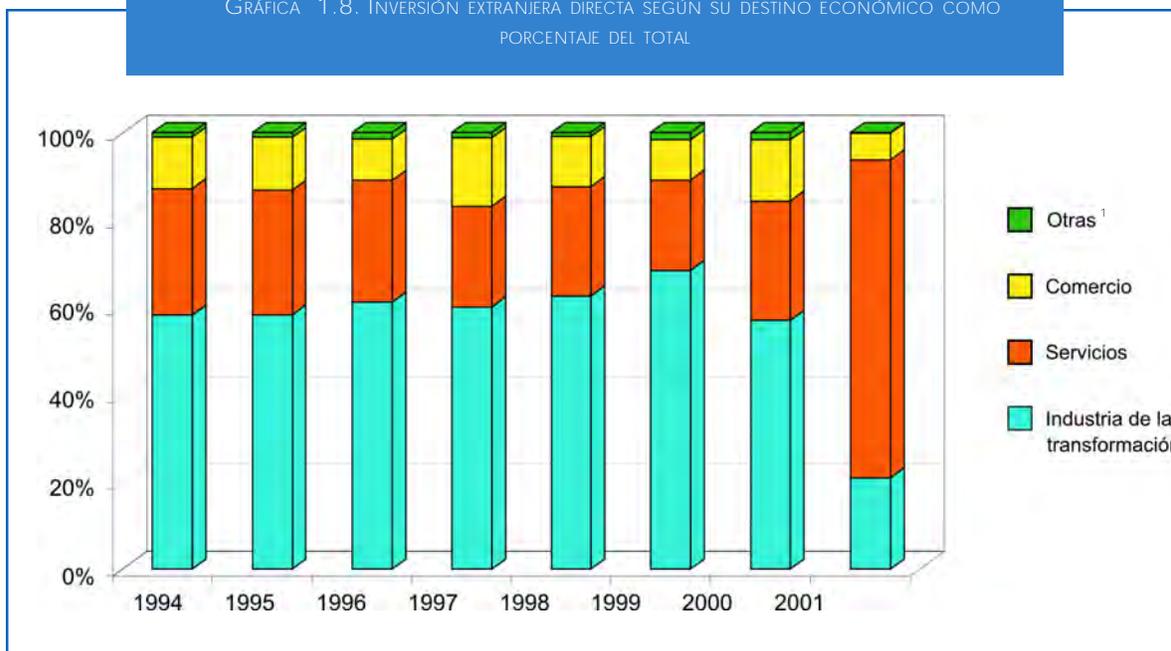
CUADRO 1.15. INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA SEGÚN SU DESTINO ECONÓMICO, 1994-2001<sup>1</sup>

Año	Total	Industria de la transformación	Servicios	Comercio	Otras
1994	10,639.8	6187	3093.5	1250.7	108.6
1995	8,324.8	4848.7	2377.3	1008.6	90.2
1996	7,708.3	4710.6	2155.3	726.9	115.5
1997	12,132.9	7284.2	2808.8	1899.7	140.2
1998	8,157.3	5104.7	2039.9	941.6	71.1
1999	13,007.2	8910.6	2679.2	1209.4	208
2000	15,847.4	9026.8	4344	2209.5	267.1
2001	26,109.4	5453.7	19036.1	1581.8	37.8

1. Cifras en millones de dólares. Incluye las importaciones temporales de activo fijo por parte de empresas maquiladoras. A partir de 1994 datos revisados y actualizados por la dependencia responsable al 31 de marzo de 2003. Las cifras anteriores a 1994 no son comparables -y, por ende, no es válido sumarlas- respecto de años posteriores, debido a que las metodologías utilizadas en ambos periodos son incompatibles. Antes de 1994 la Inversión Extranjera Directa anual se integraba con los montos notificados al Registro Nacional de Inversiones Extranjeras en cada año (sin tomar en cuenta el rezago mencionado con respecto a las fechas en las que se realizaban las inversiones), más los montos involucrados en los proyectos autorizados por la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras (sin considerar que la aprobación de un proyecto no garantiza su realización). Por ello, la adición de los montos reportados al Registro Nacional de Inversiones Extranjeras con los aprobados por la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras implicaba la combinación de inversiones realizadas con proyectos a realizar. Para el periodo 1994-1998, la inversión extranjera directa se integra con los montos notificados al Registro Nacional de Inversiones Extranjeras y materializada en el año de referencia, más importaciones de activo fijo por parte de maquiladoras. A partir de 1999, se incluyen además los conceptos de nuevas inversiones fuera de capital social, reinversión de utilidades y cuentas entre compañías que se han notificado al Registro Nacional de Inversiones Extranjeras. Estas cifras no incluyen las estimaciones de la IED aún no notificada al RNIE, debido a que no se cuenta con la desagregación por país de origen ni por sector de destino de la IED.

Fuente: Secretaría de Economía 2002.

GRÁFICA 1.8. INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA SEGÚN SU DESTINO ECONÓMICO COMO PORCENTAJE DEL TOTAL



1. Incluye las importaciones temporales de activo fijo por parte de empresas maquiladoras.

Fuente: Secretaría de Economía 2002.

llamado capital natural. Los recursos naturales, esto es, los bosques, el agua, el petróleo, el aire, la vida silvestre, etcétera, forman parte del capital natural que continuamente es degradado y agotado durante los procesos de producción y consumo, lo que implica la reducción del acervo o del deterioro del capital natural. Las cuentas nacionales no han típicamente incorporado este hecho, y por tanto, sobreestiman el verdadero valor agregado de la producción interna del país.

Los niveles de agotamiento y degradación del medio ambiente como resultado de la actividad productiva se ilustra más claramente en el cuadro 1.16, donde se muestra la disminución en los balances físicos de los recursos naturales entre 1995 y 2000. En concreto, se observa que el volumen de madera en los bosques disminuyó 4.5%; las reservas probadas de petróleo son menores en 9.5%. A finales del año 2000, contábamos con 11.5% de menor disponibilidad de agua. La contaminación al aire, suelo y agua se incrementó en 37.7%, 24.1% y 10.7% respectivamente. La erosión creció en 19.5%.

En nuestro país, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) lleva varios años desarrollando y aplicando una metodología para incorporar este agotamiento y degradación ambientales dentro de las cuentas nacionales, y publica periódicamente el llamado Producto Interno Neto Ecológico. Si bien estamos muy lejos de contar con cuentas precisas, los resultados a la fecha de esta estimación muestran el gran impacto que tiene la omisión del capital natural en la contabilidad nacional. Como se observa en el cuadro 1.17, el

agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente representa alrededor del 12% del Producto Interno Neto.

Por su parte, el cuadro 1.18 muestra el Producto Interno Neto (PIN) y Producto Interno Neto Ecológico (PINE) generado por cada sector económico y ejemplifica la relevancia de incluir en las cuentas nacionales el enfoque ecológico, ya que permite reconsiderar la importancia de las actividades económicas en la generación de riqueza a nivel nacional. El caso más ilustrativo es la extracción de petróleo, actividad que equivale al 0.64% del PIN, pero en el PINE equivale a -0.09% por ser una industria basada en gran medida en el agotamiento de un recurso natural. En cambio, la actividad agrícola aporta 2.03% al PIN, pero 2.18% al PINE.

## Gestión de los recursos naturales

Un elemento importante del contexto es el relativo a cómo México gestiona los recursos naturales. Tierra, agua, vida silvestre, bosques, residuos, minería y recursos pesqueros tienen un marco legal muy peculiar que determina no sólo aspectos de propiedad y responsabilidad, sino que acota las posibilidades de respuesta del Estado y las libertades de los individuos para hacer uso de los recursos naturales y el medio ambiente. A continuación se detalla brevemente cada uno de estos rubros.

En relación con la gestión del territorio, el régimen legal mexicano establece la propiedad original del Estado, pero ha transmitido el dominio de las tie-

CUADRO 1.16. BALANCES FÍSICOS DE LOS RECURSOS NATURALES, 1995 Y 2000

Recursos	Unidad de medida	1995	2000	Tasa de cambio
Forestal (bosques) <sup>1</sup>	Millones de m <sup>3</sup>			
	de madera en rollo	2,420	2,311	4.5
Petróleo (reservas probadas) <sup>1</sup>	Millones de barriles	62,058	56,154	9.5
Agua (disponibilidad) <sup>1</sup>	Millones de m <sup>3</sup>	-4,204	-4,686	-11.5
Contaminación del aire por emisiones primarias <sup>2</sup>	Miles de toneladas	36,901	50,828	-37.7
Contaminación del suelo por residuos sólidos municipales <sup>2</sup>	Miles de toneladas	29,870	37,072	-24.1
Contaminación del agua por principales contaminantes <sup>2</sup>	Millones de m <sup>3</sup>	18,513	20,495	-10.7
Erosión de suelos <sup>3</sup>	Miles de toneladas	590,183	705,330	-19.5

1. Balance de apertura + / - cambios = balance de cierre.

2. Flujo de emisiones contaminantes.

3. Pérdida del suelo (flujo).

Fuente: INEGI 2002a.

CUADRO 1.17. PRODUCTO INTERNO NETO ECOLÓGICO, 1995-2000

Año	Producto Interno Neto, a precios de mercado	Costos totales por agotamiento y degradación	Costos totales por agotamiento y degradación como porcentaje del producto interno neto (%)	Producto Interno Neto Ecológico
1995	1,626.2	198.9	12.2	1,427.2
1996	2,252.5	258.9	11.5	1,993.6
1997	2,850.8	339.1	11.9	2,511.6
1998	3,449.1	416.3	12.1	3,032.8
1999	4,131.8	502.2	12.2	3,629.7
2000	4,961.8	573.0	11.5	4,388.8

Cifras en miles de millones de pesos corrientes  
Fuente: INEGI 2002a.

CUADRO 1.18. SUPERFICIE DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (MILES DE HECTÁREAS)

Año	Parques nacionales	Reserva de la biosfera	Área de protección de recursos	Área de protección de flora y fauna	Monumentos naturales	Otras categorías	Santuarios <sup>4</sup>	Total <sup>3</sup>	% de la superficie total
1991	749.5	4,481.7	183.6	2,792.7	6.0	602.2		8,815.7	4.5
1992	801.7	4,846.2	183.6	2,804.9	13.0	602.2		9,251.7	4.7
1993	801.7	6,508.7	183.6	2,804.9	13.0	602.2		10,914.1	5.6
1994	1,135.5	7,279.3	183.6	4,323.0	13.0	602.2		13,536.6	6.9
1995	1,142.6	7,591.5	183.6	4,323.0	13.0	602.2		13,855.9	7.1
1996	1,369.9	7,735.8	183.6	4,415.9	13.0	602.2		14,320.4	7.3
1997	1,369.9	8,119.4	183.6	4,415.9	13.0	602.2		14,704.0	7.5
1998	1,396.0	8,799.6	183.6	4,423.1	13.0	602.2		15,417.5	7.8
1999 <sup>1</sup>	1,397.1	9,201.9	183.6	4,423.1	14.1	602.2		15,821.9	8.1
2000 <sup>1</sup>	1,346.3	10,436.3	183.6	4,473.9	14.1	602.2		17,056.6	8.6
2001	1,346.3	10,436.3	183.6	4,473.9	14.1	602.2		17,056.6	8.6
2002	1,346.3	10,466.5	223.1	4,847.3	14.1	602.2	2.5 <sup>4</sup>	17,502.2	8.9
2003	1,397.1	10,479.5	39.7	5,558.6	14.1	366.3	0.7	17,856.2	9.1

1. Las diferencias de superficies entre 1999 y 2000, se generaron a partir de las publicaciones de decreto de creación, redelimitación y recategorización de las áreas naturales protegidas entre septiembre y noviembre de 2000.

2. En 2002 se decretan por primera vez dos áreas con la categoría de santuarios, una más de las categorías consideradas en la LGEEPA.

3. Los datos son susceptibles de cambiar con posterioridad a consecuencia de adiciones o supresiones, conforme al análisis y evaluación de las áreas naturales protegidas para su recategorización, derogación, abrogación y en su caso, por las precisiones.

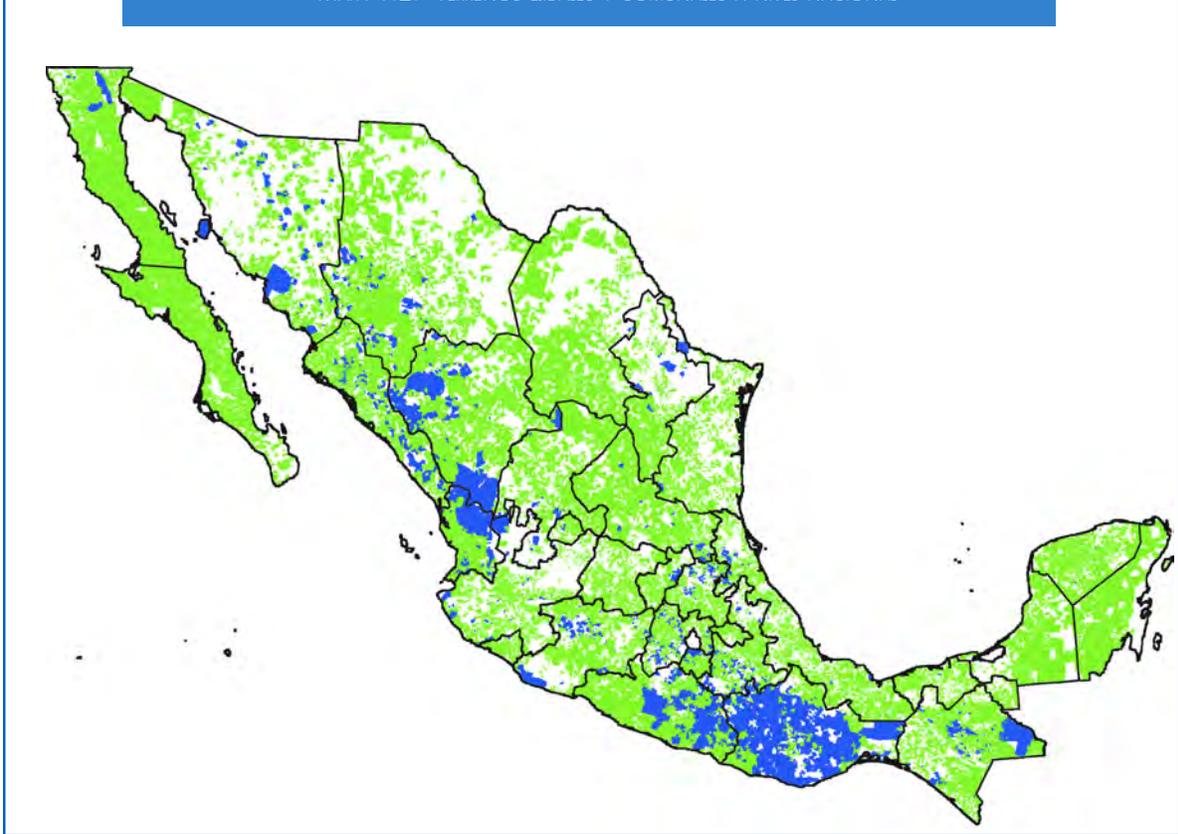
4. Incluye porciones continentales y marinas (sin desglosarse). Base de cálculo 196,437,500 ha.

Fuente: CONANP 2003a.

rras a particulares. Dentro de la propiedad privada, existen dueños individuales y colectivos, estos últimos bajo diversas formas de propiedad tales como ejidos y comunidades que fueron dotados desde el periodo colonial y hasta 1992, cuando se da fin al reparto agrario. Actualmente, los ejidos y comunidades

conforman el tipo de propiedad más importante. De hecho, alrededor del 52% del territorio está en manos de 30,513 ejidos y comunidades que agrupan a más de 4 millones de comuneros y ejidatarios (Registro Agrario Nacional 2004). Dentro de las áreas con vegetación natural, la proporción de estas propieda-

MAPA 1.2. TERRENOS EJIDALES Y COMUNALES A NIVEL NACIONAL



Las zonas en azul corresponden a los terrenos comunales, mientras que las zonas en verde corresponden a los terrenos ejidales.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos del Registro Agrario Nacional 2003.

des sociales tiende a ser mayor, por lo que la importancia del manejo colectivo de recursos naturales tiene una gran relevancia en la agenda de conservación del país. En el mapa 1.2 se muestran las regiones del territorio nacional que tienen un régimen de propiedad colectiva.

El Estado tiene la facultad adicional de establecer modalidades al uso de la tierra, siendo ésta una de las formas de regulación más empleada tanto a nivel urbano como rural. De particular relevancia dentro de esta gama de modalidades es la creación de áreas naturales protegidas (cuadro 1.18). Aunque el rango de limitaciones al uso es muy diverso dentro de cada una de las categorías, todas han aumentado su superficie en la última década, para pasar de 4.5% de la superficie nacional total en 1991 a 9.1% para el año 2003.

En lo relativo al manejo de la vida silvestre, la legislación ha tenido cambios recientes en la legislación, derogándose la antigua Ley de Caza y susti-

tuyéndose por la Ley General de Vida Silvestre, misma que otorga a los propietarios o legítimos poseedores de los predios del derecho a hacer un uso sustentable de la vida silvestre en sus terrenos. Esta política de aprovechamiento ha dado como resultado durante los últimos años la creación de numerosas unidades de aprovechamiento de vida silvestre en las que se promueve un uso sustentable de la flora y fauna silvestre.

La pesca en México tiene también un marco normativo particular, el Estado ejerce control sobre la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas así como sobre las 200 millas náuticas de zona económica exclusiva. En esta última, la nación tiene que autorizar las actividades de aprovechamiento. En el ámbito económico, la actividad pesquera ha sido sujeta a diversos subsidios, dentro de los que destaca el subsidio al precio del combustible. Ese dominio de la nación también ha justificado

la creación de un sistema de áreas naturales protegidas marinas.

En México, las actividades inherentes a los recursos silvícolas se encuentran normadas por la Ley Forestal y su Reglamento. México ha tenido ocho leyes forestales emitidas en: 1884, 1926, 1938, 1942, 1960, 1986, 1992, 1997<sup>4</sup> y 2003. Más allá de sus peculiaridades, resalta la enorme inestabilidad jurídica en el manejo de un recurso que tiene largos periodos de crecimiento. Desde su primera ley, México ha tenido una nueva cada 13 años en promedio, y la situación es aún más extrema durante los últimos 18 años, en los que hemos contado con cuatro leyes. Históricamente, el centro de la atención de la legislación ha sido la producción maderable, y no fue sino hasta tiempos recientes que la legislación ha atendido otras dimensiones, tales como los productos no maderables y los servicios ambientales.

El Estado ejerce un control directo también sobre los recursos hídricos. El aprovechamiento del agua requiere de la autorización del Estado y se cobran derechos por su uso a los usuarios industriales y urbanos. Sin embargo, los sistemas de cobro son aún limitados y no todos pagan lo que consumen. Los usuarios agrícolas, que aprovechan más del 80% del agua, están exentos del cobro, así como algunas industrias que tienen un subsidio parcial. Desde un punto de vista económico, estos subsidios y fallas del sistema de cobro contribuyen a un uso excesivo del agua, ya que el usuario no enfrenta el costo real de la provisión del agua.

El aire también se encuentra bajo el control gubernamental, y está regulado en su calidad a través de normas de emisión de diversos contaminantes y fuentes. Esta normatividad es particularmente amplia

en las zonas urbanas, en las que la contaminación atmosférica representa uno de los principales problemas ambientales.

La minería y notablemente el petróleo, siguen siendo actividades sobre las que el Estado tiene un interés particular. Siendo estas actividades de interés público, la ley Minera establece que estas actividades tienen preferencia por encima de otros usos alternativos del terreno. En el caso de la actividad petrolera, la única empresa productora, PEMEX, es una paraestatal que ayuda de manera significativa a complementar la recaudación.

Finalmente, en lo relativo a los residuos, la legislación otorga atribuciones diferenciadas a los diferentes niveles de gobierno, siendo los municipios los encargados de los servicios de limpieza y la disposición de los residuos urbanos. A nivel federal se regula el manejo de los residuos considerados como peligrosos y de manejo especial.

En este apartado se han presentado, de manera general, algunos de los rasgos más relevantes del crecimiento dinámico y de la transformación económica de nuestro país en los últimos años. Y aunque es indudable que el incremento en el ingreso disponible, el empleo, la educación, etc. representan grandes beneficios para la población; no se puede ignorar el hecho de que estos procesos se han traducido en presiones crecientes sobre los recursos naturales, el medio ambiente y los ecosistemas del país; sobre las cuales, el gobierno y la sociedad civil están trabajando para detenerlas y en su caso revertirlas, sin embargo esto ya no es asunto de este apartado, pues estos y otros aspectos se examinan con profundidad en las siguientes secciones.

CUADRO 1.19. MARCO NORMATIVO BÁSICO PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL MEDIO AMBIENTE

Elementos del medio ambiente	Régimen de propiedad (Facultad en materia ambiental)	Modalidad de gestión	Política económica
Tierra	La Constitución establece que el régimen de propiedad en el territorio nacional corresponde originariamente a la Nación.	La Nación tiene el derecho de transmitir el dominio de las tierras a particulares, constituyendo propiedad privada. El gobierno federal puede imponer a la propiedad la modalidad que dicte el interés público, sea propiedad privada, ejidal o comunal. El Estado también ha impuesto modalidades al uso de suelo con fines ambientales, tales como las áreas naturales protegidas, tanto federales como estatales.	Corresponde a los municipios el cobro correspondiente sobre la propiedad raíz (predial). Sin embargo, sólo está gravada la propiedad privada, no así los ejidos y la propiedad comunal.
Vida silvestre	De acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, es deber de todos los habitantes del país, conservar la vida silvestre, y por lo tanto, queda prohibido todo acto que implique su destrucción, daño o perturbaciones, en perjuicio de los intereses de la Nación.	Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados, y requiere de una autorización previa.	Para la conservación de la vida silvestre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales identificará las especies y población en riesgo y prioritarias para la conservación, el hábitat para la conservación de estas especies y las vedas correspondientes para la conservación y la recuperación de las poblaciones. También se reglamentan los aprovechamientos extractivos (antes permisos de caza), así como las armas de caza y medios de captura.
Ecosistemas marinos y costeros	La Constitución prescribe que corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas. La Nación también ejerce una zona económica exclusiva que comprende 200 millas náuticas medidas a partir de la línea base desde la cual se mide el mar territorial.	Los privados pueden beneficiarse de la explotación de los recursos pesqueros, respetando los lineamientos de la Ley de Pesca. Sin embargo, se observa una explotación irracional de estos recursos, lo cual ha puesto en peligro la supervivencia de ciertas especies.	Existen ciertos beneficios fiscales en el sector pesquero como la referenciación del combustible a precios internacionales y el régimen simplificado; es decir, a los dueños de las embarcaciones se les transfieren recursos fiscales correspondientes a devoluciones aplicadas al diesel, y además pueden acreditar el Impuesto sobre la renta por el sistema de crédito sustitutivo al salario. También corresponde al Ejecutivo la determinación de Áreas Naturales Protegidas para conservar los ecosistemas marinos y costeros.

(Continúa)

CUADRO 1.19. MARCO NORMATIVO BÁSICO PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL MEDIO AMBIENTE

Elementos del medio ambiente	Régimen de propiedad (Facultad en materia ambiental)	Modalidad de gestión	Política económica
Bosques	<p>En la Constitución se señala que la Nación tiene el derecho de imponer la organización colectiva de los ejidos y comunidades, para el fomento de la silvicultura, y para evitar la destrucción de los elementos naturales. De esta manera, las decisiones individuales determinan el destino de los ecosistemas forestales de México, dentro del marco jurídico e institucional de la propiedad ejidal y comunal. Asimismo, la ley estipula que los bosques no podrán ser parcelables.</p>	<p>La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable regula y fomenta la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. En ella, se establece que el aprovechamiento forestal requiere de autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Naturales. Sin embargo, el aprovechamiento con fines comerciales no maderables requiere sólo de un aviso a la Secretaría, mientras que la colecta y uso de los recursos forestales con fines de investigación requiere de la autorización de la Secretaría.</p>	<p>Para obtener la autorización para el aprovechamiento de recursos forestales maderables es necesario presentar un programa de manejo forestal, el cual debe de incluir, entre otras cosas, las medidas para conservar y proteger el hábitat de especies de flora y fauna silvestres amenazadas o en peligro de extinción, las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales y los compromisos de forestación o reforestación.</p> <p>El pago por servicios ambientales es una opción que intenta igualar el costo de oportunidad de modificar el uso forestal del suelo para que los propietarios de predios con bosque y selva decidan conservar su actividad. Este programa inició en el 2003.</p>
Agua	<p>La Nación tiene la propiedad de las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, de acuerdo con la Constitución, y señala que los municipios son los encargados de proveer el servicio público de agua potable y alcantarillado. Asimismo, la Ley de Aguas Nacionales tiene como objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas y la preservación de su calidad.</p>	<p>La federación puede otorgar contratos, concesiones, licencias, permisos, autorizaciones y asignaciones, así como puede reconocer derechos en materia de agua a organismos públicos y a privados. Los usos del agua son: i) el uso público urbano, para cual la Comisión Nacional del Agua (CNA) asigna al sistema estatal o municipal de agua potable y alcantarillado el control sobre el agua; ii) el uso agrícola dentro del cual los ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios dispondrán del derecho de explotación; iii) el uso para la generación de energía eléctrica, en el que la CNA otorga el título de asignación a las empresas públicas y; iv) el uso en otras actividades productivas, que se refiere a la concesión a personas físicas y morales.</p>	<p>Las cuotas de los derechos por uso o aprovechamiento de aguas nacionales son diferenciales en nueve zonas de disponibilidad. Actualmente, se exenta del pago de esos derechos a usos municipales para consumo doméstico en poblaciones rurales. También hay cuotas diferenciales a los derechos de descarga y de infiltración de aguas residuales, de acuerdo con la clasificación de los cuerpos receptores. Hay subsidios muy importantes en uso para la generación de energía, y para el caso de uso agrícola hay una tarifa cero. Además, hay subsidios en las tarifas eléctricas para el bombeo de agua. En este sentido, estos subsidios producen incentivos al consumo ineficiente y distorsionan la asignación adecuada de recursos.</p>
Aire	<p>De acuerdo con la Constitución, corresponde a la Nación el dominio directo del espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el</p>	<p>De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, corresponde a la Federación la regulación de la contaminación de la atmósfera de todo tipo de fuentes emisoras, así como la prevención y el</p>	<p>Para controlar la contaminación atmosférica por parte de fuentes fijas, en la Zona Metropolitana del Valle de México, hay exenciones bajo contingencias ambientales, es decir, aquellas empresas que hayan</p>

(Continúa)

CUADRO 1.19. MARCO NORMATIVO BÁSICO PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL MEDIO AMBIENTE

Elementos del medio ambiente	Régimen de propiedad (Facultad en materia ambiental)	Modalidad de gestión	Política económica
	internacional. Asimismo, señala que el espacio situado sobre el territorio nacional dependerá directamente del Gobierno de la Federación.	control en zonas o fuentes fijas de jurisdicción federal. Por su parte, es responsabilidad de los estados la prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles. Finalmente, corresponde a los municipios, con la participación del gobierno de los estados, la aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles, o por fuentes móviles no consideradas de jurisdicción federal.	comprobado operar con tecnologías limpias podrán seguir funcionando en periodos de elevada contaminación. En el caso de fuentes móviles, existe el programa de verificación vehicular que consiste en "calificar" a los automóviles y camiones con respecto a su nivel de contaminación, y a partir de ello, limitar su utilización para cierto periodo de tiempo.
Recursos minerales, incluyendo petróleo	En la Constitución se establece que corresponde a la nación el dominio directo de todos los minerales o sustancia en vetas, mantos, masas o yacimientos, que constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes del terreno. Este mismo precepto constitucional señala que la Nación tiene la propiedad sobre el dominio directo del petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos.	La Ley Minera establece que la exploración, la explotación y el beneficio de los minerales o sustancias son de utilidad pública y serán preferentes sobre cualquiera otro uso o aprovechamiento del terreno. Así, las concesiones y asignaciones mineras se otorgan al primer solicitante de los terrenos libres en el marco de esta ley. Por su parte, la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo de Petróleo indica que la empresa estatal Petróleos Mexicanos tiene el uso y aprovechamiento exclusivo del petróleo y de los hidrocarburos.	El sector energético, en particular, los hidrocarburos representan un pilar fundamental en la captación de recursos fiscales para las finanzas públicas del gobierno federal. El régimen fiscal para este sector incluye el cobro de derechos, aprovechamientos e impuestos por la exploración y la explotación del recurso.
Residuos	El problema de la contaminación está ligado a los residuos y materiales peligrosos que se depositan principalmente en los suelos. Por su parte, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos es reglamentaria a las disposiciones de la Constitución Política, la cual señala el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.	Por un lado, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente considera el problema de prevención y control de la contaminación de suelo y lo aborda desde la perspectiva de los residuos, y de los plaguicidas, fertilizantes y demás materiales peligrosos. Por otro lado, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos señala las atribuciones en materia de residuos para la Federación, los estados y los municipios, respectivamente. Así, le corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales agrupar y clasificar los residuos peligrosos,	Algunos municipios del país han implementado un cobro por recolección y disposición de residuos sólidos. La tarifa varía de acuerdo con una categorización del nivel de ingreso en diferentes zonas. El pago de esta contribución se realiza a la par con el impuesto predial. Por otro lado, los seguros y fianzas para el manejo y transporte de residuos peligrosos es un caso aislado del funcionamiento de estos instrumentos económicos. Finalmente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos señala que los grandes generadores de residuos peligrosos deben de registrarse ante la Secretaría

(Continúa)

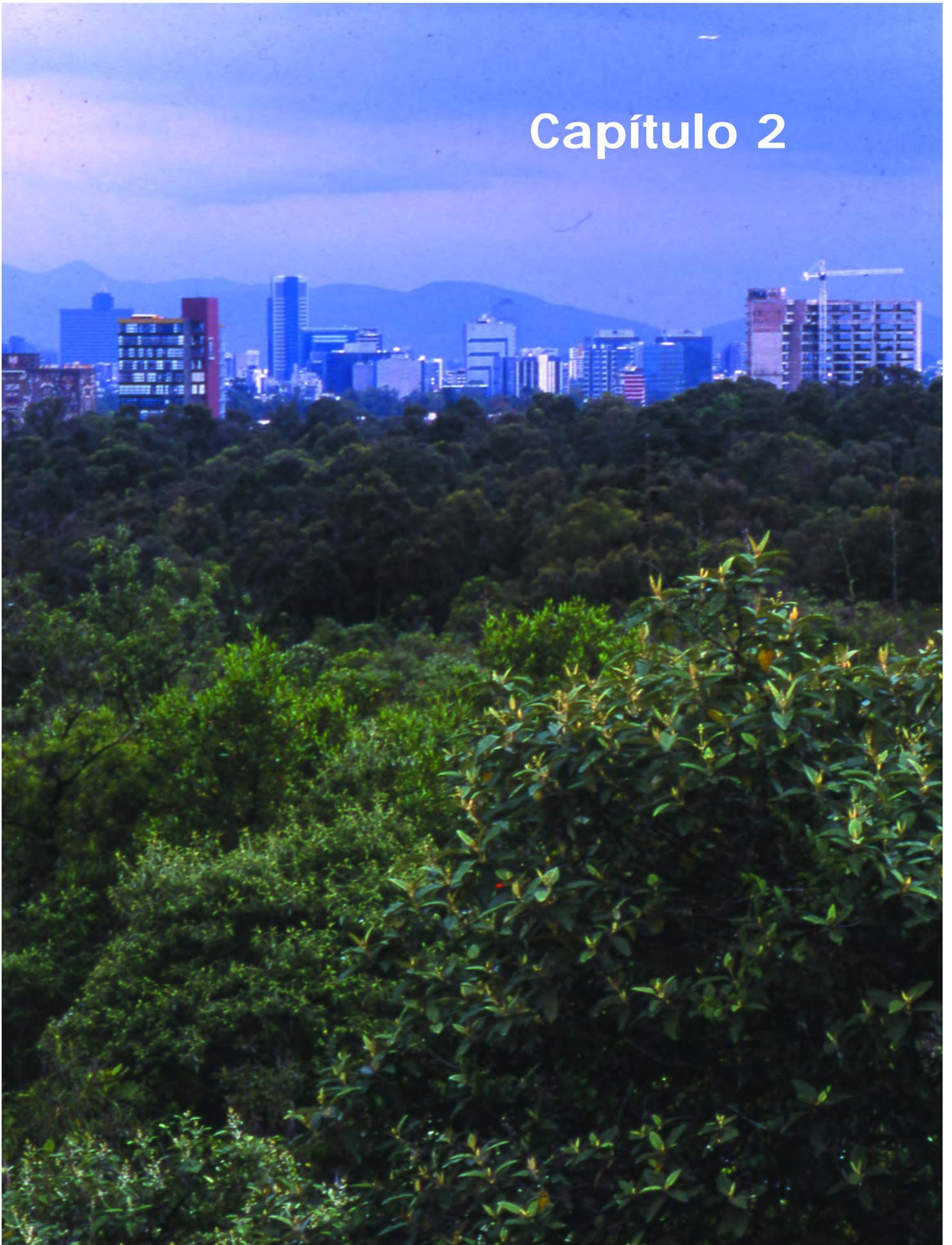
CUADRO 1.19. MARCO NORMATIVO BÁSICO PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL MEDIO AMBIENTE

Elementos del medio ambiente	Régimen de propiedad (Facultad en materia ambiental)	Modalidad de gestión	Política económica
		<p>sólidos urbanos y de manejo especial en categorías.                      Esta misma ley, establece la responsabilidad compartida para lograr que el manejo integral de los residuos, entendiéndose por responsabilidad compartida el principio mediante el cual el manejo integral de los residuos es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres ordenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.                      Por último, el artículo 115 constitucional fracción III indica que corresponde a los municipios el servicio público de limpia pública y disposición de residuos sólidos urbanos.</p>	<p>de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el objeto de someter a su consideración un plan de manejo</p>





# Capítulo 2





## Estado del medio ambiente

### El aire

En el curso del siglo pasado por primera vez la sociedad se percató que la atmósfera constituye un recurso natural compartido y susceptible de degradación como consecuencia de procesos que tienen lugar a nivel local y que pueden adquirir una connotación global, al provocar fenómenos como el cambio climático mundial y el deterioro de la capa de ozono, de implicaciones graves para la humanidad. La liberación creciente de contaminantes al ambiente por fuentes antropogénicas, como las industrias y el transporte, se ha sumado a fenómenos naturales como la erosión, los incendios forestales o las erupciones volcánicas, que también contribuyen a la emisión de los contaminantes atmosféricos involucrados en la generación de los fenómenos antes citados.

Los habitantes de las zonas urbanas densamente pobladas e industrializadas que cuentan con un importante parque vehicular, como es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y otras urbes del país, han sido los primeros en tomar conciencia del problema, en percibir sus efectos adversos sobre la salud y en reaccionar ante este hecho, colaborando en la aplicación de las medidas incorporadas en los programas para frenar y revertir, dentro de lo posible, este tipo de deterioro ambiental.

La complejidad del problema y los altos costos que implican las acciones integrales para prevenir y controlar la contaminación a niveles que permitan proteger la salud de la población, dificultan una gestión de la calidad del aire eficaz y rápida. A esto se le debe agregar la carencia de programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano o el que no se apliquen de manera efectiva y eficaz, para enfrentar el crecimiento acelerado y desordenado de la población e incidir sobre los demás factores que contribuyen a incrementar los niveles de contaminantes atmosféricos.

La relación directa que ha podido establecerse entre el aumento de los niveles de contaminación atmosférica y la manifestación de signos y síntomas negativos para la salud de la población, así como entre este tipo de contaminación y el tipo y cantidad de energéticos que se consumen, ha llevado al establecimiento de vínculos estrechos entre la política ambiental y la política del sector salud, por un lado, así como entre la política ambiental y la política del sector energético, por el otro.

Cabe señalar que, a pesar de los avances significativos logrados a través de la aplicación de diversos programas, la situación sigue siendo crítica en algunas zonas metropolitanas en donde continúan rebasándose frecuentemente las normas de calidad del aire, lo que plantea la necesidad de mantener, ampliar y reforzar los programas de calidad del aire así como la vinculación con otros programas sectoriales relacionados.

### Presión

Una de las presiones más significativas sobre la calidad del aire en algunas zonas del país obedece a la distribución no uniforme de la población mexicana en el territorio nacional y a que los centros poblacionales han evolucionado, durante los últimos cincuenta años, para tener una conformación eminentemente urbana, todo ello como resultado de una emigración constante de los habitantes de las áreas rurales hacia las ciudades, que se han ido convirtiendo en polos de desarrollo.

Así, al analizar la evolución de las localidades en función del número de habitantes y de sus tasas de crecimiento entre 1950 y 2000 (cuadro 2.1, página siguiente), se puede observar el mayor crecimiento de ciudades de más de 100 mil habitantes, a tasas de 4% a más de 9%. En cambio, las localidades pequeñas muestran tasas incluso por debajo del 1% anual (DGE 1952,1972, INEGI 1992 y 2001a).

El desarrollo de ciertas ciudades del país y la migración hacia ellas de los pobladores del campo, están estrechamente relacionados con el crecimiento y distribución de la industria nacional, lo que dio lugar a la conformación de centros poblacionales que son al mismo tiempo altamente industrializados y, por lo general, se encuentran densamente poblados.

Ejemplo de lo anterior, es lo que ocurrió con la ZMVM, y los estados de México (Toluca), Nuevo León (Monterrey), Jalisco (Guadalajara) y Veracruz (Coatzacoalcos y Minatitlán). A la industrialización de estos últimos estados, que tuvo un impulso particular a partir de la década de 1940, se ha sumado posteriormente la de otras entidades, particularmente por el desarrollo de la industria maquiladora en entidades de la frontera norte, como son: Baja California (Tijuana y Mexicali), Sonora (Hermosillo), Coahuila (Saltillo y Torreón), Chihuahua (Ciudad Juárez), Tamaulipas (Reynosa, Corredor Industrial Tampico-Altamira-Madero), así como en entidades en el centro del país: Aguascalientes (Aguascalientes), Guanajuato (León y Salamanca), Querétaro (Querétaro y

CUADRO 2.1. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR TAMAÑO DE LA LOCALIDAD  
Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSALES DE LAS LOCALIDADES\*

Tamaño de la población (habitantes)	No. de localidades 1950	No. de localidades 1970	No. de localidades 1990	No. de localidades 2000	Tasas 1950-1970	Tasas 1950-1970	1970 1995-2000 (promedio)
Total	98,590	97,580	156,602	199,391	3.2	2.6	
1-2,499	97,607	95,410	154,016	196,350	1.5	0.8	0.5
2,500-19,999	916	1,988	2,266	2,637	4.4	0.7	1.9
20,000-49,999	43	114	167	226	4.6	2.0	
50,000-99,999	14	34	55	64	4.8	2.5	
100,000-499,999	9	30	77	84	6.4	6.0	
500,000-999,999	-	2	14	20	-	9.5	
1,000 000 y más	1	2	7	10	3.1	4.0	

\* Se excluyen 438 secciones que formaban parte de la Ciudad de México y que se consideraron como localidades.  
Fuente: DGE 1952, 1972, INEGI 1992 y 2001a.

San Juan del Río), Hidalgo (Pachuca y Corredor Industrial de Tula-Tepeji), Puebla (Puebla), Morelos (Cuernavaca) y San Luis Potosí (San Luis Potosí).

Consecuente con el crecimiento poblacional e industrial, las zonas urbanas antes señaladas han visto aumentar de manera significativa su flota vehicular (ver cuadro 1.11 del capítulo 1) y el tránsito, lo que ha desencadenado la generación de contaminantes atmosféricos, sumándose a los emitidos por la industria.

La distribución del consumo de energéticos nos da la pauta de la generación potencial de contaminantes que se emiten y que llegan a la atmósfera. La figura 2.1 muestra dicha distribución por sector en todo el país para el año 2001 y permite observar que las principales fuentes de energía utilizadas en el sector agropecuario son, en primer término, el diesel y en segundo lugar, la electricidad, en tanto que el sector industrial consume preferentemente gas natural, seguido por electricidad y combustóleo y, en menor medida, coque y bagazo de caña. Por su parte, las gasolinas y naftas, así como el diesel, los querosenos y el gas licuado, son los combustibles más empleados por el transporte. Por último, el gas licuado, la leña y la electricidad son los combustibles más consumidos a nivel residencial, comercial y público.

### Inventarios de emisiones

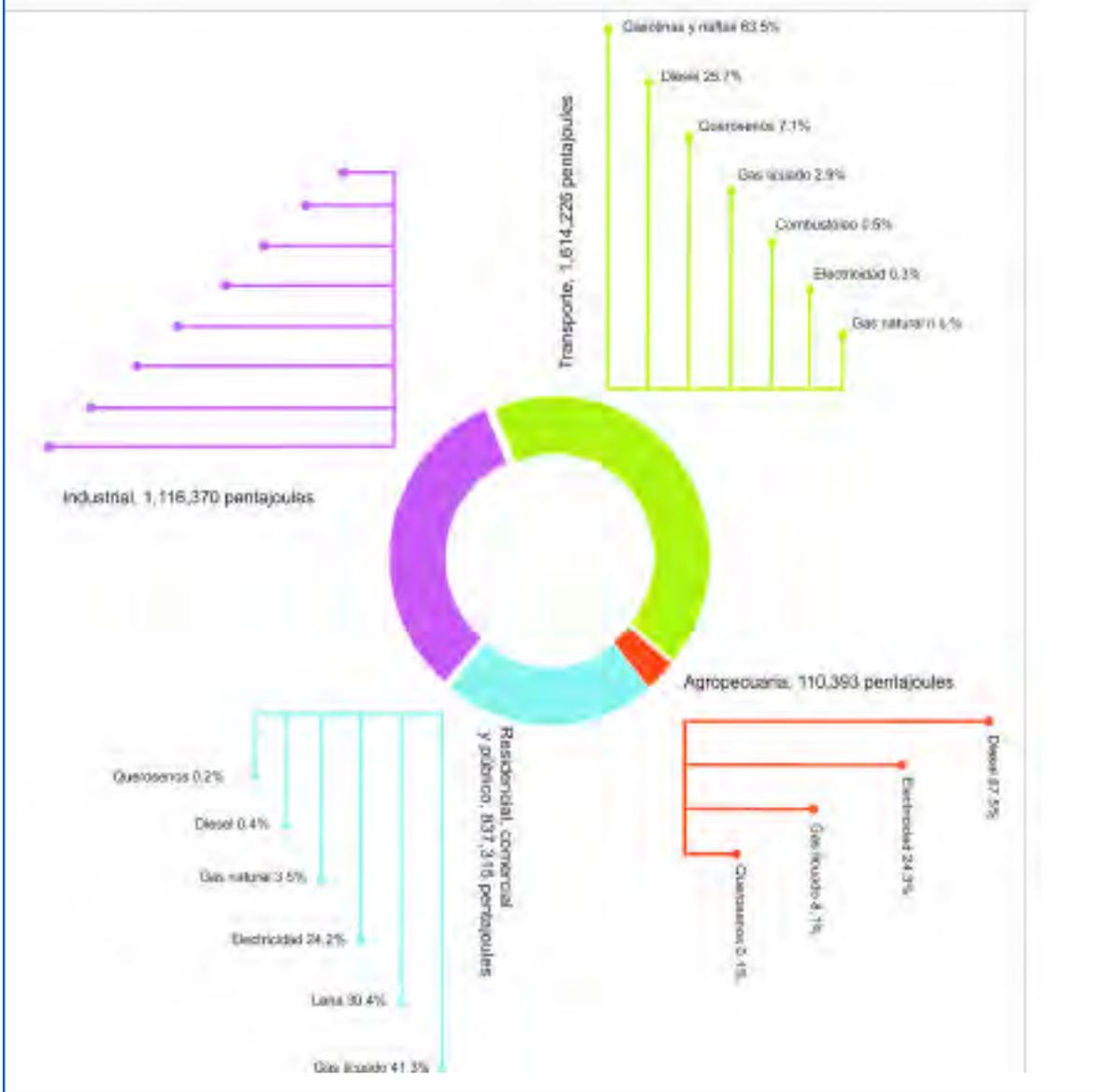
Con el propósito de orientar las medidas de prevención y control e identificar las fuentes emisoras de contaminantes que ejercen más presión en la calidad del aire

con el fin de distinguir sus aportaciones relativas para los distintos contaminantes atmosféricos, se han desarrollado los inventarios de emisiones con base en las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Para ello, se utiliza principalmente información generada con técnicas de muestreo en fuente, factores de emisión, balances de materiales y modelos mecanísticos.

A partir de 1995-2000, se inició el desarrollo de una metodología apropiada para el país para la elaboración de los inventarios de emisiones contaminantes al aire, contándose con el apoyo de la Agencia de Protección al Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) y de la Asociación de Gobernadores del Oeste de Estados Unidos (WGA, por sus siglas en inglés). Esta metodología permitió desarrollar inventarios comparables para las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca, Ciudad Juárez, Mexicali y Tijuana; además, se abrió la posibilidad de comparar la evolución de la calidad del aire en nuestro país con la de otras naciones que, como México, son signatarias de convenios como el de Cambio climático, en los cuales se establecen obligaciones respecto al intercambio de información sobre inventarios de contaminantes.

En general, entre las fuentes más importantes de partículas suspendidas menores a 10 micras ( $\mu\text{m}$ ), conocidas como  $\text{PM}_{10}$ , se encuentran los suelos descubiertos y calles sin pavimentar, en tanto que para las partículas menores a  $2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ), las principales fuentes de emisión son los procesos de combustión incompletos realizados a altas temperaturas, de combustibles como diesel y gasolina (ver

FIGURA 2.1. CONSUMO FINAL DE ENERGÉTICOS POR SECTOR Y TIPO, 2001  
(3.7 MILLONES DE PETAJULIOS)



Fuente: SENER 2002.

descripción de contaminantes en la sección La calidad del aire en México en perspectiva). El empleo de combustibles con alto contenido de azufre en algunas ciudades del país constituye una fuente de generación de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Asimismo, los

vehículos automotores en mal estado son los que más contribuyen a generar emisiones de monóxido de carbono (CO) en ciudades con denso tránsito vehicular. En el caso de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), estos provienen principalmente de la combustión llevada a

cabo en los sectores industrial, transporte, comercio y servicios. Los hidrocarburos, a su vez, son generados comúnmente por el transporte, el sector comercio y servicios (cuadro 2.2).

## Inventario de emisiones

### Zona Metropolitana del Valle de México

Los niveles de contaminación alcanzados en la ZMVM, en particular los relativos al  $O_3$  y a las  $PM_{10}$ , han llevado a centrar los esfuerzos en identificar la contribución de sus diferentes fuentes de emisión, mediante la aplicación de metodologías estandarizadas, como es el caso del inventario de emisiones realizado en esta zona con información del año 2000 (el más reciente de esta índole y en proceso de completarse).

El inventario de emisiones de la ZMVM para el año 2000 comprende una superficie de poco más de 3,540 km<sup>2</sup>, que abarca las 16 delegaciones del Distrito Federal (1,486 km<sup>2</sup>) y 18 municipios conurbanos del Estado de México (2,054 km<sup>2</sup>). Este inventario incluye las emisiones de fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes naturales (vegetación y suelos) de los contaminantes criterio, es decir, CO,  $SO_2$ ,  $NO_x$ , y partículas suspendidas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ); también se evalúan las emisiones para compuestos orgánicos totales (COT) separando los hidrocarburos totales (HCT), en metano ( $CH_4$ ) y compuestos orgánicos volátiles (COV), incluyendo por último las

emisiones de amoníaco ( $NH_3$ ). El resumen se presenta en el cuadro 2.3.

Las estimaciones del inventario mencionado indican que el sector transporte es el responsable del 80% de las emisiones de  $PM_{2.5}$ , del 99% de las emisiones de CO y del 80% de aquellas de  $NO_x$ . En cambio, las fuentes de área emiten más del 90% del  $CH_4$ , siendo los rellenos sanitarios los principales emisores; en cuanto al  $NH_3$ , las emisiones domésticas dominan las fuentes de área con el 84%. Las emisiones de COV provienen de la industria, así como del uso comercial y doméstico de solventes (12%), de hidrocarburos no quemados (6%) y de fugas de gas LP (5%). También se estima que las fuentes puntuales emiten el 71% del  $SO_2$ , siendo la industria química (sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico) el principal emisor con el 17%, seguida por la industria textil con el 14% del sector. Por último, el 14% de las  $PM_{10}$  se origina a partir de los suelos y menos del 4% de los COV son generados por la vegetación.

### Inventarios de emisiones de otras ciudades

Los inventarios realizados durante la segunda mitad de la década de 1990 permitieron estimar que se emiten al año 1.9 millones de toneladas de contaminantes en Monterrey; 1.4 millones en Guadalajara; 600 mil toneladas en Ciudad Juárez; casi medio millón en Toluca, cerca de 400 mil en Mexicali, y 460 mil en Tijuana.

En dichos inventarios puede observarse que, la mayor contribución a las emisiones de partículas

CUADRO 2.2. FUENTE PRINCIPAL DE CONTAMINACIÓN Y TIPO DE EMISIÓN

Fuente de contaminación	Tipo de contaminante
Transporte	Bióxido de azufre ( $SO_2$ ) Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) Hidrocarburos (HC) Partículas suspendidas ( $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ )
Industria y servicios	Bióxido de azufre ( $SO_2$ ) Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) Hidrocarburos (HC) Partículas suspendidas ( $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ )
Suelos, vegetación, etcétera	Partículas suspendidas ( $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ ) Hidrocarburos (HC)
Reacciones fotoquímicas	Ozono ( $O_3$ ), a partir de emisiones de HC y $NO_x$

Fuente: SEMARNAP 2002b.

CUADRO 2.3. INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE LA ZMVM, 2000

Sector	Emisiones [ton /año y (%)]								
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	CH <sub>4</sub>	COV	NH <sub>3</sub>
Fuentes puntuales	3,017	595	11,333	10,846	28,028	26,405	187	25,526	223
puntuales	(25.3)	(8.1)	(71.2)	(0.5)	(14.2)	(3.9)	(0.1)	(5.9)	(1.4)
Fuentes de área	476	459	43	6,377	10,231	418,546	168,540	197,783	12,969
del área	(4.0)	(6.3)	(0.3)	(0.3)	(5.2)	(62.3)	(93.5)	(45.6)	(84)
Fuentes móviles	6,718	5,905	4,537	2,018,961	157,475	210,898	11,596	194,596	2,263
móviles	(56.2)	(80.4)	(28.5)	(99.2)	(80.1)	(31.4)	(6.4)	(44.9)	(14.6)
Vegetación	1,736	380	N/A	N/A	955	15,552	N/A	15,552	N/A
y suelos	(14.5)	(5.2)			(0.5)	(2.4)		(3.6)	
Total	11,947	7,339	15,913	2,036,184	196,689	671,401	180,323	433,457	15,455

PM<sub>10</sub> = partículas suspendidas menores a 10 µm; PM<sub>2.5</sub> = partículas suspendidas menores a 2.5 µm; SO<sub>2</sub> = bióxido de azufre; CO = monóxido de carbono; NO<sub>x</sub> = óxidos de nitrógeno; COT = compuestos orgánicos totales; CH<sub>4</sub> = metano; COV = compuestos orgánicos volátiles; NH<sub>3</sub> = amoníaco; N/A = no aplica.  
Fuente: SMA-GDF 2003.

suspendidas (contabilizadas como PM<sub>10</sub>) se debe al arrastre y la erosión del viento en suelos descubiertos (gráfica 2.1). Sin embargo, en Mexicali el sector servicios destaca también por su aportación, ya que en este rubro se incluyen las actividades agrícolas de arado y quema, así como el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados. Por su parte, en Tijuana-Rosarito, el sector servicios contribuye también de manera importante, debido, principalmente, a que incluye el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados.

En términos de las emisiones de NO<sub>x</sub> puede notarse que en estas ciudades la mayor contribución la realiza el sector transporte (entre 65 y 90%), debido principalmente al uso intensivo de combustibles en autos particulares (gráfica 2.2). Cabe destacar que Monterrey y Tijuana-Rosarito presentan también una fuerte contribución del sector industrial a las emisiones de este contaminante (36 y 15%, respectivamente), debido esencialmente a la generación de energía eléctrica y a la industria de minerales no metálicos.

Para el caso de SO<sub>2</sub>, los inventarios de emisiones de estas seis ciudades muestran que el mayor contribuyente es el sector industrial (entre el 70 y el 90% del total), específicamente la generación de energía en el caso de Monterrey y Tijuana-Rosarito; madera y derivados e industria química en Toluca; minerales y productos vegetales y animales en Mexicali y, por último, productos de consumo y minerales no metálicos en Guadalupe (gráfica 2.3). El caso de Ciudad Juárez es muy particular, ya que la contribución de las ladrilleras (incluidas en el sector servicios) desplaza a las emisiones de la industria y alcanza el 40%. Asimismo, en Tijuana-

Rosarito la combustión industrial y comercial, incluida en el sector servicios, alcanza un porcentaje importante (25%) con respecto a las demás categorías.

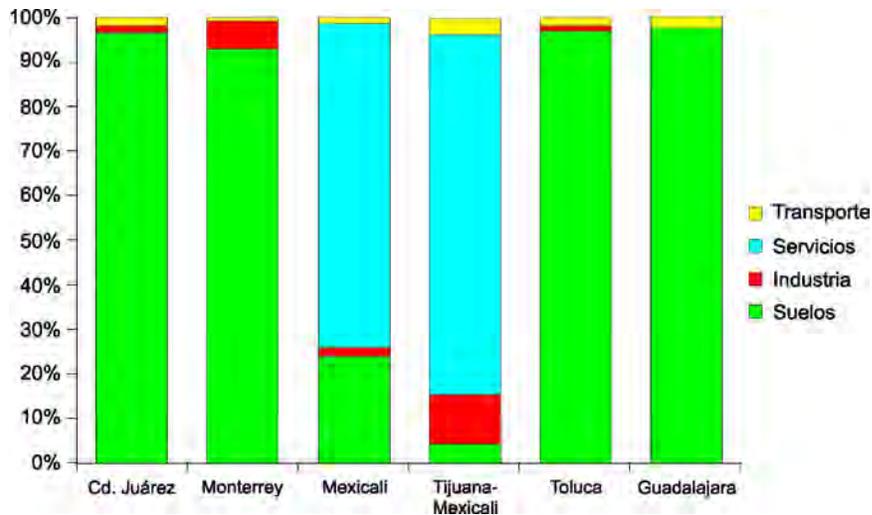
En las seis ciudades que hasta el momento cuentan con un inventario de emisiones, el sector transporte es el que aporta más a las emisiones de hidrocarburos (entre 50 y 70% de las emisiones totales) y, dentro de este sector, los autos particulares son los que más contribuyen a las emisiones (gráfica 2.4). La aportación del sector servicios también es importante en todas las ciudades, debido mayoritariamente a la distribución de combustibles como la gasolina y el gas LP, así como al uso de solventes. Sin embargo, en el caso del inventario de Mexicali, las emisiones de hidrocarburos provenientes de la vegetación son también relevantes y representan aproximadamente el 7% de las emisiones totales. En lo que respecta al CO, el transporte es la principal fuente en todas las ciudades, destacando principalmente los automóviles particulares, en especial aquellos en mal estado o de tecnologías menos avanzadas en los que se realiza combustión incompleta o deficiente.

## Estado

### La calidad del aire en México en perspectiva

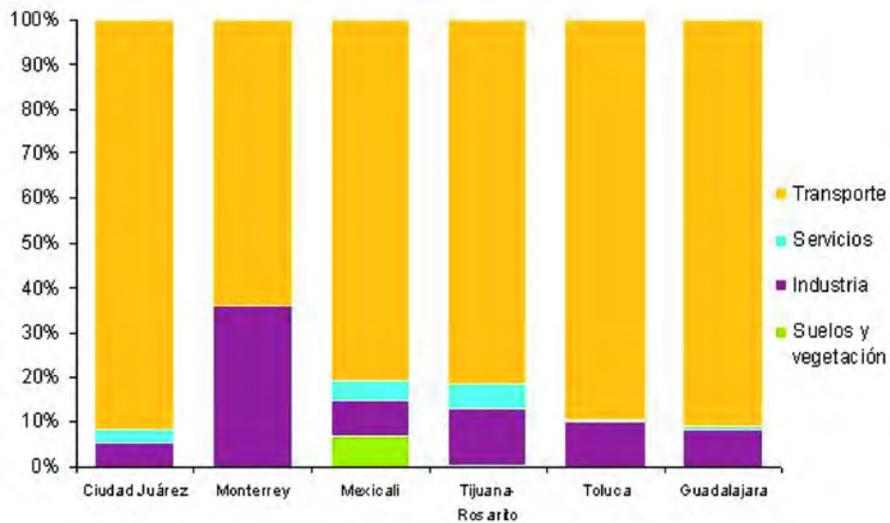
Mientras los inventarios de emisiones están enfocados a identificar las fuentes generadoras de contami-

GRÁFICA 2.1. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CADA SECTOR A LAS EMISIONES DE PM<sub>10</sub> EN DIFERENTES CIUDADES MEXICANAS\*



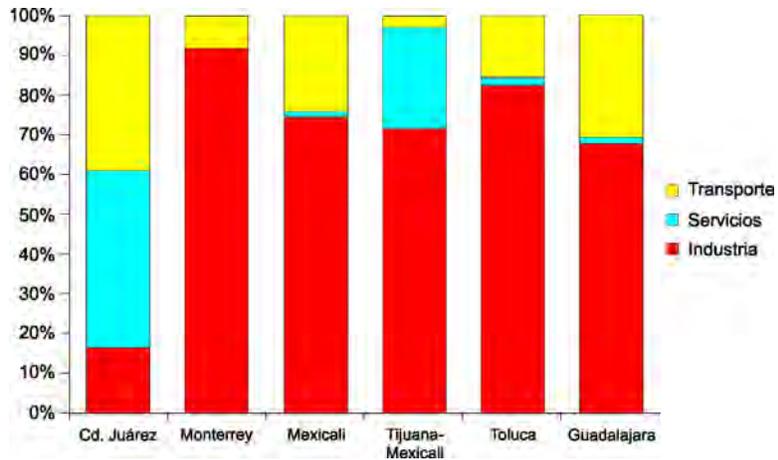
Fuentes: Gobierno del estado de Nuevo León, SEMARNAP, SSA 1997, Gobierno del estado de Chihuahua-SEMARNAP 1998, Gobierno del estado de Baja California, SEMARNAP, SSA 2000, Gobierno del estado de Jalisco, SEMARNAP, SSA 1997, Gobierno del Estado de México-SEMARNAP 1997.  
 \*En algunos de estos inventarios, se reporta la categoría de "fuentes de área" en vez de "servicios". Sin embargo, las fuentes comprendidas en estos apartados son comparables, por lo que se muestran bajo "servicios" en todas las figuras.

GRÁFICA 2.2. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CADA SECTOR A LAS EMISIONES DE NO<sub>x</sub> EN DIFERENTES CIUDADES MEXICANAS



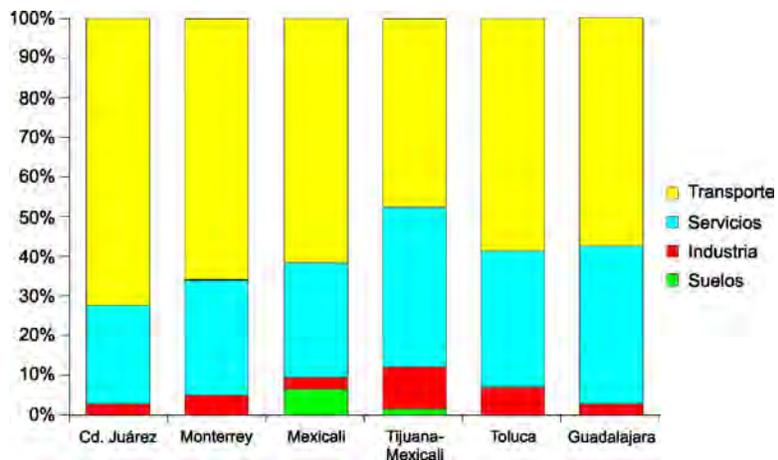
Fuentes: las mismas de la gráfica anterior.

GRÁFICA 2.3. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CADA SECTOR A LAS EMISIONES DE SO<sub>2</sub> EN DIFERENTES CIUDADES MEXICANAS



Fuentes: las mismas de la gráfica anterior.

GRÁFICA 2.4. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CADA SECTOR A LAS EMISIONES DE HC EN DIFERENTES CIUDADES MEXICANAS



Fuentes: las mismas de la gráfica anterior.

nantes, las redes de monitoreo permiten medir y registrar las concentraciones que alcanzan los distintos contaminantes en el aire e identificar aquellos que rebasan valores máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas.

En México se cuenta actualmente con estaciones de monitoreo de contaminantes atmosféricos en 23 ciudades y zonas metropolitanas (cuadro 2.4). Dichas estaciones utilizan métodos y procedimientos estandarizados a nivel internacional. En la ZMVM se tienen 32 estaciones de monitoreo automático y 19 estaciones de monitoreo manual que miden CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PST y PM<sub>10</sub>. A partir de agosto de 2003 también se comenzó a monitorear de manera oficial las partículas PM<sub>2.5</sub> en una red integrada por ocho estaciones automáticas y siete estaciones manuales. La información hora a hora está disponible en la página de internet de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

En otras ciudades y zonas metropolitanas, como Guadalajara, Monterrey, Toluca, Tijuana, Mexicali y Ciudad Juárez, las redes de monitoreo funcionan desde mediados de los años 1990, midiendo ozono, CO, algunas SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas. En Cananea, Cumpas, Nacozari, Querétaro y San Luis Potosí se mide SO<sub>2</sub> y, en las dos últimas, también partículas suspendidas.

En el mapa 2.1 y el cuadro 2.4 se señalan las ciudades que cuentan con equipamiento para monitoreo atmosférico de contaminantes criterio, algunos de los cuales funcionan de forma automática y otros en forma manual. Las mediciones realizadas en forma sistemática y permanente se iniciaron en la ZMVM en 1986; en las ZMG y AMM en 1993 y, en Toluca, en 1994.

Los contaminantes que hasta la fecha se han normado en México se conocen como "contaminantes criterio", por ser indicadores que permiten conocer la calidad del aire (cuadro 2.5). Estos pueden ser contaminantes primarios (como el CO, el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub>) emitidos directamente por una fuente fija o móvil, o bien, tratarse de contaminantes secundarios producidos mediante reacciones fotoquímicas en las que intervienen los contaminantes primarios, como sucede con el O<sub>3</sub>, que se forma a partir de la reacción entre los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). A pesar de la importancia de los COV, estos no se consideran contaminantes criterio y sólo se realizan mediciones en el ambiente en unos cuantos sitios de la ZMVM. Existen diferencias en su reactividad y, por lo tanto, en su capacidad para generar el O<sub>3</sub>; por ello, no sólo es importante medir los COV totales, sino también caracterizar su composición. Por ejemplo, el propano y el butano

(componentes del gas LP) son poco reactivos comparados con hidrocarburos aromáticos, como el tolueno y el xileno (componentes de solventes y combustibles como la gasolina y el diesel).

Las partículas suspendidas también se incluyen dentro de los contaminantes criterio y están compuestas tanto por contaminantes primarios como por secundarios. En el país se cuenta con límites máximos permisibles para las PST y PM<sub>10</sub>. Las partículas suspendidas están formadas por una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos, que dependiendo de su origen varían en tamaño, forma y composición. Las PST incluyen a todas aquellas partículas con un diámetro de hasta 100 µm. En las últimas décadas se ha encontrado que de las partículas suspendidas, aquellas más pequeñas son las que pueden tener un impacto en la salud. Así, la fracción conocida como PM<sub>10</sub> incluye a las menores de 10 µm y se conoce como fracción inhalable; dentro de las PM<sub>10</sub> se encuentra la fracción respirable o fina, constituida por partículas menores a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>) y la fracción gruesa, que tiene un diámetro entre 2.5 y 10 µm.

Las partículas suspendidas están conformadas por contaminantes primarios, tales como carbón elemental y carbón orgánico emitido principalmente durante los procesos de combustión a altas temperaturas, y por contaminantes secundarios, generados por reacciones químicas en las que participan como precursores el SO<sub>2</sub>, el NO<sub>x</sub> y el amonio (aunque en la Ciudad de México este último compuesto no parece tener un efecto significativo en la cantidad total de material particulado) (Molina 2002). Las PM<sub>2.5</sub> están constituidas principalmente por elementos provenientes de la combustión, mientras que la fracción gruesa está compuesta, en su mayoría, por productos de procesos mecánicos y de abrasión.

Para facilitar la comprensión por parte de los ciudadanos acerca de lo que significan las concentraciones de los contaminantes normados que alteran la calidad del aire, se ha desarrollado el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), según el cual la máxima concentración permisible que señala la norma oficial mexicana para cada contaminante corresponde a 100 puntos. Este índice se ha utilizado en las campañas de comunicación a la población, facilitando la divulgación de los niveles que alcanzan los contaminantes que se miden en las estaciones de monitoreo y de su posible efecto en la salud. A través de este índice las personas identifican fácilmente el significado de concentraciones de uno o varios de los contaminantes criterio por arriba de los 100 puntos, es decir, con calidad del aire No satisfactoria (cuadro 2.6).

Mapa 2.1 Ciudades con estaciones automáticas gubernamentales de monitoreo de la calidad del aire



Fuentes: INE-CENICA 2004.

### Comparación de contaminantes criterio entre las principales ciudades

En la ZMVM, a principios de la década de 1990, los seis contaminantes (los contaminantes criterio y el plomo) que se medían en la red automática de monitoreo rebasaban con frecuencia los estándares de calidad del aire correspondientes. Sin embargo, en la actualidad las concentraciones de bióxido de azufre y de plomo se mantienen generalmente por debajo de la norma y las de monóxido de carbono la rebasan sólo de manera esporádica.

Por el contrario, el ozono y las partículas  $PM_{10}$  siguen siendo un problema. Aunque existe una tendencia a la disminución, tanto en el número de días que se rebasan los límites máximos establecidos para el ozono, como en las concentraciones máximas alcanzadas. Para el año 2002 aún se rebasó la norma en 82% de los días del año y durante varios días los niveles se mantuvieron por arriba de la norma durante varias horas consecutivas.

Por otro lado, las estadísticas obtenidas entre 1997 y 2002 permitieron identificar que la ZMG sigue a la ZMVM en cuanto a mala calidad del aire se refiere, registrándose más de 40% de días con violaciones a las normas de calidad del aire, fundamentalmente por transgresiones relacionadas con el  $SO_2$ , ozono y las  $PM_{10}$ . Así, los registros para el 2002 indican que para  $SO_2$ , ozono y  $PM_{10}$  se han rebasado los límites máximos permisibles 26, 75 y 39 días, respectivamente. Una situación similar se ha presentado en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), ya que en el año 2002 la norma horaria de ozono se rebasó en 8 días y las  $PM_{10}$  han registrado concentraciones cada vez más elevadas, con incumplimiento de la norma diaria en 70 días. La ciudad de Puebla, por su parte, presenta una cada vez más deficiente calidad del aire con respecto al ozono, ya que en el 2002 la norma horaria se rebasó en 71 días y la norma diaria de  $PM_{10}$  en más de 70 días.

Aunque en menor grado, la calidad del aire también se ha deteriorado en las zonas metropolitanas del

CUADRO 2.4. ESTACIONES DE MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN CIUDADES MEXICANAS

Ciudad	Entidad federativa	Contaminantes monitoreados										Estaciones de monitoreo (número)	
		O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	PM <sub>10</sub> <sup>2</sup>	PST <sup>2</sup>	PM <sub>2.5</sub> <sup>1</sup>	PM <sub>2.5</sub> <sup>2</sup>	Automático <sup>1</sup>	Manual <sup>2</sup>
ZMVM	Distrito Federal	20	25	26	19	19	15	8	11	8	7	36	14
ZMG	Jalisco	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	8	0
AMM	Nuevo León	5	5	5	5	5	5	0	0	5	0	5	0
ZMVT	Estado de México	7	4	7	7	7	7	2	5	0	0	7	7
Cd. Juárez	Chihuahua	3	3	0	0	0	0	6	0	0	0	3	5
Tijuana	Baja California	4	4	4	4	4	0	6	0	0	0	4	6
Tecate	Baja California	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
Mexicali	Baja California	4	4	4	4	4	0	6	0	0	0	4	6
Cumpas <sup>3</sup>	Sonora	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	4
Nacozari <sup>3</sup>	Sonora	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	6	1
Nogales <sup>3</sup>	Sonora	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Puebla	Puebla	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	4	0
Torreón	Coahuila	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	5
Querétaro	Querétaro	0	0	62	0	0	0	0	6	0	0	0	6
SLP	San Luis Potosí	1	1	7	1	1	1	1	10	0	0	11	11
Manzanillo <sup>3</sup>	Colima	0	0	8	3	3	0	3	3	0	0	3	3
Salamanca	Guanajuato	3	3	9	3	3	2	1	1	0	0	3	2
Celaya	Guanajuato	3	2	10	3	3	0	0	0	0	0	3	0
León	Guanajuato	1	1	1	1	1	1	4	0	0	0	1	4
Irapuato	Guanajuato	3	3	11	3	3	0	0	0	0	0	3	0

ZMVM = Zona Metropolitana del Valle de México; ZMG = Zona Metropolitana de Guadalajara; AMM = Área Metropolitana de Monterrey; ZMVT = Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

1. Estaciones de monitoreo automático; 2. Estaciones de monitoreo manual; 3. La información se remite a la delegación de SEMARNAT en el Estado.

Fuente: INE-CENICA. Reporte 2004.

Valle de Toluca (ZMVT) y de Ciudad Juárez. En ambas la norma diaria de PM<sub>10</sub> se rebasó durante el 2002 en 24 días, y la norma horaria de ozono se rebasó en 20 días en la primera urbe, mientras que en la segunda ha mostrado una tendencia decreciente, pero aún con registros fuera de norma en algunos días.

Al analizar la calidad del aire en función de la norma de ozono como promedio móvil de ocho horas (0.080 ppm, valor que no se debe rebasar por el quinto máximo en un periodo de un año), se observa que para el año 2002 la ZMVM presenta incumplimiento de la norma en todas las estaciones de monitoreo. Este indicador también reflejó una deficiente calidad del aire en la ZMG, AMM, Puebla, ZMVT para el año 2002, pues se observó que, en al menos dos estaciones de monitoreo de cada ciudad, se excedió el valor de dicha norma (en Ciudad Juárez no se contó con suficientes datos válidos para realizar los cálculos correspondientes). La información presentada para este contaminante indica que los habitantes de las ciudades referidas se exponen a concentraciones que exceden el valor de la norma horaria y de 8 horas, es

decir, que se exponen en forma aguda y subcrónica (a mediano plazo) a concentraciones por encima de las normas de calidad de aire correspondientes, con repercusiones potenciales a la salud (véase el apartado sobre impactos en salud). Las gráficas 2.5 a 2.8 muestran el número de días en que se registraron valores fuera de norma en esas zonas metropolitanas para algunos contaminantes criterio durante el periodo 1997-2002.

Es importante señalar que el impacto de una mala calidad del aire en la salud y en los ecosistemas se describe en el capítulo 3.

## Respuesta

### Evolución de la respuesta ante los problemas de calidad del aire

La respuesta gubernamental y social al deterioro de la calidad del ambiente, particularmente en lo que

CUADRO 2.5. VALORES NORMADOS PARA LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Contaminante	Valores límite Exposición aguda		Exposición crónica	Normas oficiales mexicanas
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable		
Ozono (O <sub>3</sub> )	0.11 ppm (1 hora) (216 µg/m <sup>3</sup> ) 0.08 ppm (8 horas)	Ni una sola vez al año Quinto máximo en un año	...	Modificación a la NOM-020-SSA1- 1993*
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas) (12595 µg/m <sup>3</sup> )	1 vez al año	...	NOM-021-SSA1- 1993**
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	0.13 ppm (24 horas) (341 µg/m <sup>3</sup> )	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)	NOM-022-SSA1- 1993**
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0.21 ppm (1 hora) (395 µg/m <sup>3</sup> )	1 vez al año	...	NOM-023-SSA1- 1993**
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m <sup>3</sup> (24 horas)	1 vez al año	75 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)	NOM-024-SSA1- 1993**
Partículas con diámetro menor a 10 µm (PM <sub>10</sub> )***	150 µg/m <sup>3</sup> (24 horas)	1 vez al año	50 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)	NOM-025-SSA1- 1993**
Plomo (Pb)	...	...	1.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio aritmético en 3 meses)	NOM-026-SSA1- 1993**

\* *Diario Oficial de la Federación* del 30 de octubre de 2002.

\*\* *Diario Oficial de la Federación* del 23 de diciembre de 1994.

\*\*\* El 16 de octubre de 2002 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* el Proyecto de Modificación a la NOM-025-SSA1-1993 para recibir comentarios en los siguientes 60 días naturales. Este proyecto propone incluir límites máximos permisibles para PST, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Sin embargo, dicho Proyecto de norma aún no se ha publicado como norma definitiva. Los valores propuestos son: PST: 210 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas; PM<sub>10</sub>: 120 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas y 50 µg/m<sup>3</sup> promedio anual; y, PM<sub>2.5</sub>: 65 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas y 15 µg/m<sup>3</sup> promedio anual.

CUADRO 2.6. ÍNDICE METROPOLITANO DE CALIDAD  
DEL AIRE EN MÉXICO

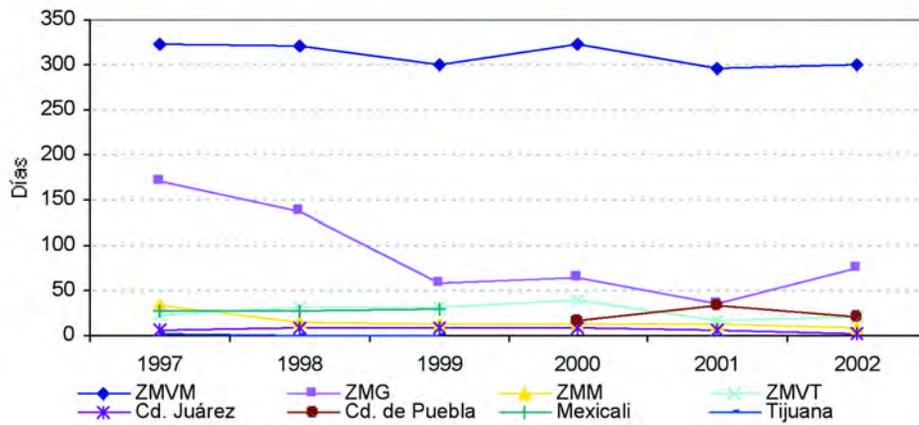
Índice	Calidad del aire
0-100	Buena o satisfactoria
101-150	Regular o no satisfactoria
151-200	Mala
201 en adelante	Muy mala

Fuente: INE 2000c.

respecta a la contaminación atmosférica en las zonas urbanas y, especialmente en la ZMVM, puede resumirse en dos periodos: de 1960 a fines de 1989, y de 1990 a la fecha.

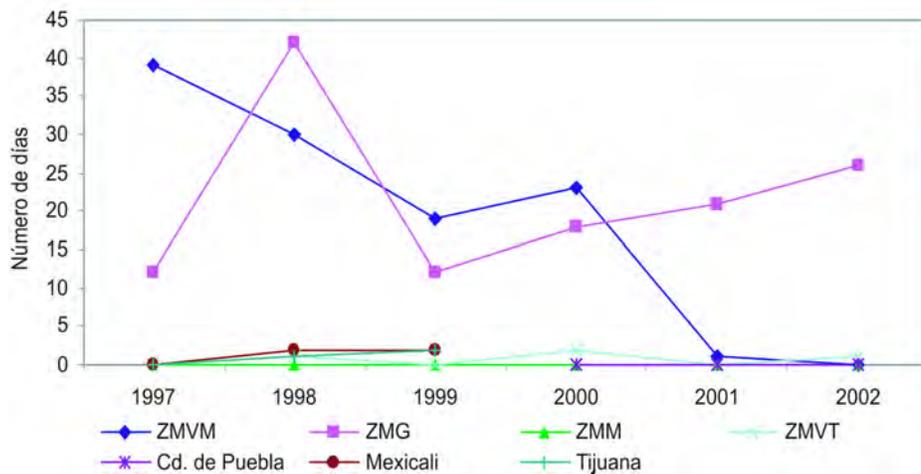
Los hechos más relevantes ocurridos durante el primer periodo aparecen resumidos en el cuadro 2.7. Entre estos acontecimientos destacan la creación de la primera institución gubernamental a cargo de la protección ambiental con un enfoque centrado en la prevención de riesgos sanitarios y su evolución hacia un órgano con mayor atención a las cuestiones ecológicas, así como la publicación de la primera Ley Federal para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, centrada

Gráfica 2.5. Días fuera de la norma de ozono en ciudades mexicanas, 1997-2002



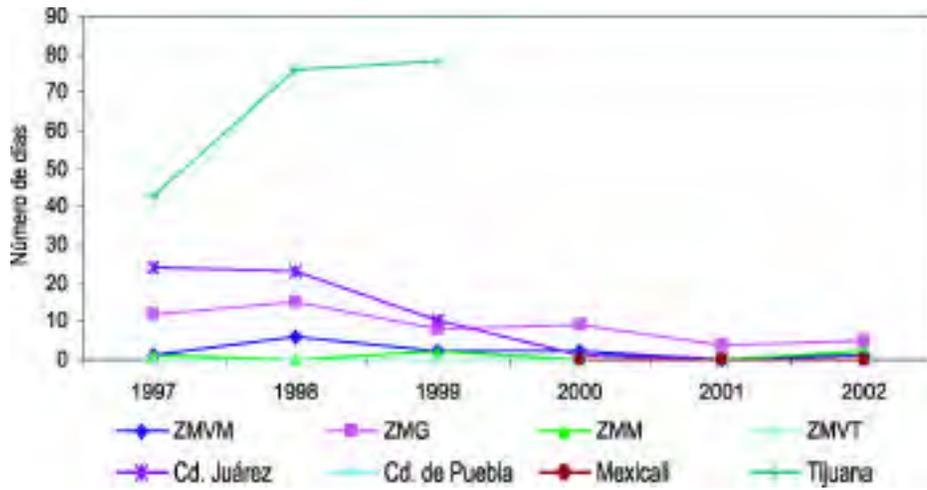
Fuente: INE-SEMARNAT. Reporte enero de 2004.

Gráfica 2.6. Días fuera de la norma de NO<sub>2</sub> en ciudades mexicanas, 1997-2002



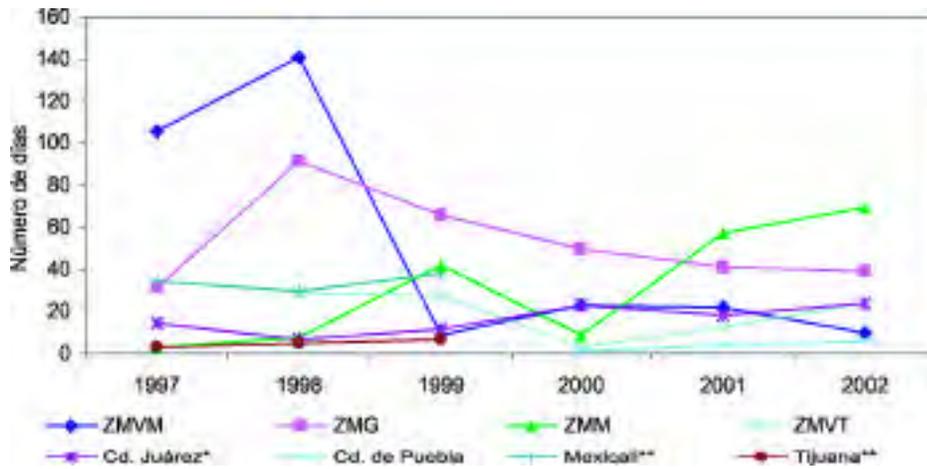
Fuente: la misma de la gráfica anterior.

Gráfica 2.7. Días fuera de la norma de CO en ciudades mexicanas, 1997-2002



Fuente: la misma de la gráfica anterior.

Gráfica 2.8. Días fuera de la norma de PM<sub>10</sub> en ciudades mexicanas, 1997-2002



Fuente: la misma de la gráfica anterior.

principalmente en aspectos relacionados con la calidad del aire y transformada posteriormente en una legislación para la protección del ambiente. Resalta, a fines de los años ochenta, la instrumentación de los programas de verificación vehicular obligatoria y el Hoy no circula, que han tenido como efecto positivo e indirecto la renovación de la planta vehicular, a pesar de no haber sido ese su objetivo primario.

En la década de los noventa se inicia el proceso de consolidación institucional así como de las acciones programáticas para mejorar la calidad del aire, en particular de la ZMVM. En las acciones y programas llevados a cabo en esta zona destacan la clausura de la Refinería 18 de marzo; el mejoramiento de la calidad de los combustibles, como fue la eliminación total del tetraetilo de plomo en las gasolinas y la sustitución del combustóleo por gas natural en la industria (cuadro 2.8).

## Acciones para obtener mayor información sobre contaminantes atmosféricos

Dentro de las estrategias para profundizar en el conocimiento de la contaminación atmosférica en zonas urbanas se ha llevado a cabo el proyecto "Estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México 2001-2010", que coordina el Dr. Mario Molina Pasquel y cuenta con una amplia participación de investigadores y especialistas mexicanos de diversas instituciones de investigación, además de la Universidad de Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Los resultados obtenidos en este proyecto aportarán información científica y permitirán desarrollar las herramientas necesarias para la toma de decisiones; también fortalecerán la evaluación y el seguimiento de políticas en materia de calidad del aire en la ZMVM, a través de:

CUADRO 2.7. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE 1960 A MEDIADOS DE LOS AÑOS OCHENTA

Años	Sucesos relevantes
Década de 1960	Instalación de los primeros equipos de monitoreo de contaminantes (SO <sub>2</sub> y PST)
1971	Creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (SMA) en la Secretaría de Salud. Publicación de la Ley Federal para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (que establece medidas para la prevención y control de la contaminación por humos y polvos).
1982	Creación de la Subsecretaría de Ecología en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDEU). Publicación de la Ley Federal de Protección al Ambiente (reformada, en 1984 para incluir el sistema de monitoreo de la calidad del aire).
1986	Aplicación de 14 medidas emergentes para el control de la contaminación ambiental en la ZMVM.
1987	Definición de 100 acciones necesarias.
1988	Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.
1989	Establecimiento del "Programa de Verificación Vehicular" obligatoria en la ZMVM. Instrumentación del "Programa Hoy No Circula" en la ZMVM.

CUADRO 2.8. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE ENTRE PRINCIPIOS DE 1990 Y EL AÑO 2000

Años	Sucesos relevantes
1990	Se establece el Programa Integral contra la Contaminación del Aire (PICCA) en la ZMVM, que opera hasta 1995 con la participación de los gobiernos Federal, del Distrito Federal y del Estado de México. Sus principales metas fueron: la reducción de emisiones de plomo, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , partículas y de hidrocarburos, mediante: a) la mejora de combustibles, b) la disminución de las emisiones vehiculares por eliminación del plomo en las gasolinas e introducción del convertidor catalítico, c) sustitución de combustóleo por gas natural en la industria, y d) restauración de áreas forestales para contrarrestar la erosión de los suelos.

(Continúa)

CUADRO 2.8. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE ENTRE PRINCIPIOS DE 1990 Y EL AÑO 2000

Años	Sucesos relevantes
1992	Creación del Instituto Nacional de Ecología (INE) y de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), en el seno de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Creación de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación en la ZMVM.
1994	Creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).
1996	Establecimiento del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (PROAIRE). Los objetivos del Programa se centraron en la reducción de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y emisiones de partículas, así como en modificar la distribución total de concentraciones de ozono, disminuyendo los picos y número de días en que este contaminante rebasa las normas. Este es el primer Programa que reconoce el vínculo entre contaminación atmosférica y efectos en la salud de la población, resaltando la necesidad de proteger la salud.
1996-2000	Elaboración de: - Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995-2000 - Programa para el mejoramiento de la calidad del aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001 - Programa de administración de la calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000 - Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000 - Programa de gestión de la calidad del aire de Ciudad Juárez 1998-2002 - Programa para mejorar la calidad del aire en Mexicali 2000-2005 - Programa para mejorar la calidad del aire en Tijuana-Rosarito 2000-2005.

- El desarrollo de información científica para mejorar el conocimiento de los procesos de generación de emisiones contaminantes en la ZMVM; su dispersión, transporte y transformación en la atmósfera; los patrones de exposición de la población a dichos contaminantes y los efectos de salud resultantes.
- El desarrollo, aplicación y transferencia a la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) de metodologías de caracterización y simulación de los contaminantes del aire y sus efectos.
- La sistematización de una metodología de evaluación integrada de tendencias y escenarios de control, así como los costos y beneficios de opciones de política de gestión de la calidad del aire.

Es importante mencionar que la metodología, resultados y definición de estrategias que se obtengan en el proyecto, pueden ser aplicadas en otras regiones del país para una mejor gestión de la calidad del aire.

### Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

Como consecuencia de la firma del Tratado de Libre Comercio se estableció la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) para

tratar los asuntos relacionados con el medio ambiente de Canadá, Estados Unidos de América y México. Los programas de Registros de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC) destacan entre los temas ambientales estudiados, como lo demuestra la publicación *En balance*, que da a conocer información específica sobre las sustancias tóxicas reportadas por las fuentes emisoras de los tres países mencionados. Este compendio, publicado en el 2002, incluye el listado de los 117 establecimientos industriales que reportaron voluntariamente sus datos de emisiones y transferencias de sustancias químicas tóxicas para 1999. Esta acción voluntaria contribuye al desarrollo del RETC en México.

Si bien los datos recopilados de manera voluntaria pueden tener una diversidad de usos, no pueden compararse fácilmente con la información recogida mediante programas obligatorios como el *National Pollutant Release Inventory* (NPRI) de Canadá y el *Toxic Release Inventory* (TRI) de Estados Unidos. Sin embargo, México avanzó en forma importante con la modificación al artículo 109 bis de la LGEEPA en diciembre de 2001, en la que se establece el Registro de emisiones y transferencia de contaminantes en forma obligatoria y pública.

En el ámbito internacional sobresale el hecho de haber participado y firmado una resolución en el seno de la CCA (Resolución de Consejo 02-05), con las

máximas autoridades ambientales de los tres países, relativa al "Plan de acción para fomentar la comparabilidad de los registros de emisiones y transferencias de contaminantes de América del Norte". Ésta tiene por objeto aumentar la comparación de datos entre los registros de los países que conforman la CCA e incrementar el acceso y la comprensión de la información sobre las fuentes y el manejo de sustancias químicas tóxicas provenientes de las actividades industriales en América del Norte. Los acuerdos que se establecieron en esta resolución fueron:

- . Adopción del uso de los códigos del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte en los informes RETC nacionales de México y Estados Unidos de América, mismos que se incorporaron en el software de reporte.
- . La búsqueda de comparabilidad en la forma en que los datos sobre sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables, en particular, mercurio, dioxinas, furanos y plomo se presentan en los tres programas RETC nacionales, tomando en consideración las capacidades técnicas, económicas y de normatividad nacionales.

### Programas de calidad del aire

Para abordar y responder con mayor efectividad la problemática del deterioro de la calidad del aire en las principales ciudades del país, así como a los planteamientos hechos en el *Plan Nacional de Desarrollo* respecto de la preocupación por el número de días al año que se rebasan los valores normados para ciertos contaminantes del aire, durante el último año se ha trabajado en el desarrollo y seguimiento de los Programas para mejorar la calidad del aire (Proaires). Las tareas han ido enfocadas principalmente a la actualización y

el seguimiento de metas y acciones establecidas en los programas de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), Área Metropolitana de Monterrey (AMM), Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), Ciudad Juárez, Mexicali y Tijuana-Rosarito. En el cuadro 2.9 se resumen los aspectos más sobresalientes de los citados programas.

### Armonización de políticas de energía y medio ambiente

La Secretaría de Energía y la SEMARNAT elaboraron el *Programa de Energía y Medio Ambiente hacia el Desarrollo Sustentable SENER-SEMARNAT 2002*, publicado durante el segundo semestre de 2003. Este programa es el primero en su tipo y tiene como objetivo vincular los esfuerzos plasmados en los programas sectoriales tanto de medio ambiente como de energía. En él se sientan las bases de la política ambiental del sector energético y su impacto sobre el desarrollo sustentable de México, planteándose las metas para las empresas y organismos del sector energía para el periodo 2001-2006, así como las políticas e instrumentos para lograrlo. El programa propone los mecanismos de seguimiento y coordinación para evaluar su cumplimiento a través del desempeño de indicadores de sustentabilidad energética y ambiental.

Como parte de dicho programa, se ha integrado por primera vez un inventario nacional de emisiones del sector energía, desagregado para cada una de las plantas productoras de energía que utilizan combustibles fósiles. Este inventario constituye una herramienta de gran valor para la toma de decisiones que permitirá precisar las políticas, estrategias y acciones que se requiere aplicar y/o reforzar en este sector, así como dar seguimiento a su implementación y medir su eficacia. En

CUADRO 2.9. ASPECTOS SOBRESALIENTES DE LOS PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE EN MÉXICO

Entidad/Localidad	Aspectos sobresalientes del programa
Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey (PACADAMM).	<p>Iniciado en marzo de 1997 a partir de la implantación de 31 medidas entre las que destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Reducción del 10% de las emisiones de hidrocarburos, 30% de las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno, para disminuir el número de días que se rebasan los valores normados.</li> <li>. Promover la utilización de combustibles limpios y la ampliación de la red del metro.</li> </ul>

(Continúa)

CUADRO 2.9. ASPECTOS SOBRESALIENTES DE LOS PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE EN MÉXICO

Entidad/Localidad	Aspectos sobresalientes del programa
Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey (PACADMM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Instrumentar un programa de contingencias ambientales.</li> <li>. Aumentar la inspección y vigilancia de emisiones industriales y vehiculares a la atmósfera.</li> <li>. Modernizar y reforzar el programa de verificación vehicular y de reducción de emisiones de partículas.</li> </ul> <p>En 2002 se planteó la necesidad de establecer una segunda etapa del programa existente o un nuevo programa con algunas variantes respecto al anterior. Las acciones previstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Evaluación de las Cédulas de Operación Anual para actualizar el Inventario de emisiones.</li> <li>. Operación de la red de monitoreo de la calidad del aire.</li> <li>. Inventario de emisiones actualizado de industrias de jurisdicción federal.</li> <li>. Vigencia y mantenimiento del programa de verificación vehicular voluntario.</li> <li>. Promoción de la integración de políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte, vialidad y medio ambiente.</li> <li>. Vigencia y mantenimiento del programa de verificación vehicular.</li> </ul>
Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara	<p>Iniciado en abril de 1997 mediante la adopción de 32 medidas, entre las cuales se encuentran las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Actualización del inventario de emisiones.</li> <li>. Reducción del número de días en que se rebasan las normas de calidad del aire de 70% a 50% y bajar el nivel promedio del IMECA de 125 a 105 puntos, con base en una disminución de 50% de las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno y de 25% en el caso de los hidrocarburos.</li> <li>. Revisión y actualización del programa de contingencias ambientales.</li> <li>. Introducción de combustibles más limpios.</li> <li>. Limitar el asentamiento de industrias altamente contaminantes y establecer convenios con la industria para reducir la emisión de precursores del ozono.</li> </ul> <p>En la revisión reciente del programa se acordó el desarrollo de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Envío de la información de monitoreo y de emisiones a la Secretaría de Salud para realizar estudios epidemiológicos.</li> <li>. Estudios de monitoreo microambiental (exposición personal) en la ZMG.</li> <li>. Obtención de apoyo financiero para la operación de la Red de Monitoreo a través del Consejo Metropolitano.</li> <li>. Auditoría a la Red de Monitoreo.</li> <li>. Ampliación y modernización del programa de afinación controlada aplicando la normatividad.</li> <li>. Integración de políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte, vialidad y medio ambiente.</li> <li>. Operación de la red de monitoreo de la calidad del aire.</li> </ul>
Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	<p>Iniciado en junio de 1997 a través del desarrollo de 45 proyectos, con 185 acciones específicas, que incluyen medidas para:</p>

(Continúa)

CUADRO 2.9. ASPECTOS SOBRESALIENTES DE LOS PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE EN MÉXICO

Entidad/Localidad	Aspectos sobresalientes del programa
	<ul style="list-style-type: none"> <li>. El abatimiento del 40% de las emisiones de hidrocarburos, 50% de óxidos de nitrógeno y 40% de partículas para el año 2000, a fin de reducir de un 10 a un 15% el número de días que se rebasan las normas de calidad del aire.</li> <li>. Operación de la verificación vehicular de acuerdo con la NOM-041-ECOL-1997.</li> <li>. Modernización del transporte público.</li> <li>. Eliminación de gasolinas con plomo y uso de combustibles menos contaminantes en la industria.</li> <li>. Control de emisiones de ladrilleras y hornos de alfarería.</li> <li>. Recuperación de vapores en estaciones de servicio.</li> <li>. Fomentar programas de recuperación de suelos y reforestación.</li> </ul> <p>Las acciones previstas en la revisión reciente del programa incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Modernización del programa de verificación vehicular.</li> <li>. Promoción de la integración de políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte, vialidad y medio ambiente.</li> <li>. Propuesta de reformas a la legislación vigente de manera que se establezcan claramente los mecanismos necesarios para alcanzar el objetivo del programa.</li> <li>. Modernización del transporte público de carga y pasajeros</li> <li>. Operación de la red de monitoreo de la calidad del aire.</li> </ul>
Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez	<p>Iniciado en 1997 incorporando 40 medidas, destinadas a lograr:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Disminuir la contaminación (particularmente de partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono) hasta cumplir la normatividad de calidad del aire en la ciudad.</li> </ul> <p>En la revisión reciente del programa se acordó continuar con o introducir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Verificación de vehículos a gasolina en la cuenca.</li> <li>. Desarrollo de estudios para la modelación de contaminantes.</li> <li>. Consolidación, en conjunto con la Secretaría de Salud, del Programa de Vigilancia Epidemiológica asociada a la contaminación.</li> <li>. Operación del Programa de Verificación Vehicular</li> <li>. Operación de la red de monitoreo de la calidad del aire.</li> <li>. La integración de políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte, vialidad y medio ambiente.</li> <li>. Reformas a la legislación vigente de manera que se establezcan claramente los mecanismos necesarios para alcanzar el objetivo del programa.</li> </ul>
Programa de Calidad del Aire de Mexicali	<p>Establecido para el periodo 2000-2005. Entre las acciones que comprende se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Programa de auditorías ambientales en las empresas de jurisdicción federal.</li> <li>. Estabilización de suelos en las calles no pavimentadas.</li> <li>. Desarrollo de programas de capacitación ecológica.</li> <li>. Operación de la red de monitoreo de la calidad del aire.</li> <li>. Reforzamiento de la inspección vehicular en la importación de vehículos usados</li> </ul>
Programa de Calidad del Aire de Tijuana – Rosarito	<p>Establecido para el periodo 2000-2005. Incluye las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Operación de la red de monitoreo.</li> </ul>

(Continúa)

CUADRO 2.9 ASPECTOS SOBRESALIENTES DE LOS PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE EN MÉXICO

Entidad/Localidad	Aspectos sobresalientes del programa
Programa de Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Inspección y vigilancia de la planta termoeléctrica Rosarito para el control de las emisiones.</li> <li>. Regulación de emisiones a empresas potencialmente contaminantes mediante la expedición de licencias, permisos y autorizaciones en materia ambiental.</li> <li>. Fortalecimiento de la inspección y vigilancia de establecimientos industriales y de servicios.</li> </ul> <p>El Proaire 2002-2010, se publicó en febrero de 2002 integrando 122 medidas y las siguientes:</p> <p>Ozono. En el año 2010 se cumplirá con la norma para este contaminante cuando se reduzcan en más de un 70% las emisiones de los precursores del ozono (NO<sub>x</sub> e HC), lo cual representa una meta difícil de lograr en el corto plazo por los altos costos económicos y sociales involucrados.</p> <p>En un escenario de corto plazo se considera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Eliminar las concentraciones de ozono superiores a 200 IMECA.</li> <li>. Reducir el número de días en que las concentraciones de ozono se encuentren en el intervalo de 101 a 200 IMECA.</li> <li>. Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).</li> </ul> <p>PM<sub>10</sub>. Las metas del programa con respecto a este contaminante son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Aumentar el número de días en que las concentraciones diarias de PM<sub>10</sub> se encuentran dentro del límite establecido por la norma.</li> <li>. Reducir el promedio anual de las concentraciones de PM<sub>10</sub>.</li> </ul> <p>PM<sub>2.5</sub>. En México aún no se ha establecido oficialmente un límite a la concentración de PM<sub>2.5</sub>. Se prevé que la medición de este contaminante se iniciará en el año 2003, a través de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico. Con base en los resultados de este monitoreo y de los límites que se establezcan, la CAM establecerá las metas de reducción de este contaminante.</p> <p>Otros contaminantes</p> <p>Las metas del programa con respecto a otros contaminante son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Eliminar las concentraciones de CO que excedan el límite de 9 ppm (promedio de 8 horas).</li> <li>. Reducir las concentraciones actuales de CO.</li> <li>. Con respecto al SO<sub>2</sub>, las metas del programa para el año 2010 son las siguientes:             <ul style="list-style-type: none"> <li>. Reducir las concentraciones promedio diario de SO<sub>2</sub>.</li> <li>. Reducir la concentración promedio anual.</li> <li>. Evitar la ocurrencia de picos extraordinarios asociados con el uso indebido de combustibles de alto contenido de azufre.</li> </ul> </li> <li>. Para el NO<sub>2</sub>, las metas del programa para el año 2010 son las siguientes:             <ul style="list-style-type: none"> <li>. Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).</li> </ul> </li> </ul>

Fuentes: Gobierno del estado de Nuevo León, SEMARNAP, SSA 1997, Gobierno del estado de Chihuahua-SEMARNAP 1998, Gobierno del estado de Baja California, SEMARNAP, SSA 2000, Gobierno del estado de Jalisco, SEMARNAP, SSA 1997, Gobierno del Estado de México-SEMARNAP 1997.

este sentido, situaciones como el pronóstico de desabasto de gas natural para el año 2003, que afecta al suministro de dicho combustible a centrales termoeléctricas del país ubicadas en zonas críticas ha requerido la atención urgente de ambas secretarías.

### Normatividad sobre calidad del aire

En cuanto a la regulación, se han emitido tres reglamentos derivados de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que impactan sobre la calidad del aire: uno en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera (1988), otro para la prevención y control de la contaminación generada por los vehículos automotores que circulan por el Distrito Federal y los municipios de la zona conurbada (1988) y otro sobre la Protección al ambiente de la contaminación originada por ruido (1982). Existen también diversas normas oficiales mexicanas en la materia: 12 relacionadas con la regulación de emisiones en la industria y servicios, 10 para vehículos automotores, 4 de ruido, 5 de monitoreo atmosférico y dos sobre calidad de combustibles.

### Cambio climático

Uno de los grandes problemas ambientales del siglo que inicia es, sin duda, el cambio climático, provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, que contribuyen al calentamiento del planeta. Existe una clara evidencia en el sentido de que gran parte del calentamiento global de los últimos años tiene como origen actividades antropogénicas. La quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo han elevado las concentraciones de algunos GEI a los valores más altos desde la era industrial.

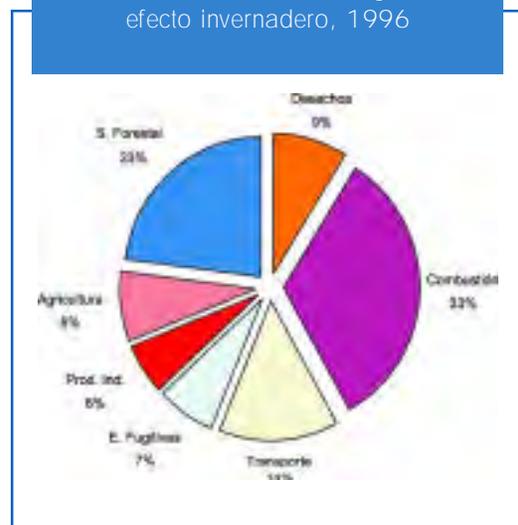
La concentración atmosférica de bióxido de carbono ha sufrido un incremento de 280 ppm en 1750, a 367 ppm en 1999, lo cual representa un aumento del 31%. Para el año 2100 podría haber un incremento de 367 ppm a 490–1260 ppm, lo que representaría un aumento de 75 a 350% del año base. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático finalizó su Tercer informe de evaluación en 2001 en el que se menciona que el nivel de los mares podría aumentar de 9 a 88 centímetros en el período que transcurra entre 1990 y 2100. De la misma manera, se hicieron proyecciones que indican que la temperatura promedio global superficial se incrementaría de 1.4 a 5.8 °C en el mismo período, lo cual tendría efectos sobre los

patrones del clima, los recursos hídricos, el ciclo de las estaciones, los ecosistemas, los eventos climáticos extremos, por mencionar sólo algunos.

Lo anterior ha hecho necesaria una acción internacional promovida por la Organización de las Naciones Unidas para reducir dichas emisiones, mediante el establecimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). México se adhirió a la Convención el 9 de mayo de 1992 y la ratificó en 1993, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994. Con ello nuestro país está obligado a realizar acciones que incluyen la elaboración y actualización periódica de los inventarios de emisiones de los GEI y su publicación, así como llevar a cabo estudios de mitigación, evaluación de la vulnerabilidad y de opciones de adaptación.

Cabe señalar que un número considerable de países industrializados no han cumplido con el compromiso de reducir las emisiones de GEI a los niveles de 1990 (artículo 4.2 a y b de la Convención). Por ello, se decidió en la Primera conferencia de las Partes, celebrada en Berlín en marzo de 1995, negociar un protocolo que contuviera medidas de reducción de las emisiones en los países industrializados para el período posterior al 2000, lo cual quedó plasmado en el Protocolo de Kioto. Dicho protocolo fue suscrito por México el 9 de junio de 1998 y su ratificación fue aprobada por el Senado el 29 de abril de 2000. Es importante mencionar que el protocolo no ha recibido las ratificaciones necesarias para entrar en vigor.

Gráfica 2.9. Fuentes de gases con efecto invernadero, 1996



Fuente: INE-SEMARNAT 2001.

En México, de acuerdo con los compromisos contraídos, se elaboró un inventario a partir de la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> por sector (aunque no con un enfoque geográfico) y, de acuerdo con la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se informó que las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en 1996 se debieron en un 61% a los combustibles fósiles; en 30.6% a los cambios de uso del suelo y de los bosques; y en 8.2% a los procesos industriales. Las fuentes que más contribuyen a la generación de GEI aparecen referidas en la gráfica 2.9.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzaron 350.4 mil Gg, (gráfica 2.10) en 1998; las principales fuentes fueron el consumo de combustibles por parte de la industria de la transformación y energía, aunque también sobresale el transporte. En el cuadro 2.10 se reseñan las emisiones de los diferentes gases en sus equivalentes a CO<sub>2</sub> en el periodo 1994-1998.

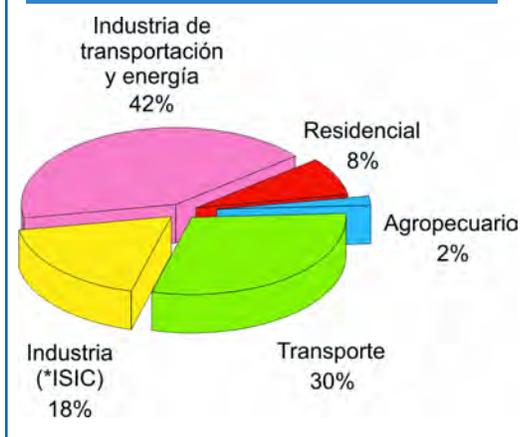
En el período 1990-1996, el cambio de uso de suelo y de bosques ocasionó emisiones de CO<sub>2</sub> en las cantidades que se indican en la gráfica 2.11.

La información anterior clasificó a México entre los 15 países que contribuyen mayormente en la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles. La Ciudad de México aportó 13% del total de esas emisiones en 1998. Se estima que México contribuyó durante ese mismo año con alrededor de 352.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, ubicándose como el país de América Latina con emisiones más altas (lo que equivale a alrededor del 1.5% de las emisiones mundiales). De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), durante la década de 1990, nuestro país incrementó en 23.1% sus emisiones de CO<sub>2</sub>, aproximadamente el doble del aumento promedio del resto de países de la OCDE, que fue de 13%. De estas emisiones, 60% fueron aportadas por la generación eléctrica y el sector transporte.

### Protección de la capa de ozono

El descubrimiento del deterioro en la capa de ozono, (provocado por diversas sustancias halogenadas, que al romper dicha capa en la estratosfera, la cual actúa como filtro) lo que impide que proteja al planeta de las radiaciones solares ultravioleta, llevó a la Organización de las Naciones Unidas a promover el establecimiento de medidas de carácter internacional tendientes a reducir la producción, el consumo y la emisión de sustancias halogenadas, a través de un proceso de negociación y de regulaciones internacionales.

Gráfica 2.10. Los sectores que más contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero por consumo de combustible



Fuente: INE-SEMARNAT 2001.

En 1992, en la IV Reunión de las Partes, México se comprometió a eliminar prácticamente el consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) en el año 2000, al considerar la posibilidad de lograr una disminución del 90%, reservándose el 10% restante para fines esenciales entre los que se encuentran los de uso médico para esterilización de material quirúrgico, inhaladores, etcétera. Con tal propósito, se desarrollaron incentivos para la adopción de convenios voluntarios con la industria mexicana, con el respaldo del Fondo Multilateral que estableció el Protocolo como mecanismo para aportar apoyo financiero y técnico a empresas especializadas en refrigeración, disolventes, fábricas de espumas de poliuretano y uso de halones, lo cual reducirá la presión que ejerce sobre el ambiente la liberación de estas sustancias (SEMARNAP 2000). En el cuadro 2.11 se señalan los compromisos internacionales de México ante el Protocolo de Montreal.

Las gráficas 2.12 y 2.13 muestran los consumos históricos de SAO (excepto HCFC) y bromuro de metilo.

### Cumplimiento de México del compromiso del Protocolo de Montreal

México, como país pionero del Protocolo de Montreal, lanzó en 1992 una iniciativa para definir un calendario

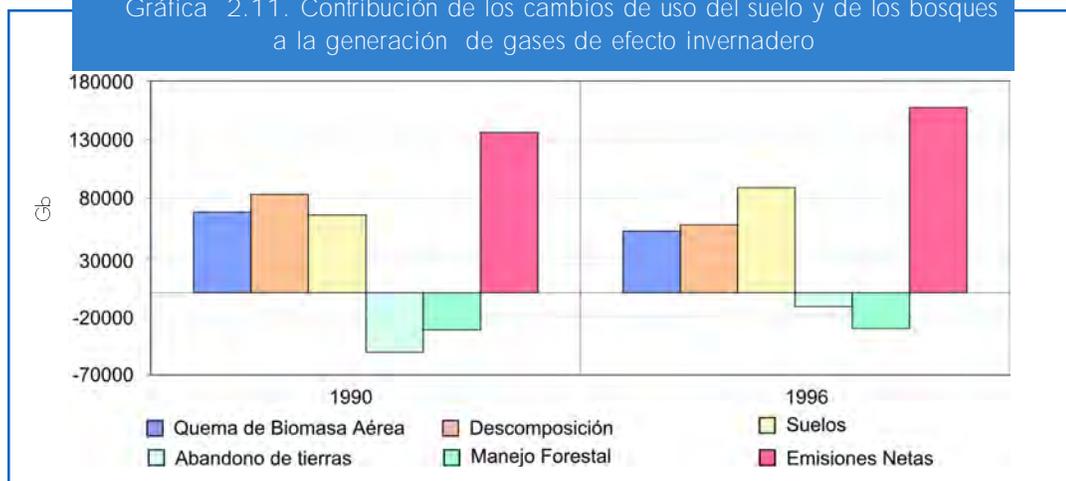
CUADRO 2.10. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1996  
Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR CONSUMO DE ENERGÍA 1994-1998

	Emisiones (Gb)	
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	514,047	75%
Metano (CH <sub>4</sub> )	157,648	23%
Óxidos de nitrógeno	14,422	2%
Emisiones de CO <sub>2</sub> derivadas del consumo de energía		
1990	297,010	
1994	314,352	
1996	314,730	
1998	350,380	

Gg= gigagramo (1x10<sup>9</sup> gramos)

Fuente: Presentación en el Foro de información y consulta acerca del cambio climático. México. 15 de octubre de 2002.

Gráfica 2.11. Contribución de los cambios de uso del suelo y de los bosques a la generación de gases de efecto invernadero



Fuente: INE-SEMARNAT 2001.

acelerado para eliminar la mayor parte del consumo de clorofluorocarbonos (CFC) para el año 2000; esta iniciativa se ha cumplido eliminando en el año 2001 el 85% del consumo de estas sustancias, aunque el Protocolo exija a los países, (artículo 5) eliminar únicamente el 50% del consumo de CFC en 2005.

Adicionalmente a esta iniciativa, se unen más de 100 proyectos puestos en marcha en los sectores de refrigeración doméstica, comercial, halones, aires acondicionados, solventes y espumas de poliuretano, entre los que destacan:

. Banco de halones.

- . Proyectos de refrigeración en varias tiendas de autoservicio.
- . Proyectos de conversión a tecnologías libres de CFC en la elaboración de paneles de espumas de poliuretano.
- . Proyectos de conversión a tecnologías libres de CFC en la producción de equipos para aire acondicionado.
- . Proyectos de conversión a tecnología libre de CFC en la manufactura de espumas de poliuretano rígido.
- . Proyectos de conversión a tecnología libre de CFC en la manufactura de suelas de poliuretano.

- Eliminación de CFC en la manufactura de refrigeradores comerciales.
- Eliminación de CFC en la manufactura de refrigeradores domésticos.
- Eliminación de la producción de CFC en México a partir de 2006.
- Eliminación del uso de CFC en esterilizantes médicos y aerosoles técnicos a partir de 2007.

Desde 1990, los productos en aerosol distribuidos en México utilizan propelentes alternativos. Asimismo, desde 1997 todos los refrigeradores domésticos y el 95% de los equipos de refrigeración comercial producidos en nuestro país se encuentran libres de CFC. En el sector de solventes y espumas de poliuretano, se ha eliminado el uso de CFC en 80% y 75%, respectivamente.

En la reunión número 40 del Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal (16-18 julio 2003), el Fondo Multilateral de dicho protocolo aprobó el proyecto de eliminación del uso CFC en esterilizantes médicos y el proyecto de eliminación de la producción de CFC en México a partir del año 2006, mediante la suspensión definitiva de la producción de CFC-11 y CFC-12. Dicho proyecto incluye la indemnización a la única planta productora mexicana; auditorías técnicas, la introducción de un sistema de cuotas de producción, importación y exportación, el reporte de uso de inventarios, asistencia técnica, capacitación y difusión, que serán instrumentados por

el gobierno mexicano. Asimismo, este proyecto logra la eliminación de la producción de CFC en América del Norte e impacta en más del 85% el mercado en América Latina.

La gráfica 2.14 señala el calendario de eliminación de consumo de CFC en México establecido por el Protocolo de Montreal; sin embargo, es importante mencionar que éste puede ser aún más estricto de acuerdo con las necesidades presentes en el país.

### Contaminantes Orgánicos Persistentes

México suscribió en mayo de 2001, y ratificó en febrero de 2003, el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) que en su Anexo C establece disposiciones relativas a la eliminación o reducción gradual de la liberación al ambiente de subproductos no intencionales que son considerados como COP y que incluyen a las dioxinas, los furanos, el hexaclorobenceno y los bifenilos policlorados (BPC). Se espera la ratificación del Convenio (y su entrada en vigor) a finales del 2004.

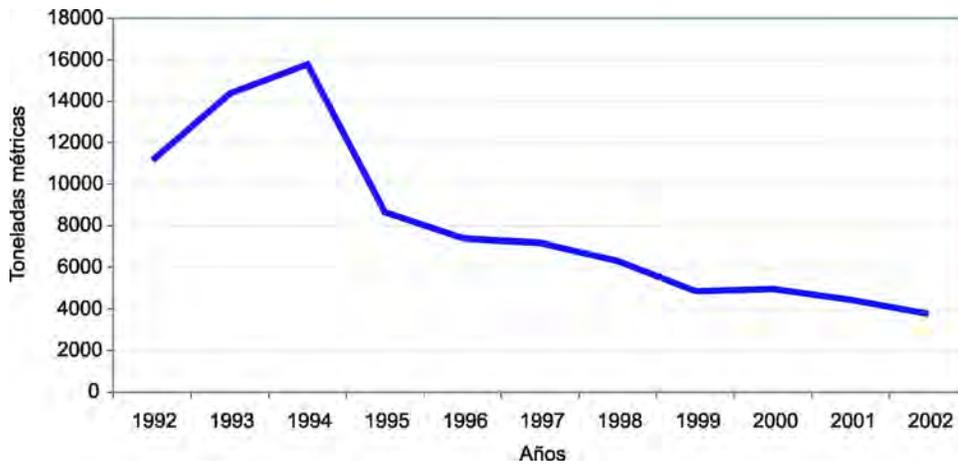
México también ha asumido compromisos similares a los del Convenio de Estocolmo en el marco de cooperación de la CCA con la Resolución de Consejo 95-5 sobre Manejo Adecuado de Sustancias Químicas (MASQ), en cuyo contexto ha venido desarrollando Planes de Acción Regional para América del Norte (PARAN). Su objetivo ha sido la eliminación del uso

CUADRO 2.11. COMPROMISOS DE MÉXICO ANTE EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Sustancia agotadora de la capa de ozono	Línea base	Compromiso
CFC	Consumo promedio de los años 1995-1997	Reducción del 50% a partir del 1 de enero de 2005. 85% a partir del 2007 100% a partir de 2010
Halones	Consumo promedio de los años 1995-1997	Reducción del 50% a partir del 1 de enero de 2005. 85% a partir del 2007 100% a partir de 2010
Otros CFC	20 % menos del consumo promedio de los años 1995-1997	Reducción del 85% a partir del 1 de enero de 2007 100% a partir del 2007
HCFC	A partir del año 2015	Producción y consumo congelado a niveles del año 2015 y a partir de 2016.
Bromuro de metilo	Producción y consumo congelado a niveles del promedio de los años 1995-1998	Reducción del 20% a partir del 1 de enero de 2005, 100% a partir del 1 de enero de 2015.

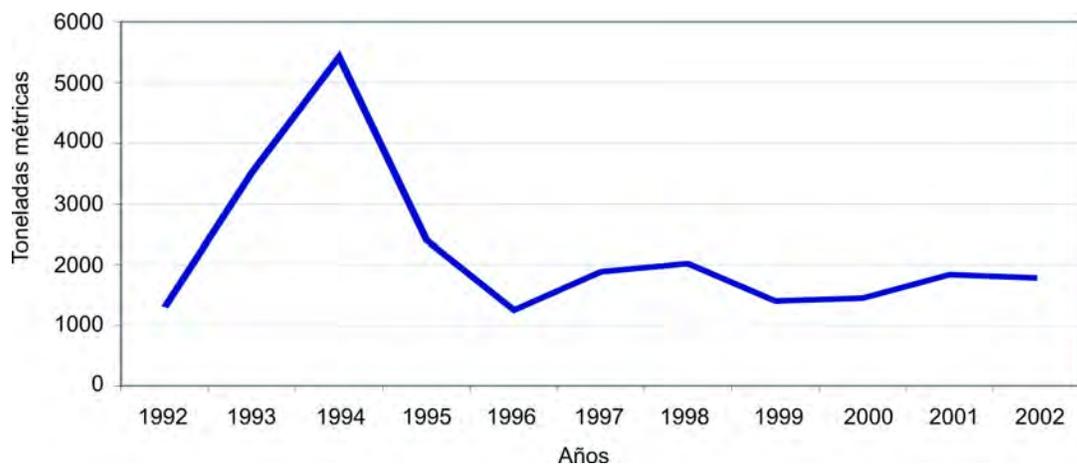
CFC= clorofluorocarbonos; HCFC= hidroclofluorocarbonos.  
Fuente: INE-SEMARNAT 2003b.

Gráfica 2.12. Consumo histórico de SAO en México (excepto HCFC)



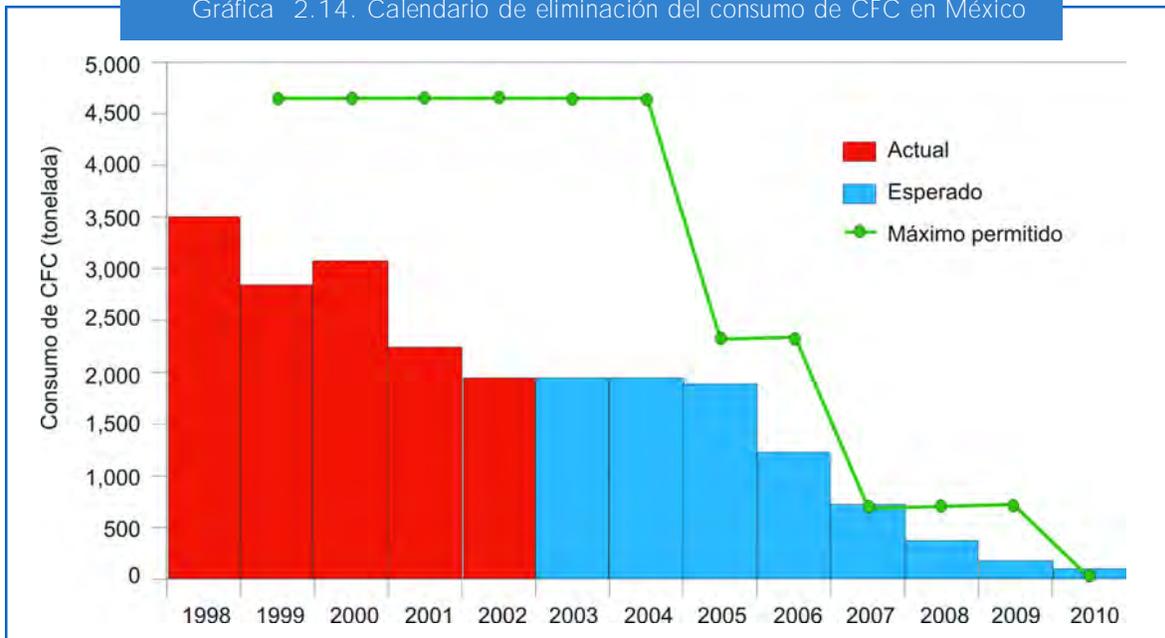
Fuente: SEMARNAT 2003b.

Gráfica 2.13. Consumo histórico de bromuro de metilo en México



Fuente: SEMARNAT 2003b.

Gráfica 2.14. Calendario de eliminación del consumo de CFC en México



Fuente: Proyecto de eliminación de la producción de CFC en México aprobado en la 40a Reunión del Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal (16-18 julio 2003).

de productos que son contaminantes orgánicos persistentes (como el DDT, el clordano, el mercurio y los BPC). México se comprometió, junto con Canadá y Estados Unidos de América, a desarrollar otro PARAN para dioxinas, furanos y hexacloro- benceno, cuya formulación está en curso. Como paso preliminar para la formulación del PARAN se ha elaborado un

inventario preliminar de fuentes y emisiones de dioxinas y furanos, en el cual ocupan un lugar relevante la quema de basura a cielo abierto y los incendios forestales, lo cual refuerza la necesidad de una vinculación efectiva entre las políticas y programas de calidad del aire, con las relativas a la gestión de los residuos y la protección de los bosques.







## El agua

El agua dulce es uno de los recursos más escasos en el planeta a lo que debemos agregarle, para el caso mexicano, una distribución geográfica muy desigual. Resulta paradójico que 76% de la población mexicana, así como las dos terceras partes de la industria manufacturera y las tierras destinadas a la agricultura y ganadería se ubiquen en una zona donde el agua es más escasa. En México, la disponibilidad del vital líquido no sólo varía espacial sino también temporalmente, ya que el 90% de la descarga pluvial tiene lugar durante los 4 a 6 meses que dura la estación de lluvias y cuya variación ha aumentado a lo largo de los años (SEMARNAP 2000b).

Por ser el agua un elemento esencial para la vida y un factor clave para el desarrollo económico del país, su manejo y preservación han sido identificados como asuntos estratégicos y de seguridad nacional: "Crecimiento económico sostenido, reducción de la brecha social, protección a los más necesitados, conservación y restauración del patrimonio agua y

bosques, son sólo algunos aspectos que hacen de los recursos hidráulicos parte central de la seguridad nacional" (CNA 2001).

Para dar un sentido integral a la planeación, la administración y al manejo sustentable del recurso, en 1996 la Comisión Nacional del Agua (CNA) estableció a la cuenca hidrológica como la unidad básica de gestión, identificándose en el país 13 regiones administrativas independientes de los límites políticos estatales, constituídas por una o más cuencas (mapa 2.2).

El problema de la disponibilidad de agua adquiere también una connotación social, ya que existen problemas de inequidad en el acceso al recurso, lo cual contribuye a que paguen más por ella quienes menos recursos económicos tienen, como se advierte en los asentamientos de zonas marginales en donde no hay infraestructura para la distribución del agua.

Por lo anterior, el *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006* da un valor coyuntural y estratégico a la protección de este recurso y a su aprovechamiento sustentable, a través de acciones orientadas a lograr un cambio cultural en la materia y una mayor participación pública, así como de inversionistas, en su gestión y en el fortalecimiento de la infraestructura hidráulica.

MAPA 2.2. REGIONES HIDROLÓGICAS ADMINISTRATIVAS



Fuente: CNA 2003a.

## Presión

Para el año 2001 se estimó que se extrajeron de ríos, lagos y acuíferos del país 72.56 km<sup>3</sup> de agua para los principales usos consuntivos, lo cual representa 15% de la disponibilidad natural media nacional (escurrimiento natural virgen y recarga de acuíferos) (CNA 2001, 2003a). A nivel nacional, la extracción de agua subterránea equivale a cerca de 37% de la recarga o volumen renovable, pero existen regiones donde la situación es crítica (como ocurre en las zonas áridas) pues el balance hídrico es negativo y se está agotando el recurso. Esto se ve agravado en el caso de los volúmenes de infiltración que se han reducido como resultado de la pérdida de zonas de recarga, por la deforestación y los cambios de uso del suelo.

En términos generales puede decirse que el 60% del agua consumida proviene de fuentes superficiales. Sin embargo, la distribución del consumo por regiones es variable, ya que en el Pacífico Norte, Golfo Norte y Pacífico Sur, el consumo de agua superficial es superior al 75%, en tanto que en las regiones como: Lerma-Santiago-Pacífico, Cuencas Centrales del Norte, Valle de México y la Península de Yucatán, se utiliza preferentemente el agua subterránea (SEMARNAT 2003d).

Otro hecho a destacar es la diferente presión ejercida por la extracción de agua según su origen, pues si bien en el caso del agua superficial no se observaron cambios significativos en el periodo 1998-2000, la extracción del agua subterránea mostró cambios notables. Por ejemplo, en la región del Pacífico Norte, en las cuencas centrales del norte y Lerma-Santiago-Pacífico, el uso de agua subterránea aumentó en 11.5, 57.6 y 12.4%, respectivamente. Por el contrario, en la Península de Baja California, Noroeste y en el Valle de México se redujo de manera

notoria la extracción de agua de esta fuente, hasta en 28%, lo que disminuyó los problemas graves de sobreexplotación de acuíferos que venían presentándose (SEMARNAT 2003d).

En México el recurso hídrico está sujeto a una presión moderada, si se emplean los criterios de la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas. Sin embargo, en las zonas del centro, norte y noroeste, este indicador alcanza un valor superior al 40%, que es considerado como una muestra de la alta presión que se ejerce sobre el recurso. Esto constituye una amenaza para el desarrollo de las entidades correspondientes, ya que precisamente en estas zonas es donde se concentra la mayor parte de la población, así como la actividad industrial más importante (CNA 2001). A diferencia de las tres regiones antes mencionadas, en el mapa 2.3 se observa que la parte occidental del país está sometida a una presión media fuerte, una fracción de la nororiental a presión moderada y solamente en la zona sur hay una escasa presión sobre este recurso.

En el cuadro 2.12, se puede apreciar que el uso que mayor presión ejerce sobre el recurso hídrico es el agropecuario, entre otros factores, por la baja eficiencia de los sistemas de irrigación agrícola, que apenas alcanza 46%; en contraste, contribuye en menor grado a la generación del producto interno bruto. La infraestructura de riego para la agricultura cubrió alrededor de 6.3 millones de hectáreas en el año 2000, lo cual corresponde aproximadamente al 28% de la superficie agrícola y ubica al país en el séptimo lugar mundial a este respecto. El 54% de la superficie que cuenta con esta infraestructura corresponde a 82 distritos de riego y el 46% adicional a obras de pequeño riego operadas por los propios productores (CNA 2001).

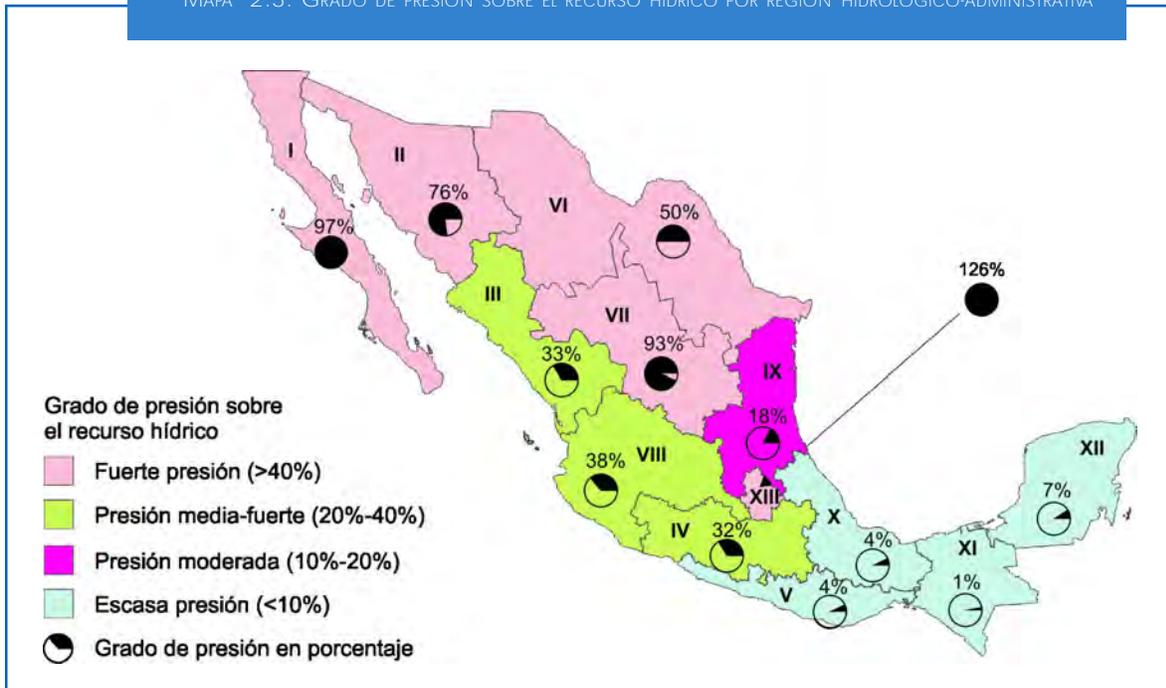
CUADRO 2.12 EXTRACCIONES BRUTAS DE AGUA DULCE PARA LOS PRINCIPALES USOS (ESTIMACIONES DEL AÑO 2001)

	Superficial		Subterránea		Total	
	km <sup>3</sup>	%	km <sup>3</sup>	%	km <sup>3</sup>	%
Agropecuario	36.83	82	19.55	71	56.38	78
Abastecimiento Público <sup>1</sup>	3.30	7	6.26	23	9.56	13
Industria Autoabastecida <sup>2</sup>	5.03	11	1.59	6	6.62	9
Total	45.16	100	27.40	100	72.56	100

1. Uso público urbano y doméstico. 2 Uso para la industria, servicios, comercio y termoeléctricas.

Fuente: Modificado de CNA 2003a.

MAPA 2.3. GRADO DE PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO POR REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA \*



\* Estimaciones realizadas por la Gerencia de Planeación Hidráulica (GPH), con base en la disponibilidad y extracciones de agua, considerando el procedimiento de evaluación que marca la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la ONU en su publicación: Evaluación General de los Recursos de Agua Dulce del Mundo 1997.

Fuente: CNA 2003a.

En conjunto, las actividades agropecuarias emplean el 78% de la extracción bruta de agua de ríos, lagos y acuíferos (CNA 2001). No obstante, existen diferencias notables entre regiones; por ejemplo, en la región del Pacífico Norte este uso representó 90%, mientras que en la del Golfo Centro no llegó al 50%. Cabe resaltar que entre 1998 y 2000 se incrementó el agua subterránea utilizada en la agricultura en cerca de 3,000 km<sup>3</sup>/año (SEMARNAT 2003d).

En segundo lugar en el consumo de agua está el uso público. Las dotaciones per cápita reportadas para este uso oscilan entre 100 y 240 L/habitante/día, dependiendo del tamaño y el clima de la localidad sin embargo, la dotación que reciben grandes ciudades como el Distrito Federal es significativamente mayor, alcanzando hasta 360 L/habitante/día (Gobierno del Estado de México 2003).

Junto con la presión que ejerce la demanda, se presentan las pérdidas por fugas en las redes de distribución de agua potable, que oscilan entre 30% y 50%, a lo cual se agregan las deficientes tarifas para el cobro del servicio (CNA 2001). Por otra parte, las

descargas de aguas residuales provenientes de centros urbanos se estiman en 252 m<sup>3</sup>/s, lo que representa una aportación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 2.1 millones de toneladas anuales (CNA 2003a).

Aunque el volumen de agua extraído para usos industriales no es alto (aproximadamente 6 km<sup>3</sup>/año), este sector descarga alrededor de 5.36 km<sup>3</sup>/año de aguas residuales a los cuerpos receptores, que se traducen en más de 6 millones de toneladas al año de carga orgánica, expresada como DBO<sub>5</sub> (CNA 2001). La industria petrolera y la agropecuaria (particularmente la porcícola, azucarera y productora de café) contribuyen de manera notoria a este tipo de contaminación, a lo que debemos añadir a las industrias química, la de celulosa, papel y madera y la cervecera (cuadro 2.14).

Por otra parte, las centrales termoeléctricas emplean aproximadamente 0.2 km<sup>3</sup> de agua dulce para enfriamiento al año. Aún cuando se trata de un uso no consuntivo, las plantas hidroeléctricas utilizan alrededor de 143 km<sup>3</sup> de agua al año en la generación

CUADRO 2.13. DOTACIONES DE AGUA PROMEDIO, SEGÚN CLIMA

Clima	Población rural (L/habitante/día)	Población urbana (L/habitante/día)
Cálido	185	242
Semi-cálido	130	197
Templado	100	175

Fuente: CNA. 1999a.

CUADRO 2.14. DESCARGAS Y MATERIA ORGÁNICA GENERADA POR GIRO INDUSTRIAL, 2001

Giro industrial	Descarga de aguas residuales (m <sup>3</sup> /s)	Materia orgánica generada (1000 t/año)
Acuicultura	67.6	7
Azúcar	45.9	1 884
Petrolera	11.4	1 992
Servicios	10.5	77
Química y farmacéutica	6.9	312
Celulosa y papel	5.5	122
Agropecuaria	3.2	1 063
Alimentos y bebidas	3.0	77
Cerveza	1.6	108
Minera	0.8	6
Textil	0.7	21
Destilería	0.4	24
Beneficio de Café	0.3	9
Tenerías	0.05	6
Otros	13.6	151

Fuente: CNA 2003a.

de energía eléctrica equivalente a 32,624 GWh, lo que representa el 17% del total generado. Es importante destacar que en la actualidad, el mayor porcentaje de energía eléctrica se produce por las centrales termoeléctricas, invirtiendo el patrón que se observaba en los años anteriores a la década de 1970, en donde predominaba la generación hidroeléctrica (CNA 2001).

## Estado

### Los recursos hídricos

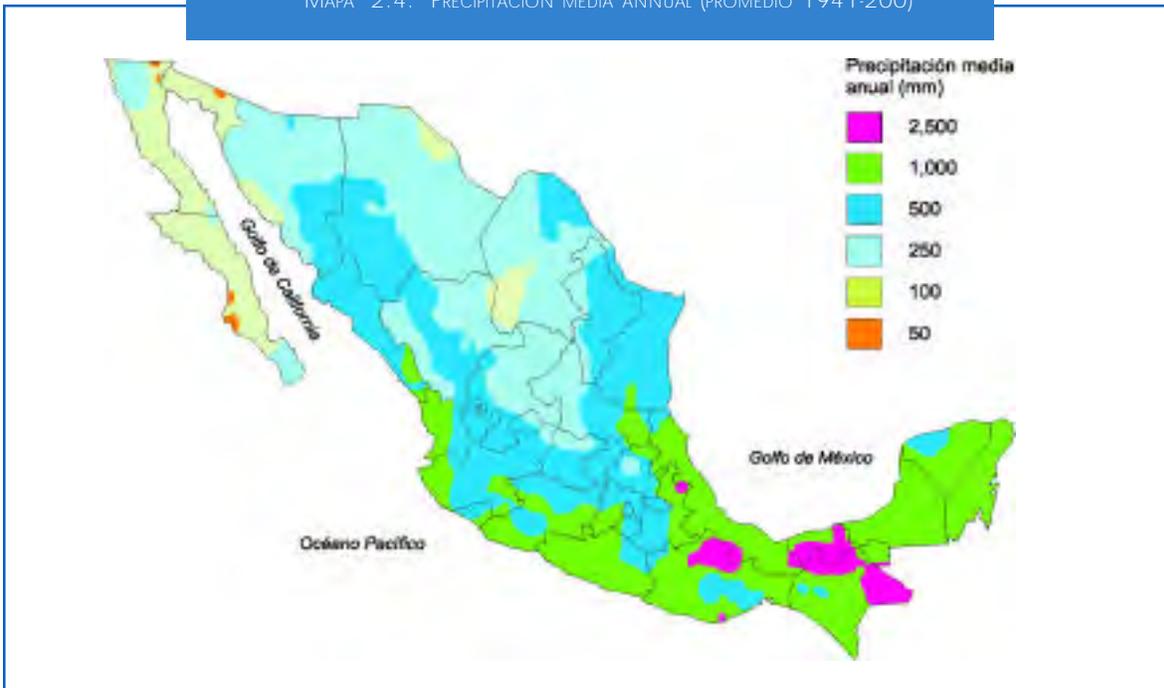
La disponibilidad natural media del agua superficial de cada región se mide en términos del escurri-

miento virgen, es decir, el agua que llevan los ríos a lo largo de un año. En las zonas áridas de Baja California, Sonora y la Mesa del Norte, existen áreas donde prácticamente no hay escurrimientos superficiales, mientras que en la vertiente del Golfo y en el resto de la vertiente del Pacífico existen zonas donde el escurrimiento es muy alto y el drenaje natural insuficiente, lo cual propicia que se produzcan inundaciones.

A las variaciones antes señaladas se agregan las del régimen climático del país y de las fluctuaciones en las precipitaciones pluviales, lo cual se refleja en una diferencia considerable en el volumen de agua de los ríos en épocas de lluvias y de secas.

La precipitación media total registrada en el territorio nacional es de aproximadamente 772 mm/año, equivalente a 1,528 km<sup>3</sup> de agua, siendo el sureste

MAPA 2.4. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (PROMEDIO 1941-200)



Fuente: CNA 2001.

del país el que recibe la mayor cantidad y esto sólo entre los meses de junio a septiembre (mapa 2.4).

Alrededor del 73% de la lluvia que cae sobre el territorio nacional (1.5 mil km<sup>3</sup> en promedio) se evapora, y otra parte importante (variable de un año a otro o de estación a estación) es recibida por los cuerpos de agua superficiales de los 42 ríos principales del país y sus tributarios, para ser finalmente descargada al mar (CNA 2003a). En el cuadro 2.15 se presentan los principales ríos de cada vertiente.

En su transcurso, el agua puede ser retenida un tiempo en alrededor de 60 lagos naturales (destacando los que se presentan en el cuadro 2.16), así como en las 137 lagunas costeras con las que cuenta el país, o bien, ser almacenada temporalmente en las 4,500 presas que proporcionan una capacidad de almacenamiento del orden de 150 km<sup>3</sup>. Otra parte se consume para satisfacer diversos usos.

Sin embargo, y a pesar de que la capacidad de almacenamiento en el país equivale a cerca del 37% del escurrimiento promedio anual, aproximadamente el 80% del agua se descarga al mar sin ser aprovechada. Otro hecho importante es que alrededor del 18% del volumen de almacenamiento de agua en el país se en-

cuentra en zonas ubicadas por arriba de la cota de 500 msnm, en donde habita 75% de la población y en las que se ubican las mayores superficies de riego. Como consecuencia de lo anterior, y al no contar con lagos extensos y profundos, México dispone de un poco más de 6,500 km<sup>3</sup> de agua almacenada en lagos y lagunas (SEMARNAT 2003d).

Adicionalmente al agua de lluvia, México recibe anualmente agua de los países vecinos (48 km<sup>3</sup> de Guatemala y 1.8 km<sup>3</sup> provenientes de EE.UU. a través del río Colorado). A su vez, México debe entregar 0.44 km<sup>3</sup> del río Bravo, de conformidad con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales suscrito en 1944 con Estados Unidos de América. Por estas circunstancias, la disponibilidad de agua media natural real de México es de 472 km<sup>3</sup> al año en promedio (SEMARNAT 2003d).

Cabe resaltar que el país cuenta con un importante potencial de recursos de agua para fines recreativos y turísticos: lagos, lagunas y embalses, arroyos y cascadas. Se estima que existen más de 850 sitios asociados a cuerpos de agua con elevado potencial turístico y recreativo, así como 26 puertos de navegación en cuerpos de agua interiores (Bravo, Lerma-Santiago, Pánuco, Tuxpan, Balsas, Cazones,

CUADRO 2.15. PRINCIPALES RÍOS DE MÉXICO (MEDIAS HISTÓRICAS)

Río	Región administrativa	Gasto medio anual en la desembocadura (m <sup>3</sup> /s)	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Longitud (km)
Vertiente del Golfo de México				
Grijalva-Usumacinta	XI	2154.0	83,213*	608*
Coatzacoalcos	X	440.8	17,369	325
Papaloapan	X	583.6	46,517	354
Pánuco	IX	449.0	84,956	510
Tecolutla	X	187.4	7,903	375
Bravo	VI	27.4	247,163*	2,008*
Vertiente Interior				
Nazas	VII	6.6	255	255
Aguanaval	VII	3.8	34,692	481
Vertiente del Pacífico				
Balsas	IV	428.5	117,406	770
Lerma-Santiago	VIII	226.8	123,532	1,270
Ometepec	V	185.3	6,922	115
Verde	V	152.2	18,812	342
Papagayo	V	132.1	7,410	140
Colorado	I	7.2	5,180*	30*

(\*) Incluye únicamente la porción de cuenca que corresponde a México.  
Fuente: Modificado de CNA 2003a.

CUADRO 2.16. PRINCIPALES LAGOS DE MÉXICO (MEDIAS HISTÓRICAS)

Lago	Área (km <sup>2</sup> )	Volumen medio almacenado (km <sup>3</sup> )	Entidad federativa
Chapala	1,149	4.500	Jalisco y Michoacán
Cuitzeo	306	0.920	Michoacán
Pátzcuaro	97	0.550	Michoacán
Yuriria	80	0.188	Guanajuato
Tequesquitengo	8	0.160	Morelos
Catemaco	73	0.148	Veracruz

Fuente: Modificado de CNA 2003a.

Nautla, Actopan, La Antigua, Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva, Usumacinta y Hondo) (CNA 2001).

### Disponibilidad

En gran medida, el crecimiento de la población en México ha sido el responsable de la disminución en

la disponibilidad de agua, si se toma en cuenta que en 1920 la disponibilidad promedio era de 31 mil m<sup>3</sup>/habitante/año, mientras que en 1950 disminuyó hasta 18 mil m<sup>3</sup>/habitante/año y para 1970 se redujo por debajo de los 10 mil m<sup>3</sup>/habitante/año.

El censo poblacional realizado en el año 2000 mostró que el número de habitantes con acceso al servicio de agua alcanzó 97.5 millones, mientras que el volumen de agua por habitante en ese año fue al-

rededor de 4.8 mil m<sup>3</sup>; de seguir esta tendencia, se estima que para el año 2020, dicha disponibilidad de agua llegará a 3.7 mil m<sup>3</sup>/habitante/año (SEMARNAT 2003d).

Es importante mencionar que por debajo de 1.7 mil m<sup>3</sup>/habitante/año se puede presentar estrés hídrico, al carecerse con frecuencia de la cantidad de agua necesaria para diversas actividades; cuando este valor está por debajo de los mil m<sup>3</sup>/habitante/año, la situación se agrava y sus consecuencias pueden ser más severas al afectarse la producción de alimentos, el desarrollo económico del país y la protección de los ecosistemas (SEMARNAT 2003d).

En el Valle de México, los habitantes disponen de un poco menos de 200 m<sup>3</sup>/habitante/año por lo que esta zona ocupa la categoría de disponibilidad extremadamente baja; mientras la región de la Frontera Sur alcanza cerca de 27 mil m<sup>3</sup>/habitante/año, lo que representa una disponibilidad muy alta. Siguiendo estos criterios, se estima que alrededor de 31.6 millones de habitantes en el país se encuentran en situación de estrés hídrico y otros 23 millones estarían muy cerca de alcanzar este nivel (SEMARNAT 2003d).

A manera de resumen la figura 2.2 muestra que México tiene una disponibilidad de agua con una distribución que se relaciona con cuestiones geográficas y socioeconómicas, ya que la región que dispone de menor cantidad del vital líquido es aquella que contribuye más a la generación del producto interno bruto (PIB).

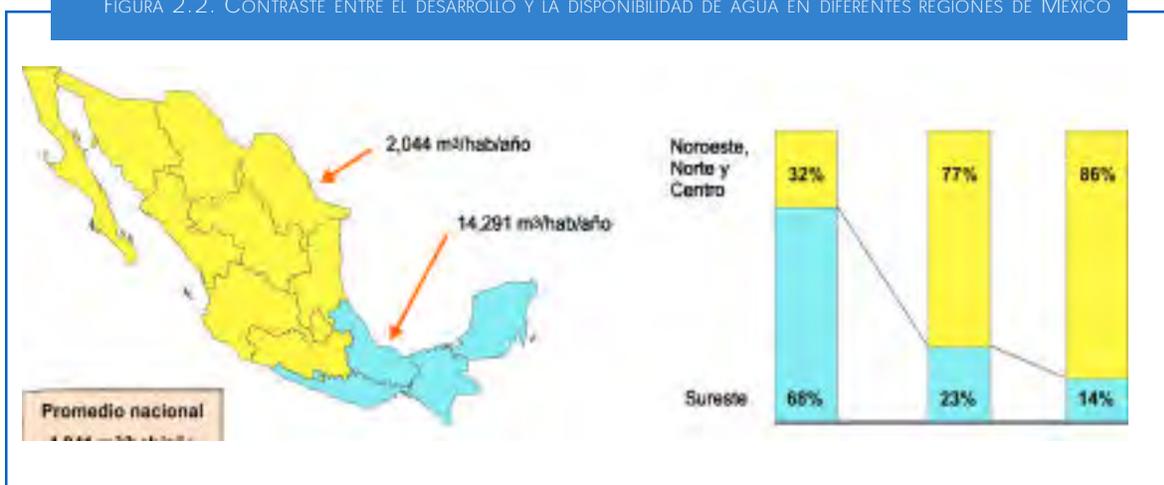
### Calidad del agua

La calidad del agua se ve afectada tanto por fenómenos naturales como por las actividades humanas y depende también de que se empleen tratamientos efectivos a las aguas residuales que se vierten a los cuerpos de agua, para eliminar o reducir las sustancias o agentes biológicos contaminantes.

Dicha contaminación se ha determinado a través de los resultados proporcionados por la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua, mediante el empleo de un Índice de calidad del agua (ICA), que comprende valores entre 0% y 100%. Un valor mayor del ICA indica una mejor calidad del agua. Este índice se obtiene a partir del promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 18 parámetros, entre los cuales se encuentran el pH, la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos suspendidos (SEMARNAT 2003d).

De conformidad con los resultados obtenidos acerca de la evaluación de la calidad del agua para el periodo 1974-2000, las cuencas con mayor grado de contaminación de agua superficial fueron la del Lerma, Alto Balsas, Bajo Bravo y Alto Pánuco; como región administrativa, el Valle de México es una de las que presentan mayores problemas, ya que el 70% de los cuerpos de agua monitoreados están altamente contaminados. Entre las cuencas menos contaminadas y con un ICA superior a 70 se encuentran la del Grijalva, Usumacinta y algunas porciones del Pánuco y el Alto y Medio Bravo (CNA 2001, SEMARNAT 2003d).

FIGURA 2.2. CONTRASTE ENTRE EL DESARROLLO Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN DIFERENTES REGIONES DE MÉXICO



Fuente: CNA 2001.

En la evaluación del ICA realizada en el año 2001 en cuerpos de agua superficiales receptores, se encontró que el 6% presentó excelente calidad, 20% una calidad satisfactoria que posibilita todo tipo de usos, 51% tuvo poca contaminación, lo cual restringe sus usos directos en ciertas actividades, y el 23% restante estuvo contaminado, altamente contaminado o con presencia de tóxicos, dificultando su uso directo prácticamente en cualquier actividad. Entre los principales contaminantes se encontraron coliformes fecales, grasas y aceites, ortofosfatos, sólidos disueltos y detergentes (cuadro 2.17).

En el caso del agua subterránea, más del 80% de los acuíferos contienen agua de buena calidad natural, con concentraciones menores o iguales a 1,000 mg/L de sólidos totales disueltos, pero se estima que alrededor de 40 acuíferos en el país presentan cierto grado de deterioro de la calidad del agua subterránea por actividades antropogénicas (CNA 2001).

### Acuíferos sobreexplotados

A nivel nacional, la recarga de los acuíferos es del orden de 75 km<sup>3</sup>/año; sin embargo, la extracción excesiva se estima entre 5 y 6 km<sup>3</sup>/año, debido a que el número de acuíferos sobreexplotados ha aumentado de forma alarmante. Se pasó de 32 acuíferos en 1975, a 97 para fines de 2001, es decir, 17% de los 600 acuíferos principales que suministran alrededor del 50% del agua de consumo para todos los usos

(mapa 2.4), y existen casos en los cuales dicha sobreexplotación ha provocado hundimientos severos como ha ocurrido en las ciudades de México, Aguascalientes y Zacatecas.

En las zonas áridas se observa salinidad alta en los acuíferos por la escasez de lluvias y la elevada evaporación; por el contrario, en las zonas tropicales y de mayor precipitación la salinidad es menor (CNA 2001).

Además, en México existen regiones donde la composición geomorfológica determina la presencia en el agua subterránea de varios elementos y compuestos inorgánicos potencialmente nocivos para el ser humano, que se han disuelto en el agua de forma natural a través de procesos geoquímicos. Tal es el caso del arsénico en Coahuila, Chihuahua, Durango e Hidalgo y los fluoruros en los acuíferos de Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (Vega Gleason 2002).

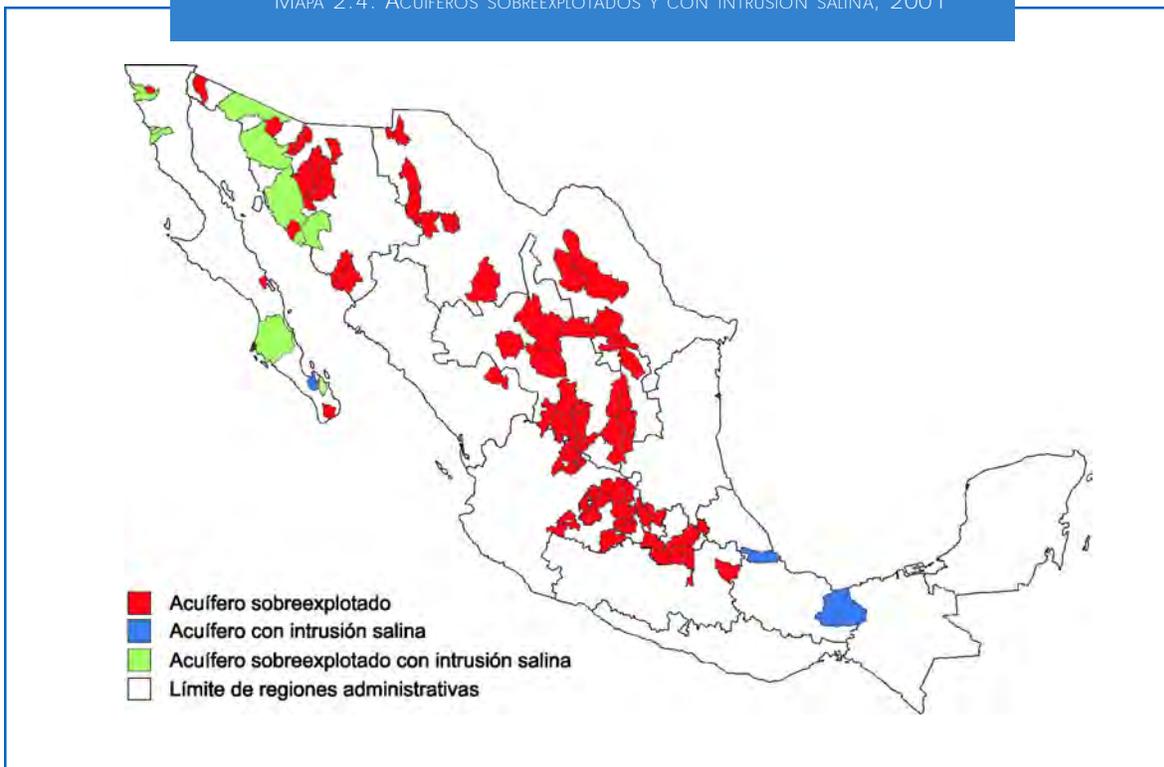
En la Comarca Lagunera, por ejemplo, en 1998 se encontraron concentraciones de arsénico en un rango de 0.008 a 0.624 mg/L; el 50% de las muestras analizadas tuvieron niveles superiores a 0.50 mg/L, cuando el límite máximo permisible en México es de 0.05 mg/L, de acuerdo con la norma de salud ambiental que implanta la calidad del agua potable, NOM-127-SSAI-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización (Vega Gleason 2002). En el Valle del

CUADRO 2.17. CUENCAS QUE INCLUYEN LOS CUERPOS DE AGUA MÁS CONTAMINADOS

Región Administrativa	Cuenca	Cuerpo de agua altamente contaminados
I Península de Baja California III Pacífico Norte	Río Tijuana-Mandadero Río San Pedro	Río Tijuana, Río Tecate, Río Nuevo Arroyo Acequia Grande, Río Durango, Río Tunal, Río Súchil
IV Balsas VI Río Bravo VIII Lerma Santiago Pacífico	Río Atoyac Laguna de Bustillos y de los Mexicanos Río Lerma-Toluca Río Lerma-Salamanca Río Laja Río Santiago-Guadalajara Río Verde-Grande	Río Zahuapan, Río Atoyac, Río Alseseca Laguna de Bustillos Río Lerma Río Lerma, Río Turbio Río Querétaro Río Santiago Río Lagos
IX Golfo Norte X Golfo Centro XIII Valle de México	Río Moctezuma Río Papaloapan Río Moctezuma	Río San Juan, Río Tulancingo Río Blanco Río de los Remedios, Río Churubusco, Río San Buenaventura, Río de la Compañía, Río Teotihuacan, Presa Heñido, Río de las Avenidas

Fuente: CNA 2003a.

MAPA 2.4. ACUIFEROS SOBREEXPLOTADOS Y CON INTRUSIÓN SALINA, 2001



Fuente: CNA 2003a.

Guadiana, solamente 2 de los 51 pozos monitoreados se encontraron dentro del límite máximo permisible de 1.50 mg/L para fluoruros establecido en la norma oficial mencionada (Vega Gleason 2002).

### Sistemas epicontinentales

#### Ecosistemas dulceacuícolas

En la República Mexicana existen 14 mil cuerpos de agua lagunaria (cuerpos de agua interiores), de los cuales el mayor número se localiza en la zona centro occidente, que incluye los estados de Jalisco y Michoacán, siguiendo en importancia la región centro sur y la norte. Destacan por su abundancia los embalses artificiales, que ocupan 67.13% de los cuerpos hídricos y que cubren 188.8 mil hectáreas, que representan 14.74% de la superficie inundada de aguas epicontinentales.

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo

del agua y el movimiento de las especies. Sin embargo, debido a las limitaciones en el conocimiento de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos de México, la mayor parte de la información está enfocada a los peces y, en mucha menor medida, a los anfibios y reptiles.

Según Espinosa *et al.* (1998), cerca de 384 especies de peces han sido registradas para México como estrictamente epicontinentales (cuadro 2.18). De acuerdo con su distribución por provincia zoogeográfica, se agrupan de la siguiente manera: 8 familias con 47 géneros y 152 especies, pertenecientes a la región Neártica, y 12 familias con 18 géneros y 27 especies, a la región Neotropical. El límite entre estas dos provincias es una zona de sobreposición de faunas llamada "zona de transición centroamericana-mexicana", que tiene elementos norteamericanos y mesoamericanos, representada por cuatro familias con 19 géneros y 132 especies. Existen, también, alrededor de siete familias (con 18 géneros y 73 especies) compartidas por ambas provincias.

**Sistemas fluviales.** Los sistemas fluviales albergan una gran diversidad de especies de peces, crustáceos, moluscos e insectos que son elementos claves en las

CUADRO 2.18. PAÍSES CON MAYOR DIVERSIDAD DE ESPECIES DE PECES EPICONTINENTALES

País	Especies de peces dulceacuícolas
Estados Unidos*	822
México	384
Australia	216
Japón	186
Canadá	177
Turquía	152

\* Incluye las Islas del Pacífico y del Caribe.  
Fuente: www.cespedes.org.mx.

redes alimenticias. Estos sistemas son, además, un mosaico diverso de formas terrestres, comunidades y ambientes que sirven como marco para entender la organización, diversidad y dinámica de las comunidades de las plantas y animales asociadas a ellos. Mantener la integridad de estas comunidades requiere de un manejo especial y, en algunos casos, de protección contra la deforestación, sobrepastoreo, construcción de caminos, uso recreacional intensivo y otros tipos de explotación. Su escasa protección ha provocado que estén muy degradados por su uso.

En México, los sistemas fluviales son notables en cuanto a su biodiversidad por la composición variable de especies de peces, muchos de ellos con ictiofauna exclusiva.

**Sistemas lacustres.** La ubicación y la accidentada topografía del país favorecen el desarrollo de una gran diversidad de cuerpos de agua, así como de una biota diversificada y rica en especies nativas. En términos del flujo geoquímico de materia orgánica e inorgánica, los lagos son sistemas dependientes de los terrestres. El agua fluye hacia el lago desde la cuenca y es drenado, en el caso de cuencas exorreicas, a través de corrientes. Estos ecosistemas no pueden sobrevivir sin un aporte de agua, materia y energía. Por lo tanto, los atributos fisicoquímicos y ecológicos de un lago derivan principalmente del medio natural que los rodea, de los asentamientos humanos y de las actividades que se llevan a cabo dentro de una cuenca. Un lago se mantiene ambientalmente estable sólo si la cuenca mantiene sus condiciones ecológicas en buen estado.

Entre estos ecosistemas destacan una serie de lagos de origen volcánico con características muy particulares, los lagos-cráter, formados en las depresiones como resultado de la actividad tectónica-volcánica, y los lagos alpino-tropicales así como los oasis, bordos y presas.

**Humedales.** De acuerdo con lo establecido en la Convención sobre los humedales, que se celebró en Ramsar, Irán, en 1971, el término humedales se define como aquella extensión de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros (RAMSAR 1996b).

Los humedales son ecosistemas complejos, dinámicos y altamente productivos que proveen de hábitat, alimento, refugio y de áreas de crianza y reproducción a un número elevado de especies de peces, aves, anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados. Son reconocidos por su alto número de endemismos, especialmente de peces e invertebrados, por su fauna altamente especializada y porque dan refugio y protección a una gran cantidad de especies de aves migratorias. También desempeñan un papel ecológico muy importante en el control de la erosión, la sedimentación e inundaciones, en el abastecimiento y depuración del agua y en el mantenimiento de pesquerías. En la actualidad estos sistemas se han perdido considerablemente debido al drenado y relleno de sus áreas para diferentes usos.

En la tercera edición de la Semana Nacional de la Conservación, cuyo eje es el Año Internacional del Agua Dulce, el gobierno de México designó 10 nuevos sitios Ramsar con un área de 7,778 km<sup>2</sup>. Este es un aporte muy importante para la implementación de la Convención Ramsar en el país, el cual desde hoy cuenta con un total de 17 sitios de este tipo que suman 18,817 km<sup>2</sup>. Se destacan los esfuerzos por designar sitios con arrecifes de coral, sistemas kársticos, praderas marinas y manglares, así como dos santuarios de vida silvestre para la protección de la anidación de tortugas marinas (CONANP 2003a).

**Cenotes.** La península de Yucatán presenta características geohidrológicas diferentes a otras regiones del país. Está constituida por calizas y dolomías de alta permeabilidad, así como de yesos y anhidritas altamente solubles, los cuales presentan fallas, fracturas y cavidades de disolución que dan lugar a una compleja red de corrientes subterráneas interconectadas. Estas corrientes subterráneas ocasionalmente disuelven las calizas superficiales que al desplomarse forman depósitos de agua conocidos regionalmente como cenotes. Hall (1936) los clasifica en: cenotes cántaro, que presentan una reducida abertura superficial; cenotes tipo aguada, aquellos formados por grandes cavidades, someras y fangosas, que contienen agua únicamente durante la temporada de lluvias y cenotes tipo gruta, los cuales presentan un

acceso lateral que desciende a una cámara con agua.

Debido al aislamiento relativo de estos cuerpos de agua, a su historia geológica y a sus características geográficas, muchos de los organismos que viven en ellos son endémicos. Los cenotes y cuevas situados cerca de las costas contienen aguas salobres y marinas (ambientes anquihalinos) que fluctúan con las mareas, mientras que hacia el interior, el agua es completamente dulce.

### Biodiversidad dulceacuícola

**Sistemas fluviales.** De acuerdo con Espinosa *et al.* (1998) y Miller (1986), las familias con mayor número de especies endémicas son *Petromyzontidae*, *Clupeidae*, *Cyprinidae*, *Cichlidae*, *Cyprinodontidae*, *Goodeidae*, *Atherinidae* y *Poeciliidae*. En el cuadro 2.19 se listan los porcentajes de peces endémicos para diferentes cuencas.

La Cuenca Lerma-Santiago es característica por su alto grado de endemismo en las familias *Poeciliidae* (*Gambusia* y *Priapella*) y *Cichlidae* (diez especies endémicas de *Cichlasoma*). El Río Pánuco proporciona ejemplos de endemismos en *Poeciliidae* (*Xiphophorus*) y *Cichlidae* (*Cichlasoma*), y el Río Tunal principalmente en *Cyprinidae* (Espinosa *et al.* 1998, Miller 1986).

Las principales cuencas fluviales consideradas neárticas, según Álvarez y De Lachica (1974) en Arriaga *et al.* (2000b), se localizan en la península de Baja California, el noreste de Sinaloa, Chihuahua, norte de México (incluyendo el río Bravo y Río Salado), Cuatro Ciénegas, El Tunal y las cuencas del Nazas-Aguanaval, Mezquital, Armería y la parte media del Río Lerma.

CUADRO 2.19 PORCENTAJE DE PECES ENDÉMICOS PARA DIFERENTES CUENCAS

Cuenca	Total de especies	% de endemismos
Lerma – Santiago	57	58
Grijalva – Usumacinta	ND	36
Pánuco	75	30
Balsas	20	35
Amecca	ND	32
Papaloapan	47	21
Coatzacoalcos	53	13
Conchos	34	21
Tunal	13	62

ND = no disponible  
Fuente: Miller 1986.

Las cuencas fluviales consideradas neotropicales comprenden las tierras bajas que rodean la región neártica, es decir, las costas de Guerrero y Michoacán, los ríos Balsas y Papaloapan, el Istmo de Tehuantepec, el sistema Grijalva-Usumacinta y Yucatán.

La Zona de Transición Centroamericana-Mexicana es la zona de sobreposición de faunas de las provincias neárticas y neotropical (Darlington 1957). Esta zona se extiende a lo largo de la llanura costera, desde el Río Soto la Marina (75% de elementos norteamericanos), hasta el Papaloapan (95% de elementos mesoamericanos). En la costa del Pacífico la fauna es pobre en especies, con excepción de la Cuenca del Lerma; aquí se encuentran algunas especies septentrionales primarias, otras secundarias y, en el sur, algunos invasores marinos (Espinosa *et al.* 1998).

En relación con los anfibios y reptiles, México es uno de los países con mayor diversidad y un alto porcentaje de endemismos en géneros y especies (ver gráficas 45 y 46 de la sección de biota).

**Sistemas lacustres.** Cabe resaltar que entre los sistemas lacustres más importantes por su biodiversidad y por el alto número de endemismos conocidos están el Lago de Chapala, los lagos-cráter de la cuenca oriental y el Lago de Catemaco. Espinosa *et al.* (1998) y Miller (1986) incluyen también la Laguna de Chichancanab y el Lago de la Media Luna.

En la cuenca oriental se encuentran ubicados seis lagos de origen volcánico: Alchichica, La Preciosa, Quechulac, San Luis Atexcac, Aljojuca y San Miguel Tecuítlapa.

La región donde se ubica el Lago de Chapala es cercana al límite entre las regiones Neártica y Neotropical, por lo que presenta una ictiofauna muy diversa y endémica. De acuerdo con la SEMARNAP, se tienen identificadas nueve familias con 39 especies nativas y cuatro introducidas.

Existen también dos especies de moluscos bivalvos *Anodonta chapalensis* y *A. astarte*. Entre los crustáceos podemos citar una especie de acocil o cangrejo de río perteneciente a la familia Astacidae y el cangrejo redondo de la familia Pseudothelphusidae. También, el Lago de Chapala representa un área de descanso y alimentación de una gran cantidad de aves migratorias, entre ellas diferentes especies de patos y la gaviota del Atlántico.

Para el lago de Catemaco, situado en la región de Los Tuxtlas en Veracruz, las investigaciones de Miller (1986) han puesto de manifiesto un alto grado de endemismo entre la fauna ictiológica. Sus resultados preliminares apuntan hacia el reconocimiento de nueve especies endémicas, de las cuales al menos cinco son nuevos registros.

**Humedales.** En México uno de los ambientes acuáticos más diversos es Cuatro Ciénegas, situado en el estado de Coahuila. Este sitio se caracteriza por una gran variedad de ecosistemas acuáticos entre los que destacan los humedales tipo ciénegas o pantanos, humedales marginales y lagos-playa. Presenta también corrientes subterráneas, manantiales, canales, ríos, arroyos, riachuelos, pozos artesanos, lagos y estanques temporales. Se trata de un valle desértico localizado en el fondo de una cuenca endorreica de intermontaña, alimentado por manantiales y arroyos de tormentas (Minckley 1969).

Existe una rica fauna acuática y semiacuática integrada por especies relicto y de amplia distribución. Entre los grupos más estudiados se encuentran los crustáceos, moluscos, los peces, anfibios, reptiles, las aves acuáticas y la vegetación vascular.

De las 12 especies de crustáceos reportados, 50% son endémicas. Los moluscos están representados por 23 géneros (5 endémicos) y 33 especies (15 endémicas).

Existen ocho familias de peces, cuatro neárticas y cuatro neotropicales, con 16 especies de las cuales la mayoría es endémica y en peligro de extinción.

La herpetofauna registrada asciende a un total de 70 especies, de las cuales 66 son nativas de Cuatro Ciénegas. Las aves acuáticas reportadas pertenecen a 61 especies.

La flora está representada por 49 taxa, una de las más ricas del desierto chihuahuense. De estos taxa, 23 especies son endémicas. En cuanto a la vegetación acuática y semiacuática se han registrado 75 especies pertenecientes a 33 familias.

**Cenotes.** En los ambientes anquihalinos habitan una gran diversidad de especies. En la actualidad se reconocen 32 especies troglobias, la mayoría derivadas de ancestros marinos, que incluyen 30 crustáceos y dos peces.

Es importante señalar que los aspectos relacionados con los impactos ocasionados por la calidad, sobreexplotación, escasez y distribución del agua en México se describen en el capítulo 3.

## Respuesta

Entre las acciones concretas que forman parte de la respuesta gubernamental y social a los problemas que enfrenta el país en materia de agua, se describen a continuación algunas de las más sobresalientes.

Uno de los primeros productos de la actividad de la CNA, poco después de su creación en 1989, fue la promoción de la publicación de la Ley de Aguas Na-

cionales en 1992, la cual plantea estímulos para lograr una mayor eficiencia y una mejor percepción del valor económico del recurso, mediante la introducción de mecanismos de mercado y sistemas de precios. A la vez, este ordenamiento impulsó la adopción de un enfoque integrado para la gestión de las aguas superficiales y subterráneas y sentó las bases para la participación pública en la gestión de los recursos hidráulicos a nivel de las cuencas hidrológicas, a través de los Consejos de Cuenca, en los que toman parte las autoridades de los tres órdenes de gobierno, así como organizaciones no gubernamentales y representantes de la academia, quienes fungen como invitados. Hasta finales de 2002 se encontraban instalados 26 consejos de este tipo en todo el territorio nacional, al menos uno en cada región administrativa (CNA 2003a).

En cuanto a los servicios básicos, en el año 2000, se suministraron a nivel nacional más de 312 mil litros de agua potable por segundo para consumo humano; 27% de este suministro recibió potabilización y casi el 94% se desinfectó con cloro (gráfica 2.15) (SEMARNAT 2003d).

Sin embargo, de una entidad a otra se presentan marcadas diferencias, ya que Baja California Sur, Colima, Chihuahua, Durango, Morelos, Sonora y Yucatán recibieron una dotación de 400 L/habitante/día, en tanto que Chiapas y Puebla sólo recibieron 150 L/habitante/día, y Oaxaca apenas alcanzó 87 L/habitante/día, de los cuales sólo el 55% estaba desinfectado. Estados como Baja California Sur, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Zacatecas no tienen plantas potabilizadoras (SEMARNAT 2003d).

En el período comprendido entre 1990 y 2000, la cobertura de agua potable en zonas urbanas se incrementó de 88.4% a 94.6%, en tanto que en el medio rural este indicador pasó de 51% a 68.0% (SEMARNAT 2003d). A nivel nacional, de los 95.3 millones de personas que habitan en viviendas particulares, el 87.8% cuenta con el servicio (mapa 2.6). Entre los estados con mayor cobertura se encuentran el Distrito Federal, Aguascalientes, Colima y Coahuila (más del 90%) mientras que Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Veracruz y Guerrero sólo cuentan con agua potable en el 75% de las viviendas (SEMARNAT 2003d).

Los sistemas de alcantarillado en el año 2000 recolectaron alrededor de 200 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales, de las cuales cerca del 23% recibieron tratamiento en 793 de los 1,018 sistemas municipales que se encontraban en operación y que consisten principalmente en lagunas de estabilización y reactores de lodos activados. La capacidad total de las plantas existentes es de 75.9 m<sup>3</sup>/s. Es importante mencionar que la inversión en estas obras de infraestruc-

tura ha sido incipiente, aun por parte de los inversionistas que la consideran riesgosa por la dificultad de recuperarla mediante el cobro de tarifas (CNA 2001).

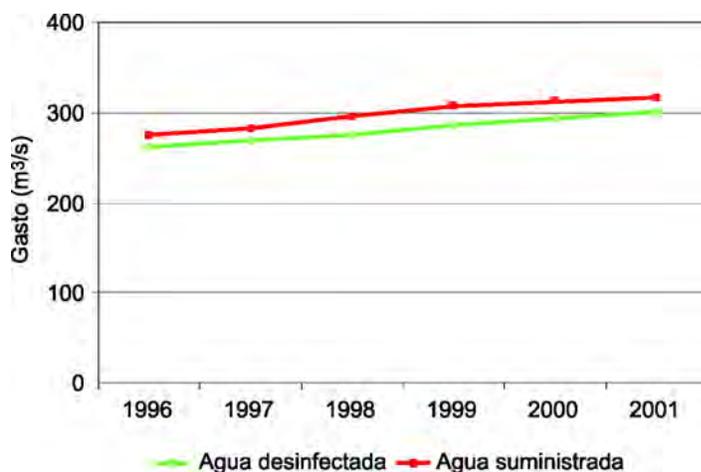
Para dar tratamiento a sus descargas de aguas residuales, el sector industrial instaló hasta el año 2001, aproximadamente 1,485 plantas de tratamiento con una capacidad de diseño de 41.90 m<sup>3</sup>/s, de las cuales se encontraban operando 1,405 con un gasto de 25.35 m<sup>3</sup>/s, lo que permite tratar alrededor del 15% de las aguas residuales generadas; problemas de liquidez financiera han retrasado el desarrollo de la capacidad requerida para cubrir totalmente las descargas (OCDE 2003).

El reaprovechamiento de aguas crudas de origen municipal para riego agrícola es una práctica en los Valles del Yaqui y de México, en Tula, Alfayucan y Tulancingo en Hidalgo, Valle de Juárez en Chihuahua y Valsequillo en Puebla, entre otros. Asimismo, el uso de agua residual tratada en el sector industrial adopta dos vertientes: una relativa a aguas municipales y otra a aguas generadas por la propia industria. Ejemplo de ello son los casos de la Comisión Federal de Electricidad, Petróleos Mexicanos y Altos Hornos de México, que utilizan la primera opción y de las termoeléctricas que emplean la segunda, al igual que la industria de la celulosa y papel, la química, acerera y petroquímica, que la utilizan principalmente en sus procesos y sistemas de enfriamiento o en las calderas.

Para incentivar el uso eficiente del agua, se ha transferido la infraestructura de los distritos de riego a los usuarios, lo cual alcanzó en 2001 una superficie de 3.3 millones de hectáreas (equivalente al 98% de la superficie total de los 82 distritos de riego del país). Esto involucró a 525 mil usuarios, de los cuales 387 mil son ejidatarios y 138 mil pequeños propietarios organizados en 444 asociaciones civiles y 10 sociedades de responsabilidad limitada. Con esta medida, así como con el aumento de la cuota por servicio de riego, el grado de autosuficiencia financiera de los distritos pasó de 43% en 1989, año en que se inició la transferencia, a 69% en el año 2000. No obstante, en este último año sólo se regó el 76% de la superficie con infraestructura para ello, contribuyendo a crear una tendencia negativa respecto a la evolución (CNA 2001).

En cuanto a las normas de carácter ambiental, se han publicado las que aparecen en el cuadro 2.21. Destaca la NOM-001, que sustituyó a alrededor de 40 normas que regulaban las descargas de aguas residuales por sector y que junto con las otras referidas, busca controlar la propagación de helmintos, proteger humedales y estuarios, establece fechas de cumplimiento según la carga contaminante, el cuerpo receptor y el tipo de población, e introduce el pago por descargas en función de su riesgo, para promover su tratamiento y disminución de los contenidos de contaminantes, entre otros aspectos considerados.

GRÁFICA 2.15. AGUA SUMINISTRADA Y AGUA DESINFECTADA, 1996-2001

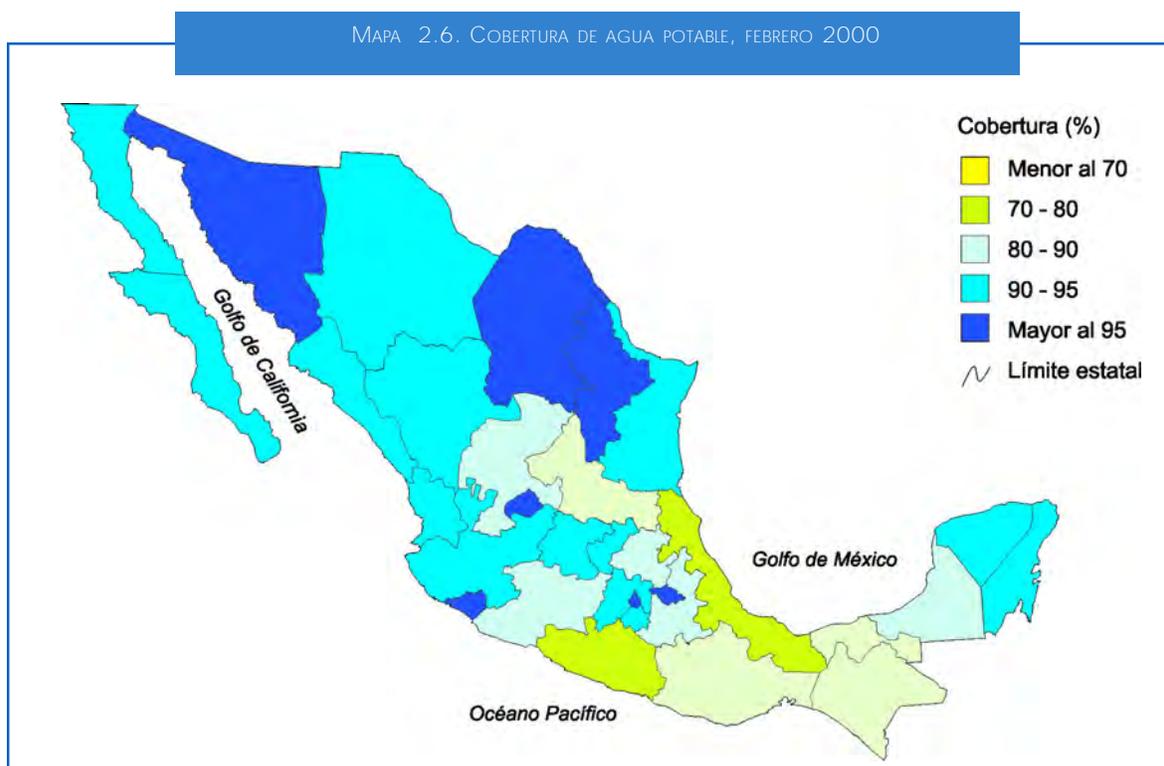


Fuente: CNA 2003a.

CUADRO 2.21. NOM QUE SUSTENTAN LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Clave	Aspectos que cubren
NOM-001-ECOL-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada en el <i>Diario Oficial de la Federación</i> el día 6 de enero de 1997.
NOM-002-ECOL-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Se publicó en el <i>Diario Oficial de la Federación</i> el día 3 de junio de 1998.
NOM-003-ECOL-1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público. Se publicó en el <i>Diario Oficial de la Federación</i> el día 21 de septiembre de 1998.
NOM-004-ECOL-2002	Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Fuente: Diario Oficial de la Federación 1996, 1997, 2002.

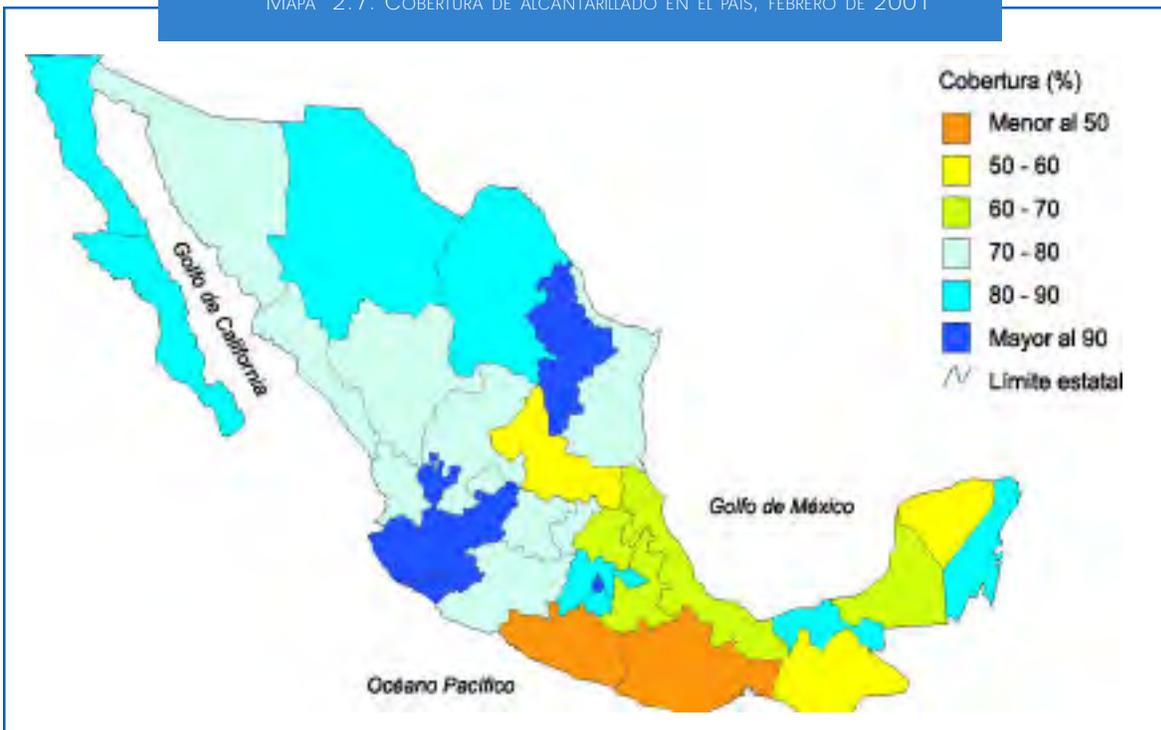


Fuente: CNA 2003a.

También se han publicado 11 Normas Oficiales Mexicanas que cubren especificaciones, requisitos y métodos de prueba para aspectos relacionados con el abastecimiento de agua, alcantarillado, instalaciones hidráulicas y sanitarias, así como con la protección de acuíferos y la conservación del recurso agua.

Por su parte, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en el ejercicio de sus funciones y “para evitar impactos ambientales previsibles, verificó el cumplimiento de las condicionantes contenidas en las autorizaciones de impacto ambiental otorgadas por la SEMARNAT para la realización de obras y actividades,

MAPA 2.7. COBERTURA DE ALCANTARILLADO EN EL PAÍS, FEBRERO DE 2001



Fuente: la misma del mapa anterior.

CUADRO 2.20. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES POR REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA (DICIEMBRE 2001)

Región hidrologico administrativa	No. total de plantas	No. de plantas en operación	Capacidad instalada (L/s)	Caudal tratado (L/s)
I Península de Baja California	191	164	1,190	1,102
II Noroeste	19	19	304	103
III Pacífico Norte	25	20	550	400
IV Balsas	226	206	2,991	2,058
V Pacífico Sur	16	15	294	225
VI Río Bravo	100	98	4,875	3,419
VII Cuencas Centrales del Norte	86	85	1,473	1,030
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	338	333	3,135	2,160
IX Golfo Norte	65	64	2,135	1,446
X Golfo Centro	182	178	21,971	11,181
XI Frontera Sur	79	77	1,117	1,071
XII Península de Yucatán	116	104	200	103
XIII Valle de México	42	42	1,665	1,055
Total	1,485	1,405	41,900	25,353

Fuente: CNA 2003a.

especialmente en ecosistemas costeros, considerados como áreas críticas, en donde el crecimiento desordenado de las actividades humanas, aunado a la sobreexplotación de los recursos naturales, han puesto en peligro la capacidad de los ecosistemas para recuperarse" (PROFEPA 2002).

### **Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua**

A partir del mes de marzo de 2001, se inició la Cruzada nacional por los bosques y el agua, con el objeto de establecer una alianza entre la sociedad y el gobierno destinada a hacer frente al grave deterioro de los recursos forestales e hídricos, considerados como "un binomio estratégico para la seguridad de la Nación".

Esta cruzada persigue el rescate de los principales cuerpos de agua para racionalizar su uso, detener la pérdida de cubierta forestal y conservar la vegetación natural y la vida silvestre; por ello en el desarrollo de las acciones destinadas a cubrir los ejes temáticos referidos, se escogieron los cuerpos de agua que cumplen con alguno de los siguientes criterios:

- . Que se encuentren en zonas críticas.
- . Que muestren la vinculación entre los recursos naturales.
- . Que generen cooperación de la sociedad.
- . Que contribuyan a formar una cultura de buen manejo y ayuden a la preservación de los recursos naturales.

### **Análisis de cuencas**

México cuenta con programas específicos encaminados al manejo integral de cuencas para garantizar la integración de los recursos *agua, suelo, bosque y biodiversidad*. El 2002 fue declarado por la ONU Año Internacional de las Montañas y México designó a la Comisión Nacional Forestal como la instancia responsable de coordinar las acciones de difusión de los programas hidráulicos regionales, de la Cruzada por los bosques y el agua, de la formulación de proyectos para la conservación de suelos en zonas de montaña y propuso a nivel nacional 60 áreas de montaña para reforestación y manejo sostenible de ecosistemas. Junto con la CNA se determinó si estas áreas son propicias para iniciar un manejo integral de recursos naturales analizando criterios como tipo de suelo y vegetación, condiciones geohidrológicas, caracterización de cuerpos superficiales de agua, áreas de montaña cercanas a poblados y ubicación por cuenca hidrológica.

Los programas hidrológicos forestales permiten integrar, desde su planeación, los recursos agua-suelo

bosque, promoviendo la participación interinstitucional en la programación y ejecución de acciones que impulsen el desarrollo integral del sector forestal en las regiones. También son instrumentos de concertación de recursos que facilitan a las entidades federativas la elaboración y puesta en marcha de sus programas locales. Las ventajas de estos estudios son: generan instrumentos de información y planeación sustentados en el espacio territorial de las cuencas hidrológicas delimitadas por la CNA; integran los recursos *agua, suelo, bosque y biodiversidad* en el proceso de elaboración con la participación de los Consejos de cuenca y los consejos técnicos consultivos forestales estatales y fortalecen la cultura y participación social en el cuidado y uso de los recursos naturales. A la fecha de elaboración de este informe se han iniciado cuatro programas hidrológicos forestales.

La Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas del Instituto Nacional de Ecología elaboró mapas básicos de la morfometría del país, así como la delimitación de cuencas hidrográficas y el levantamiento de la red de drenaje por estado. Se identificaron 1,718 cuencas hidrográficas principales, es decir, cuencas que no son subcuencas de ningún otro sistema, o son endorreicas o descargan a la línea de costa. Esta delimitación permitirá diseñar estrategias de manejo integral de cuencas a nivel estatal y regional que permitan tomar decisiones locales para la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales.

### **Consejos de cuenca y consejo consultivo del agua**

El Consejo Consultivo del Agua es un órgano de alcance nacional, integrado por la sociedad civil, que tiene como objetivos, por una parte, apoyar el cambio estratégico necesario en el sector, asesorando a organismos públicos y en particular a la CNA, y por la otra, promover, coordinar y dirigir el esfuerzo de la misma sociedad para lograr la cultura del manejo y uso eficiente del agua en el país. Este Consejo cuenta con cinco grupos de trabajo y se han constituido 26 consejos ciudadanos del agua estatales en todo el país.

Los consejos de cuenca son los órganos de coordinación entre las tres instancias de gobierno y de concertación con los usuarios del agua que la Ley de Aguas Nacionales establece para facilitar la conceptualización e implantación de las políticas y programas hidráulicos. Cuentan con comisiones de cuenca, los comités de cuenca y los comités técnicos de aguas subterráneas (Cotas), como organizaciones auxiliares de carácter permanente o temporal para el estudio, planeación y atención de los asuntos relacionados con el sector hidráulico.

#### RECUADRO 2.1. Ejes Temáticos de la Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua

- . Contaminación de cuerpos de agua por aguas residuales municipales y desechos industriales.
- . Sobreexplotación de mantos acuíferos por agricultura de riego.
- . Escasez de agua en las ciudades.
- . Sequía.
- . Deforestación.
- . Pobreza y degradación de recursos naturales.
- . Cultura y educación para la conservación del agua y los bosques.
- . Estímulo y vigilancia del cumplimiento de la legislación aplicable al aprovechamiento del agua y los bosques.
- . Desastres naturales

Fuente: SEMARNAT 2003f.

#### RECUADRO 2.1. Problemática en la Cuenca Lerma-Chapala

La cuenca Lerma-Chapala abarca 53,591 km<sup>2</sup>, 10% del estado de México; 5% de Querétaro, 44% de Guanajuato, 28% de Michoacán y 13% de Jalisco.

De acuerdo con el indicador de presión desarrollado por la ONU (ONU, 1997), el agua en la cuenca está sujeta a una presión media fuerte, esto es debido a que gran parte de la cuenca tiene un clima semi-árido, con precipitaciones temporales durante unos cuantos meses del año únicamente.

La Cuenca Lerma-Chapala es la fuente de abastecimiento de alrededor de 15 millones de personas, en ella se encuentra el 13% del área irrigada del país.

La cuenca aloja más de 3,500 empresas de la industria alimenticia, química, farmacéutica, metalúrgica, así como del sector agroquímico, las cuales descargan diariamente 464 kilogramos de cromo, 46 kilogramos de zinc y 13 kilogramos de plomo (Hansen A.M. y Van Afferden M., 2001).

Como consecuencia, la mayoría de los cuerpos de agua superficiales presenta contaminación en diversos grados; además, la competencia por el acceso al agua de los acuíferos de la cuenca por años ha creado una situación crítica en la que los niveles de agua disponibles han disminuido en alrededor de 2.1 metros por año en las últimas décadas.

El Lago de Chapala, alcanzó en el año 2000 el volumen almacenado más bajo de su historia (28% de su

capacidad), además de reportar una tendencia al decremento de la producción pesquera, específicamente de tilapia, carpa y charal, registra para el mismo año un rendimiento pesquero mínimo de 28.21 kg/ha, lo que representa menos del 40% del valor obtenido para 1990 (Wester, P., R. Melvilla y S. Ramos-Osorio 2001).

Entre las acciones que se han impulsado para mejorar las condiciones del recurso en la cuenca, se pueden destacar las siguientes:

En abril de 1989 los gobiernos de los cinco estados involucrados firmaron un acuerdo en Chapala, para dar equidad a la distribución del agua y promover su uso eficiente, así como mejorar la calidad de los cuerpos de agua mediante el tratamiento de las descargas de aguas residuales.

Además, fue aquí donde se estableció el primer Consejo de Cuenca del país. El reto para esta instancia ha sido conciliar los múltiples usos del agua, redistribuyendo los costos y las responsabilidades respecto a la restauración del balance ambiental en la cuenca, entre las partes interesadas.

Teniendo en cuenta la complejidad del problema, los resultados han sido importantes y los avances logrados en la creación de infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales que se vierten en la cuenca, indican la instalación de 48 plantas de tratamiento en los estados que forman parte de la cuenca.

Fuente: INE 2003b.





## Zonas marinas y costeras

### Presión

Las principales presiones hacia los ecosistemas marinos y costeros se deben a actividades humanas, particularmente las productivas. Los mares y costas reciben una gran cantidad de contaminantes de las grandes ciudades, de parques industriales, de la actividad ganadera y agrícola. Estos ecosistemas soportan también la extracción indiscriminada de sus componentes como fuente de alimento (CONABIO 1998) o como captura incidental, lo cual se ha transformado en un problema central. Si bien muchos de los factores que afectan a las zonas marinas y costeras se relacionan entre sí, es posible hacer un análisis de las presiones por medio de las principales actividades humanas que ponen en riesgo a estos ecosistemas.

### Pesca y acuicultura

La pesca y la acuicultura son de las principales actividades humanas que afectan a los ecosistemas marinos. A nivel mundial, la excesiva demanda de alimentos provoca la sobreexplotación de los recursos pesqueros y acuícolas, que incluyen tanto a las poblaciones silvestres de especies acuáticas que son objeto de captura, como a las poblaciones que son cultivadas en embalses naturales o artificiales (INP-SAGARPA 2001).

### Pesquerías

Aunque hasta hace poco se consideraba que a nivel mundial los volúmenes de pesca se habían estabilizado, actualmente se sabe que la situación es la contraria y que las pesquerías han inducido el agotamiento de sus recursos. Esto ha sido encubierto durante mucho tiempo por desarrollos tecnológicos,

expansión geográfica de la actividad y la explotación de especies que antes eran desdeñadas en posiciones tróficas inferiores. Se considera que de continuar con la caída constante en las capturas, tal como ha sucedido desde la década de los 1980, se alcanzará el déficit en el abastecimiento de productos pesqueros (Pauly *et al.* 1998, 2002). Es decir, la demanda excesiva sobre varias especies ha generado un esfuerzo pesquero y tasas de aprovechamiento generalmente superiores a lo que los recursos pueden soportar (INP-SAGARPA 2001).

Esta actividad no sólo tiene efectos sobre las especies que son buscadas por los pescadores sino que, generalmente, muchas otras especies son capturadas de manera incidental. Además de los impactos directos sobre las especies, la pesca provoca el deterioro ambiental y contaminación a través de la destrucción del hábitat (SEMARNAT 2003d). Sin embargo, a pesar del creciente interés en los ecosistemas marinos y en el impacto que puede tener la pesca sobre su estructura y función, aún existe poca información regional sobre la relación de la situación de los ecosistemas marinos y la pesca (SEMARNAT 2003d). No obstante, las características de esta última nos pueden dar un indicio del efecto que están teniendo sobre los ecosistemas marinos del país.

En México, la industria pesquera no se distribuye de manera homogénea a lo largo del litoral y es en el área del Golfo de California donde se concentra el 70% de la flota camaronera y el 78% de la flota atunera, las cuales operan frente a las aguas de Sonora, Sinaloa, Baja California y Baja California Sur. Por otro lado, la flota industrial camaronera en el Golfo de México se concentra en las aguas adyacentes a Tamaulipas y Campeche (SEMARNAT 2000d). En el año 2000 la mayoría de las embarcaciones correspondían a la pesca del camarón (cuadro 2.22).

La pesca artesanal y semi-industrial se realiza con embarcaciones de menor tamaño y se distribuye de manera más homogénea a lo largo del litoral del país.

CUADRO 2.22. EMBARCACIONES SEGÚN TIPO DE PESQUERÍA\*

Año	Camarón	Atún	Sardina	Otras
2000	2,383	123	87	973

\* Embarcaciones mayores con capacidad de bodega de 10 toneladas o mayor.  
Fuente: INEGI 2002b.

## Las principales pesquerías en el país

En nuestro país, alrededor de 270 mil personas dependen de la pesca y la producción pesquera es sumamente diversa, incluyendo cientos de peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y hasta algas (SEMARNAT 2003d).

La mitad de la producción pesquera nacional descansa en tres pesquerías, la de los peces pelágicos menores (que comprende la tercera parte de la pesca nacional), la de túnidos y la del camarón. También la pesca de “escama” juega un papel importante en las pesquerías de altura, aportando un enorme volumen a nivel nacional (SEMARNAT 2003d). El recuadro 2.3 presenta ejemplos de los efectos so-

bre los ecosistemas marinos y costeros de este tipo de pesquerías.

La pesquería del camarón del océano Pacífico es una de las más importantes en México. Dos regiones destacan en este litoral por la gran abundancia de este recurso y en general por su alta productividad y diversidad de especies: el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. Del total del camarón desembarcado en México durante 1999, el litoral del Pacífico contribuyó con aproximadamente 60 mil toneladas, lo que representa el 77% de la producción total en ese año (INP-SAGARPA 2001).

En el litoral del Golfo de México, el camarón es la tercera pesquería en cuanto a volumen después de la mojarra y el ostión. La explotación del recurso se

### RECUADRO 2.3. EJEMPLOS DEL EFECTO DE LAS PESQUERÍAS SOBRE LOS ECOSISTEMAS MARINOS

#### LA PESQUERÍA DEL CAMARÓN

Las unidades de pesca del camarón son buques de más de 15 metros de eslora, algunos de ellos con bodega de hasta 100 toneladas. El arte de pesca usado es la red de arrastre la cual se desliza sobre el fondo marino. Se estima que en el pacífico anualmente son barridos alrededor de 550,000 km<sup>2</sup> y en el Golfo de México y el Caribe 190,000 km<sup>2</sup>. Esto causa un gran impacto sobre otros componentes de la comunidad, ya que alteran el sustrato junto con numerosas especies que constituyen la fauna de acompañamiento que los pescadores desechan. En el Golfo de California se estima que la proporción camarón-fauna acompañante oscila de 1:2 a 1:10. En el Pacífico Mexicano se descartan cerca de 175,000 toneladas de fauna acompañante al año, mientras que en el Atlántico la cifra asciende a unas 15,000 toneladas, compuestas principalmente por peces, pero también por crustáceos y moluscos, en su mayoría en estado larval que constituyen la fuente a partir de la cual las poblaciones se renuevan. Entre la fauna acompañante del camarón pueden encontrarse también tortugas marinas.

Las capturas en las lagunas del Golfo de México y el Caribe se obtienen por medio de artes de pesca fijas llamadas charangas mientras que en el Pacífico se usa la atarraya, la red agallera, suripera o dragón y chango o chayó. De éstas, el chango es un equipo prohibido y su utilización constituye una de las fuentes más comunes de pesca ilegal. Éste equipo es una copia a pequeña escala de la red de arrastre, que por las mismas razones tiene fuerte impacto en los ecosistemas.

#### LAS PESQUERÍAS DEL ALTO GOLFO Y EL CASO DE LA VAQUITA

El Alto Golfo de California es parte de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. El 60% de la población de vaquita se encuentra en esta área que cuenta con pesquerías de escama y camarón, tanto artesanales como industriales. La vaquita es la única especie endémica de mamífero marino de México y esta considerada como una de las dos especies de pequeños cetáceos en mayor peligro de extinción en el mundo (Jefferson y Curry 1994; Jefferson *et al.* 1993). Se calcula que su población actual es menor a 600 animales y su distribución se encuentra restringida a la región más norteña del Golfo de California (Jaramillo-Legorreta *et al.* 1999). Aunque durante varias décadas se discutió cual era el principal factor de riesgo para esta especie, si la captura incidental o la falta de flujo del Río Colorado, actualmente se reconoce que es la mortalidad incidental en redes agalleras y de enmalle (Rojas-Bracho y Taylor 1999; Rojas-Bracho y Jaramillo-Legorreta 2002). Se ha estimado que los límites de mortalidad incidental, para evitar la extinción de esta especie, deben ser menores a una vaquita al año, sin embargo, la tasa de mortalidad actual es de al menos 39 vaquitas al año (Dágrosa *et al.* 2000; Rojas-Bracho y Jaramillo-Legorreta, 2000, 2002). Por ello, se ha considerado que la única manera de evitar su extinción es eliminando las redes agalleras y de enmalle de toda el área de distribución de la vaquita y sustituirlas por artes de pesca más selectivas que eviten la captura incidental de esta especie. Los siguientes cinco años serán críticos para tomar acciones que lleven a la recuperación de esta marsopa.

Fuente: modificado de SEMARNAT 2003.

realiza principalmente en tres zonas: norte del Golfo de México, Sonda de Campeche y Caribe Mexicano. La importancia relativa de estas zonas ha variado durante los últimos diez años. En la zona noroeste del Golfo de México el 95% de la captura se compone de camarón café y el 5% restante de camarón blanco y rosado (INP-SAGARPA 2001).

La pesquería mexicana del atún en la región del Pacífico oriental se lleva a cabo dentro de la zona económica exclusiva, principalmente en la costa occidental de Baja California Sur, en la Boca y parte sur del Golfo de California y cerca de las Islas Revillagigedo. El atún es la segunda pesquería en volumen, después de la de sardina y la segunda en valor económico (INP-SAGARPA 2001). En el caso de la pesquería del atún en el Golfo de México, Veracruz es el principal puerto de desembarque para el producto (INP-SAGARPA 2001).

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera (2000) para el área del Pacífico, el esfuerzo pesquero sobre el atún aleta amarilla y el camarón está aprovechado al máximo sustentable. En el caso del Golfo de

México para la pesquería del atún se cuenta con potencial para el desarrollo, mientras que en el caso del camarón se recomienda no aumentar el esfuerzo para la especie de camarón café en Tamaulipas y Veracruz y en lagunas para camarón rosado y blanco en la Sonda de Campeche.

### Las artes de pesca

En la pesca se utiliza una gran diversidad de sistemas de captura y artes o equipos de pesca, que se refleja en variantes dentro de cada tipo, por sus dimensiones, materiales de construcción y formas de operación, en función de la biodiversidad y condiciones ambientales, sociales y económicas a nivel regional, todo ello asociado al desarrollo de materiales pesqueros, la transferencia de tecnología y la experiencia de los sectores productivos.

Algunos equipos de pesca como las atarrayas de uso individual, conocidas en ciertas regiones como "atarrayas lomerías", se usan con tamaños de malla

#### RECUADRO 2.4. ARTES DE PESCA QUE TIENEN SEVEROS EFECTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS MARINOS

- . La instalación o construcción de cualquier tipo de obras que interrumpan u obstaculicen el libre flujo de agua con objeto de realizar actividades de manejo acuicultural.
- . El uso de atarrayas individuales o atarrayas lomerías, en la franja litoral de lagos y embalses continentales, hasta una profundidad de un metro.
- . La instalación o uso de copos o bolsos de corriente. Los copos son redes semicónicas que se instalan al fondo de los canales estuarinos mediante anclaje.
- . El empleo de redes de arrastre en bahías y sistemas lagunarios-estuarinos.
- . El uso de dragas y rastras.
- . Método de succión.
- . El uso de explosivos y sustancias tóxicas, tales como el cianuro.
- . El empleo de la técnica conocida como "purineo", es decir, el empleo o vertimiento de alimentos balanceados para cebar o atraer a los camarones o a cualquier otra especie, con fines de extracción, captura o pesca.
- . La aplicación de la técnica conocida como "corraleo", es decir, encerrar los recursos pesqueros existentes en sistemas lagunarios estuarinos,
- . Embalses en ambientes continentales, lagos y ríos, mediante cualquier equipo de pesca para facilitar su captura.
- . El empleo de la técnica conocida como "motoreo", es decir, dirigir u orientar los recursos pesqueros hacia los equipos de pesca, mediante el uso del motor fuera de borda.
- . Método de colecta de moluscos, conocido como "de baja marea", es decir, el empleo de sustancias químicas para extraer organismos adheridos a sustratos en los ciclos de marea baja.
- . Redes y cualquier tipo de pesca efectuada mediante buceo autónomo o semiautónomo en arrecifes de coral.
- . Ganchos, figas y arpones.
- . Armas de fuego, objetos punzocortantes.
- . Palangres o cimbras.

Fuente: INP-SAGARPA 2001.

pequeños o en las zonas en que existe una mayor presencia de organismos juveniles o en etapa reproductiva en las zonas litorales, pueden afectar a las poblaciones de dichos organismos, siendo necesario inducir al uso de los tamaños de malla adecuados o restringir su uso en algunos ambientes. Algunas artes de pesca pueden tener severos efectos sobre los ecosistemas marinos por lo que es necesario que sean reguladas (recuadro 2.4).

### Acuicultura

Para algunas especies, tanto de peces como crustáceos o mariscos, la acuicultura ha adquirido importancia decisiva. Por ejemplo, a comienzos de la década de los noventa, cerca de 25% de la producción mundial de salmón provenía de la acuicultura y la tendencia es a una creciente contribución. Cerca de la mitad de la producción mundial de camarones es aportada por la acuicultura, mientras que la producción mundial de mejillones y almejas ha aumentado en 60% y la de veneras en más de 300% gracias al desarrollo de la acuicultura (FAO 1995).

En México la acuicultura ha adquirido mayor importancia durante los últimos años, especialmente en la cría de camarones, arrojando beneficios sociales y económicos, los cuales a su vez se han traducido en una fuente de alimentación con un elevado valor nutricional. Para 1998, en el litoral Pacífico, había poco más de mil granjas y en el Golfo de México y el Caribe aproximadamente 150. Sin embargo, el 80% de los cultivos que se llevan a cabo son de tipo extensivo de rendimiento bajo. La acuicultura dulceacuícola es la que más se ha desarrollado y se tienen algunos casos de cultivo de especies de aguas marinas y salobres (INP-SEMARNAP 2000).

El estado de la acuicultura de especies marinas en nuestro país se concentra sólo en algunas especies de alto valor comercial, principalmente el camarón. La estanquería para producción de esta especie se ubica

principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora y Nayarit. En el cuadro 2.23 se presenta la superficie y el volumen de agua utilizado para la producción del camarón.

El crecimiento de esta actividad ha generado serios daños a la estructura vegetal que se ubica en la parte del litoral y ha afectado las características hidráulicas de varios cuerpos costeros por la cantidad de agua requerida para abastecer la estanquería existente.

Otro problema es la transfaunación debido a que se alteran las poblaciones naturales en sus relaciones de competencia, depredación, parasitismo y enfermedades, entre ellas las virales a largo plazo, aspectos que traen cambios en la biodiversidad de las regiones (INP-SEMARNAP 2000). Por otro lado, si los animales transfaunados presentan enfermedades o no cumplen con una cuarentena, cuando se realiza el recambio de agua en los estanques los patógenos no tienen fronteras saliendo así a mar abierto lo que puede afectar a las poblaciones silvestres (INP-SEMARNAP 2000).

La acuicultura también generara una presión sobre los ecosistemas marinos debido a la contaminación y destrucción de los hábitats marinos (principalmente manglares). La contaminación y la sobrepoblación de la piscicultura de agua dulce ha tenido efectos negativos serios. La contaminación se origina por una descarga excesiva de nutrientes y materia orgánica que se traduce en sobre-enriquecimiento de nutrientes de los estanques. Se ha constatado, además, contaminación microbiana, acumulación de productos químico-tóxicos y sedimentación excesiva. En el caso de los sistemas de acuicultura marina, la contaminación deriva de la creciente descarga en las zonas costeras, de residuos y vertidos urbanos e industriales.

Paradójicamente, la conversión del manglar pone en peligro la propia acuicultura, ya que es justamente el manglar el que constituye el semillero primario del camarón. La consecuencia de la eliminación del manglar es una ya evidente escasez de camarones jóvenes

CUADRO 2.23. KILÓMETROS CUADRADOS (KM<sup>2</sup>) PARA CULTIVO Y METROS CÚBICOS (M<sup>3</sup>) DE AGUA PARA CULTIVO POR LITORAL EN 1998

Litoral	Km <sup>2</sup> para 1998	M <sup>3</sup> de agua utilizados en el cultivo
Pacífico	195	56,515
Golfo de México y Caribe	741	41,865

Fuente: INP-SEMARNAT 2000.

silvestres para el abastecimiento de los viveros artificiales. Este problema puede a su vez ocasionar la introducción de especies foráneas. La fuga de estas especies es difícil de controlar, de manera que terminan constituyéndose en serios competidores de las especies autóctonas y pueden contribuir a su desaparición.

### Actividad petrolera

La extracción de hidrocarburos en nuestro país representa una de las principales actividades generadoras de ingresos. La mayor producción de hidrocarburos se realiza en la zona marina del Golfo de México donde actualmente se cuenta con dos regiones marinas de producción de crudo: la Región marina noroeste y la Región marina sureste, en las cuales se encuentran instaladas 185 plataformas (PEMEX 2003). La cantidad de pozos en estas regiones ha variado con los años, sin embargo, para el año 2002 se tenían alrededor de 50 pozos en distintas fases (PEMEX 2003).

La intensa actividad de exploración y producción en el área del Golfo de México se debe a la cantidad de reservas totales cuantificadas para el año 2003, las cuales son del orden de los 17 mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente para la Región Marina Noroeste y 4.6 mil millones para la Región marina suroeste (PEMEX 2003).

En la parte del litoral del Golfo de México, también se realiza una intensa explotación de hidrocarburos en dos regiones, la Región Sur y la Región Norte, que abarcan los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche.

Las actividades de producción de petróleo en la región del Golfo de México han provocado serios problemas de contaminación. Los niveles de hidrocarburos en la Laguna de Términos, por ejemplo, superan las 50 ppb. Estos niveles exceden lo sugerido por la UNESCO desde 1976. Por otro lado, los niveles de hidrocarburos en los sedimentos del río Tonalá exceden las 1150 ppm y en el río Coatzacoalcos los niveles de hidrocarburos alcanzan las 70 ppm (Zárate-Lomeli *et al.* 1999).

Otro problema causado por las actividades de extracción de petróleo es la pérdida de vegetación costera y salinización del suelo por la degradación, canalización y relleno. Por ejemplo, en los estados de Tabasco y Campeche, más de 700 km<sup>2</sup> de humedales se han perdido y cerca de 200 km<sup>2</sup> de tierra presentan problemas de salinización (Ortiz y Benítez 1996 en Zárate-Lomeli 1999).

En general, el daño biológico del petróleo o sus componentes es mucho más severo si éste se presen-

ta en una zona costera o un ambiente estuarino, siendo la zona intermareal la más afectada debido a que en estas áreas hay una mayor diversidad y abundancia de especies así como la presencia de estadios juveniles de muchas especies oceánicas (Evans y Bray 1974 en Botello *et al.* 1996a).

El petróleo puede tener una variedad de efectos sobre los peces, siendo los más evidentes los de tipo letal que alteran el funcionamiento de las branquias. Estos efectos parecen presentarse sólo en las cercanías de un gran derrame o bien cuando éste ocurre en áreas muy restringidas (Botello *et al.* 1996a). Aunque menos obvios, pero quizá más significativos, son los efectos subletales los cuales pueden ocasionar cambios en los hábitos alimenticios, en la migración de las especies y en su reproducción. En comparación los bajos efectos del petróleo crudo sobre poblaciones de peces pelágicos, los derrames de productos refinados sí han causado efectos deletéreos considerables sobre las pesquerías de las áreas donde se han presentado (Botello *et al.* 1996a).

El efecto del petróleo sobre los organismos marinos se debe principalmente a los hidrocarburos presentes en la fase acuosa, ya sea en solución o en dispersión. Independientemente del tipo de petróleo, la mortalidad de los organismos ocurre en las primeras 24 horas. En estudios de laboratorio se encontró que la fracción soluble en aguas del petróleo provenientes del derrame del pozo Ixtoc I en el Golfo de México, fue letal para la especie *Penaesus aztecus*, cuando los camarones juveniles se expusieron durante 24 horas a las concentraciones de 43% de la fracción soluble en agua y la CL50-24h se obtuvo en 25% de fracción soluble en agua.

Los estudios sobre las poblaciones de camarón peneidos de la Sonda de Campeche indican que los hidrocarburos provenientes del petróleo no producen efectos destacables que se puedan adjudicar a las actividades petroleras desarrolladas en esta área del Golfo de México. Las concentraciones de hidrocarburos registrados en los tejidos de *Penaesus aztecus*, *P. setiferus* y *P. duorarum* no se consideraron críticas.

Hasta ahora los estudios indican que los efectos adversos más graves se manifiestan en las comunidades bénticas a lo largo de las líneas costeras y que entre los organismos marinos, los peces y las aves son los menos afectados. Tampoco existe evidencia que demuestre, en forma definitiva, las repercusiones negativas de la contaminación por hidrocarburos sobre grandes poblaciones de peces en mar abierto (Botello *et al.* 1996b).

Otro efecto asociado con la extracción de crudo y gas es el que tienen sobre la fauna marina debido a la contaminación auditiva. Weller y colaboradores

(2001) han señalado que las exploraciones petroleras afectan la conducta de las ballenas grises, particularmente su comunicación. Sin embargo, los niveles sonoros más intensos pueden afectar más allá de la conducta. Se han reportado que llegan a causar lesiones a los animales, que pueden ir desde la pérdida auditiva temporal a pérdidas totales de la audición e, inclusive, los niveles extremos pueden causar la muerte de los cetáceos. Recientemente se han reportado casos de varamientos de zifios (ballenas picudas), relacionados con fuentes de sonido elevadas en el Golfo de California. Entre las especies más afectadas están las de hábitos profundos, como los zifios, los cachalotes pigmeo y enano y el cachalote. Otras especies como la tortuga laúd y algunos cefalópodos y peces pueden verse afectados por las exploraciones sísmicas. Esto podría implicar efectos negativos en las presas de muchos quelonios y mamíferos marinos.

## Turismo

La actividad turística en México ha crecido en las últimas décadas y es de especial importancia como motor del desarrollo regional así como instrumento de captación de divisas y generación de empleos. No obstante su impacto favorable en el ámbito económico, esta actividad tiene también efectos desfavorables de tipo social, cultural, económico y ambiental (INE-SEMARNAP 2000a).

La información estadística disponible sobre el comportamiento de la actividad turística es muy amplia, particularmente en lo que respecta a infraestructura (cuadro 2.24). Aunque los efectos de la actividad turística no se han evaluado de manera

cuantitativa, esta actividad no se encuentran exenta de provocar impactos negativos sobre la población y el ambiente (ver recuadro 2.5). Ejemplos como Acapulco y Cancún, en sus distintos niveles de deterioro, muestran que las formas en las que se ha conducido el desarrollo del sector dista mucho de la sustentabilidad (INE-SEMARNAP 2000a). Incluso en el caso del ecoturismo es posible que afecten la vida silvestre y con ello la sustentabilidad de esta actividad.

El efecto de la actividad turística sobre el ambiente se presenta tanto en la etapa de construcción, durante la cual se llevan a cabo las principales modificaciones al sitio donde se pretende desarrollar el proyecto como durante su operación, donde la cantidad de turistas presentes a un mismo tiempo, en un mismo lugar puede acarrear modificaciones a sitios no alterados o aumentar las perturbaciones sobre playas, dunas costeras, cuerpos lagunares y la vegetación natural.

## Otras actividades

El problema más grave que enfrentan estos ambientes es la falta de un ordenamiento ecológico que permita aplicar medidas de uso, manejo y aprovechamiento razonables, además de que cada día los cuerpos acuáticos costeros son objeto de una mayor contaminación, alteración y degradación de carácter ambiental.

Las acciones generadas por la agricultura en tierras altas, la modificación de los drenes hidrológicos naturales, la tala inmoderada en los alrededores, los trabajos de dragado, la apertura de barras mal planeadas, el mal uso de fertilizantes de culti-

RECUADRO 2.5. PRINCIPALES CAUSAS DE LA DESTRUCCIÓN DEL HÁBITAT Y MODIFICACIONES AMBIENTALES DEBIDO A LA ACTIVIDAD TURÍSTICA

- . Eliminación de la cubierta vegetal o despalle, desplante, incineración, desmonte selectivo o total, relleno de humedales.
- . Pérdida de la biodiversidad asociada.
- . Destrucción o modificación de la línea de costa y ecosistemas adyacentes por la urbanización
- . Remoción de materiales, alteración de la conformación topográfica y de patrones de sedimentación.
- . Practicas de deportes acuáticos, especialmente en arrecifes coralinos y por el efecto de anclas.
- . Alteración de flujos hidrológicos.
- . Generación de aguas residuales y residuos sólidos.
- . Arrastre de contaminantes a mantos freáticos.
- . Contaminación marina.
- . Disposición de lodos activados, que frecuentemente son destinados a tiraderos a cielo abierto.

Fuente: INE-SEMARNAT 2000a.

CUADRO 2.24. INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE EN LOS CENTROS INTEGRALMENTE PLANEADOS DE FONATUR

Destino	Superficie del polígono (km <sup>2</sup> )	Aprovechable (km <sup>2</sup> )	Urbanizada (km <sup>2</sup> )	Por urbanizar (km <sup>2</sup> )	Hoteles	Cuartos en operación	Unidades de tiempo compartido
Cancún	127	41	36	3	142	25,893	5,284
Ixtapa	20	10	8	1	12	3,277	Sin datos
Los Cabos	9	5	3	0.56	52	5,327	Sin datos
Loreto-Nopolo	104	47	4	3	16	386	Sin datos
Huatulco	210	24	18	1	23	1,807	Sin datos

Fuente: Datos tomados de la página de FONATUR en internet, [www.fonatur.gob.mx](http://www.fonatur.gob.mx). Acceso diciembre de 2003.

vo, el empleo de plaguicidas sin un control estricto, la conversión de tierras costeras en cultivos mono específicos, la depredación directa de los organismos propios de estos sitios, el despojo de hábitat para la flora y la fauna, son algunos de los problemas más comunes asociados a los litorales (Contreras 1993).

Las actividades antropogénicas pueden alterar el patrón natural de flujos y los mecanismos de transferencia energética y de materiales desde las zonas de producción de agua (cuencas altas) hasta las áreas de almacenamiento (estuarios, humedales costeros y zonas marinas). Las presas construidas para regular los flujos y controlar inundaciones y para la generación de energía interfieren con el potencial de acarreo de sedimentos de los ríos, afectan la capacidad de formación de suelos y obstruyen sus funciones de transportación de nutrientes y minerales hacia las planicies de inundación, las costas y las zonas marinas de alta productividad, lo que resulta especialmente cierto para el caso del sistema Grijalva-Usamacinta y la cuenca del río Balsas (Toledo 2003).

Estos cambios estructurales y funcionales de las cuencas se reflejan en el equilibrio de las masas de aguas fluviales y marinas y en la estabilidad de la zona costera. Con estas modificaciones, los procesos marinos y litorales, la acción de los vientos y las tormentas tropicales han prevalecido como factores dominantes sobre la acción compensatoria de las descargas fluviales. Barras y playas han sufrido intensos procesos erosivos y presentan estados regresivos que han terminado por afectar la configuración de la costa y las ricas zonas de producción biológica, como los bancos ostrícolas de las mayores lagunas costeras del Golfo de México (Toledo 2003).

### *Presiones naturales*

Además de los impactos de las actividades humanas sobre los ecosistemas marinos y costeros, algunos fenómenos naturales pueden generar una fuerte presión sobre ellos, más aún cuando ambos factores (antrópico y no antrópico) actúan en conjunto.

### *El cambio climático global*

Los efectos del cambio climático global son mucho más claros para los ecosistemas terrestres que para los marinos, aunque se estima que la radiación ultravioleta afecta negativamente al fitoplancton y al zooplancton, por lo que se esperan efectos en cascada sobre los niveles tróficos superiores de estas comunidades, lo que podría afectar a las especies que migran entre sus áreas de alimentación y reproducción. Por su parte, los ecosistemas arrecifales han sido identificados como ecosistemas susceptibles de ser afectados por el cambio climático, debido a que dentro de los tejidos de los corales viven algas zooxantelas en una asociación mutualista. Cuando los corales sufren un estrés por el aumento en la temperatura del agua, pierden a las algas de sus tejidos y mueren. A este fenómeno se le conoce como "blaqueamiento del coral" y en los últimos años se ha incrementado evidenciando los efectos del cambio climático global.

### *El fenómeno de El Niño*

El denominado fenómeno de El Niño ha tenido severos efectos sobre las pesquerías, debido a que las

temperaturas superficiales del océano Pacífico aumentan, 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, afectaron efectos sobre toda la cadena alimenticia del océano Pacífico oriental. Como consecuencia, durante los años de El Niño la disponibilidad de peces, crustáceos y moluscos es menor, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento de las pesquerías (SEMARNAT 2003d).

Otro efecto importante que pueden producir las temperaturas altas es debilitar a los organismos sésiles o en cultivo. En el caso de especies como el mejillón intermareal y el ostión, estar en un periodo de estrés térmico puede volverlos susceptibles a enfermedades. Otros impactos adversos incluyen un aumento en la frecuencia de incendios forestales, inundaciones, erosión costera, alteraciones en el anidamiento de aves marinas y en los arrecifes coralinos, así como la presencia de tormentas tropicales (CICESE 2004).

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 con las altas temperaturas oceánicas registradas durante los años de El Niño de 1991-1992 y 1998. El Niño de 1987 prácticamente no tuvo ningún efecto en las pesquerías, mientras que los fenómenos recientes las perjudicaron fuertemente (SEMARNAT 2003d).

Es importante hacer notar que los efectos que tiene este fenómeno son netamente temporales y, después de un periodo corto, tienden a desaparecer.

Sin embargo, si este fenómeno natural se combina con medidas de regulación pesquera no adecuadas, puede tener efectos altamente negativos como el colapso de algunas pesquerías (SEMARNAT 2003d).

## Estado

México se encuentra flanqueado por los océanos Pacífico y Atlántico y es uno de los países con mayor extensión de litorales. La costa mexicana tiene una longitud de 11,122 km (sin incluir litorales insulares) de los cuales el 70% corresponden al océano Pacífico, y 30% al Golfo de México y mar Caribe. Además, contamos con una superficie insular de 5,127 km<sup>2</sup>. La superficie de la zona marítima de jurisdicción nacional es de 3.15 millones km<sup>2</sup> incluyendo al mar territorial y a la zona económica exclusiva (ZEE), de los cuales 74% corresponden al Pacífico y 26% al Atlántico. El 53% de los estados que conforman el país tienen límites con el mar (gráfica 2.16). El país cuenta con 500 mil km<sup>2</sup> de plataforma continental, 16 mil km<sup>2</sup> de superficie estuarina y 12 mil km<sup>2</sup> de lagunas costeras. Además de 155 mil km<sup>2</sup> de depósitos de agua salobre (INEGI 2001a).

## Regionalización marina y costera

Aunque se cuentan con diversas propuestas de regionalización para el litoral de México, en este



Fuente: INEGI 2001a.

documento se utilizó la de Merino (1987) (mapa 2.8), que divide al país en ocho regiones costeras.

### Océano Pacífico

El litoral del océano Pacífico presenta una fisiografía de alto relieve, con costas escarpadas o angostas y planicies muy inclinadas, bordeadas por montañas con elevaciones hasta de 3,000 m (Flores-Verdugo *et al.* 1992). La parte del fondo marino se caracteriza por su estrecha plataforma continental y su gran heterogeneidad ambiental (SEMARNAP 2000d).

#### Costa occidental de la Península de Baja California (Región 1 de Merino 1987)

Esta región se encuentra al norte de Cabo Corrientes, excluyendo al Golfo de California (Merino 1987). Está delimitada al norte por la línea fronteriza de los Estados Unidos de América y se extiende por toda la costa occidental de la Península de Baja California, dentro del mar patrimonial hasta Cabo Corrientes. La región presenta un clima predominantemente mediterráneo semiárido, con inviernos fríos y húmedos y veranos cálidos y secos (García de Miranda 1987). La presencia de la corriente fría de California induce una zona de surgencia que genera una gran productividad biológica y favorece la pesca de especies de anchoveta y sardinas en la parte septentrional, mientras que el atún se obtiene en gran medida en la parte sur. De igual modo, es un área importante de diversidad de mamíferos marinos entre las que destacan las zonas de reproducción de ballena gris y las loberas del lobo de piel fina de Guadalupe y otros pinnípedos.

#### Golfo de Baja California (Regiones 3 y 4 de Merino, 1987)

El Golfo de California es una cuenca marina alargada con una superficie aproximada de 150 mil km<sup>2</sup>, delimitada por las costas orientales de la Península de Baja California, las de Sonora, Sinaloa y Nayarit, y al sur por una línea imaginaria entre Cabo San Lucas, B.C.S. y Cabo Corrientes, Jalisco. El clima de la región es árido con grandes cambios de temperatura diurnos y estacionales, así como una baja humedad, una alta evaporación e intensa radiación (INE-SEMARNAP 2000).

La parte marina posee características oceanográficas muy particulares, especialmente en el área de las grandes islas, debido a la compleja topografía

del fondo marino que se caracteriza por valles, cañones submarinos y ventilas hidrotermales que se ubican a más de dos mil metros de profundidad, además de presentar zonas de surgencia en la costa occidental (durante el verano) y en la costa oriental (durante el invierno). Es considerada una región importante por ser un área de transición entre las regiones biogeográficas tropical y templada, lo que ha favorecido una gran biodiversidad con un considerable número de endemismos (Briggs 1974). En esta área se encuentra la zona más grande de manglar del litoral del Pacífico mexicano, constituido por el sistema estuarino de Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales, con una superficie estimada de 1,132 km<sup>2</sup> (Flores-Verdugo *et al.* 1992). Además, el Golfo de California constituye un punto importante para aquellas especies migratorias como aves acuáticas y residentes como patos y gansos (Kramer y Migoya, citado por Ibarra-Obando 1990) así como para cerca del 42% de las especies de cetáceos en todo el mundo, como las ballenas azules, jorobadas y de aleta entre otras. Cabe mencionar, que de acuerdo con algunos autores, la mayoría de las pesquerías del Golfo de California están sobreexplotadas (Greenberg y Vélez-Ibáñez 1993, Musick *et al.* 2000, Greenberg, en prensa, Brusca *et al.* en prensa). La lista oficial de la American Fisheries Society (AFS) sobre peces amenazados y en riesgo de extinción incluye al menos 11 especies en riesgo en el Golfo de California. Cinco de éstas son serránidos y sciaenidos (corvinas, curvinas, chanos), algunos de los cuales son endémicos.

#### Costa oriental de la Península de Baja California (Región 3 de Merino 1987)

Esta zona comprende la costa peninsular del Golfo de Baja California. Debido a la falta de cuerpos de agua continental en la Península los asentamientos humanos aquí son escasos y están asociados principalmente con el turismo (Loreto, Los Cabos, La Paz) o con la extracción mineral (Santa Rosalía). Esta costa presenta zonas de surgencia durante el invierno (Merino 1987) y tiene una importante diversidad de recursos marinos endémicos, entre ellos el área de mayor concentración de la vaquita marina.

#### Costa occidental de Sonora, Sinaloa y Nayarit (Región 4 de Merino 1987)

La costa continental del Golfo de California está densamente poblada. Tiene puertos pesqueros importantes como Guaymas, Mazatlán, Yavaros,

Mapa 2.8. Regionalización de Merino (1987) modificada por Lankford (1977)



Región I. Comprende la costa occidental de los estados de Baja California y Baja California Sur.

Región II. Lankford considera que se extiende desde Mazatlán hasta Guatemala mientras que Merino incluye las costas del estado de Jalisco (Cabo Corrientes).

Región III. Abarca desde la costa oriental de los estados de Baja California, Baja California Sur y aproximadamente la mitad del Golfo de California.

Región IV. Comprende la costa occidental de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit hasta Cabo Corrientes.

Región V. Va desde los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y la sección media de la Laguna de Términos al oeste del estado de Campeche.

Región VI. Abarca los estados de Campeche (la mitad este de la Laguna de Términos) y Yucatán hasta Cabo Catoche en la sección noroeste del estado de Quintana Roo.

Región VII. Abarca la costa oriental de la Península de Yucatán desde Cabo Catoche en Quintana Roo hasta la frontera costera con Belice.

Fuente: SEMARNAP 2000.

Puerto Peñasco y Topolobambo que se sustentan en la alta fertilidad de esta zona del Golfo, inducida por las zonas de surgencia y las descargas de los ríos (Merino 1987)

#### Pacífico sur (Región 2 de Merino 1987)

La región del Pacífico sur incluye las costas y mares al sur de Cabo Corrientes hasta la altura de la fronte-

ra de México con Guatemala (Merino 1987). Comprende las costas de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Posee una gran diversidad biológica, resultado de la gran variedad de ecosistemas presentes como ríos, importantes zonas de manglar del Pacífico como el Sistema Chantuto-Teculapa-Panzacola, en Chiapas, con aproximadamente 300 a 400 km<sup>2</sup> (Flores-Verdugo *et al.* 1992). El Golfo de Tehuantepec se caracteriza por la presencia de fuertes vientos que

propician la formación de zonas de surgencia cerca de las costas de Oaxaca y Chiapas (SEMARNAP 2000d).

La región marina se caracteriza por una plataforma continental angosta que junto con las bajas descargas de los ríos mantienen clara el agua de la costa. Es una zona de importancia turística debido, entre otras cosas, a su vegetación tropical, las formaciones rocosas y las largas playas. Algunos de los complejos turísticos más importantes del país se encuentran en esta región, como Acapulco, Manzanillo, Ixtapa y Zihuatanejo, además de los complejos industriales Lázaro Cárdenas y Salina Cruz (Merino 1987).

#### Golfo de México y el Caribe

Esta región incluye una importante variedad de hábitats costeros como humedales, arrecifes de coral de importancia internacional y alrededor de 39 lagunas costeras (SEMARNAP-INE 2000). Es una zona influenciada por los vientos del oeste y biogeográficamente corresponde a un mar marginal e incluye al Reino Costero del Trópico Occidental, a las Provincias Bióticas de las Indias Occidentales y del Caribe. Las plataformas marinas más amplias a nivel nacional se encuentran en el Golfo de México (Merino 1987).

Es un litoral de gran interés nacional debido a la alta productividad petrolera y pesquera. Ciudades costeras y puertos como Tampico, Tuxpan, Poza Rica, Coatzacoalcos y Ciudad del Carmen se han desarrollado en torno a la extracción de petróleo, la refinería o el transporte. La surgencia en el canal de Yucatán y su alta descarga de ríos junto con las aguas profundas y la gran abundancia de lagunas costeras le confieren a esta zona condiciones productivas para la pesquería en el Golfo de México.

En dicho golfo se ubican lagunas y planicies costeras consideradas como las más importantes del país, entre las que destacan la Laguna Madre, la Laguna de Términos y los Pantanos de Centla, complejos hidrológicos únicos que albergan importantes humedales (Flores-Verdugo *et al.* 1992).

#### Occidente del Golfo de México (Región 5 de Merino 1987)

Esta región se localiza al oeste de la Laguna de Términos e incluye a los estados de Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas. Presenta un clima semiárido al norte, subhúmedo en la parte central y húmedo en la parte sur. La plataforma continental es de 8 a 10 km de longitud (Zárate-Lomeli 1999). La gran cantidad de ríos en esta zona permiten la agricultura y la

ganadería así como el desarrollo de áreas urbanas. La gran abundancia de las descargas de los ríos en esta zona aumenta la influencia de la presencia humana en el agua costera.

#### Oriente del Golfo de México (Región 6 de Merino 1987)

Esta región abarca la costa de la Península de Yucatán (Yucatán y Campeche) y se caracteriza por la ausencia de ríos y drenaje continental. La parte norte de la península presenta un clima árido mientras que la parte sur es subhúmedo. La plataforma continental en esta zona tiene una longitud promedio de 200 km (Zárate-Lomeli 1999). En la parte oriente del Golfo de México la actividad pesquera y petrolera es también importante mientras que la agricultura y la ganadería tienen una menor importancia (Merino 1987).

#### Mar Caribe (Región 7 de Merino)

Esta zona comprende las costas del estado de Quintana Roo, desde Cabo Catoche hasta el límite internacional con Belice. Posee características únicas, como la ausencia de descargas de agua de ríos debido a la filtración del agua de lluvia en el suelo cárstico de la península (Merino 1987). Esto favorece que las aguas oligotróficas del mar Caribe permanezcan claras, lo que en conjunto con la temperatura cálida del agua permite la formación de una de las barreras arrecifales coralinas más importantes del mundo por su cobertura (SEMARNAP-INE 2000). La plataforma continental es sumamente estrecha, llegando a tener aproximadamente 4 km de largo (Zárate-Lomeli *et al.* 1999). Se sabe de la presencia, en algún momento del año, de una zona de surgencia o de afloramiento de las aguas profundas (Merino-Ibarra 1992).

#### Biodiversidad marina y costera

La posición geográfica de México lo ubica entre dos grandes regiones climáticas, en donde confluyen corrientes marinas cálidas y frías. Esto permite el intercambio entre elementos de origen boreal y tropical que dan como resultado una gran variedad de climas y ecosistemas (Contreras 1991). Destacan los complejos lagunares, playas, dunas, bahías, manglares, marismas, salitrales, humedales, praderas de pastos marinos, arrecifes coralinos y lagunas costeras (Lankford 1977, Contreras 1993).

## Ecossistemas lagunares costeros

Las regiones costeras son ambientes de una extraordinaria complejidad desde el punto de vista climático, hidrológico, paisajístico y socioeconómico. Son áreas de gran importancia como consecuencia del intercambio de agua salada que tienen con el mar y los aportes de agua dulce de los ríos que desembocan en ellas. Por otra parte, los factores climáticos así como la dinámica de las corrientes participan de igual forma en los cambios de estos ecosistemas provocando incluso modificaciones en la forma y estructura de las bocas al abrirlas o crear barreras arenosas que impiden la circulación del agua.

En el territorio nacional, más de 15.6 mil km<sup>2</sup> están cubiertos por superficies estuarinas, de las cuales aproximadamente nueve mil km<sup>2</sup> se localizan en el Pacífico y siete mil km<sup>2</sup> en el Golfo de México (Contreras 1993). Dentro de estos ecosistemas, México cuenta con aproximadamente 130 lagunas costeras distribuidas en ambos océanos y con diferentes regímenes hidrológicos, hábitat, flujos de energía y problemas específicos derivados del uso de estos ecosistemas. Además los ecosistemas lagunares costeros juegan un papel primordial en el ciclo de vida de muchas especies marinas. La energía disponible en estos ambientes es la razón fundamental de que sean sitios en donde se lleve a cabo una actividad pesquera considerable, principalmente en los sistemas estuarinos-lagunares (Contreras 1993) (gráfica 2.17).

Los manglares en México se distribuyen en el interior de las lagunas costeras y sistemas deltáicos de las costas del Golfo de México y del océano Pacífico. En el Caribe, los manglares se distribuyen en depresiones formadas entre cordones litorales más extensos cuando están frente a barreras arrecifales (López-Portillo y Ezcurra 2002). En la zona costera mexicana existen cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Actualmente, en México los manglares cubren una superficie de aproximadamente 8.8 mil km<sup>2</sup> (Palacio-Prieto *et al.* 2000). Otro tipo de vegetación asociado a los ecosistemas costeros es el popal-tular que actualmente se extiende sobre una superficie aproximada de 11.5 mil km<sup>2</sup> (Palacio-Prieto *et al.* 2000).

Los ecosistemas lagunares costeros han permitido a los pobladores de nuestro país disponer de una gran cantidad y diversidad de recursos para satisfacer sus necesidades, lo que ha beneficiado no sólo a los habitantes ribereños sino también a quienes se encuentran en el interior del país. Sin embargo, a pesar de la

gran diversidad biológica presente en estos ecosistemas, en México existe un notable rezago en el conocimiento, aprovechamiento y manejo adecuado de los recursos costeros.

## Islas y arrecifes

México cuenta con aproximadamente 370 islas, arrecifes y cayos que cubren una superficie de cinco mil km<sup>2</sup>. La mayor parte de las islas se encuentran en el océano Pacífico (gráfica 2.18), especialmente en el Golfo de California (42% del total de las islas).

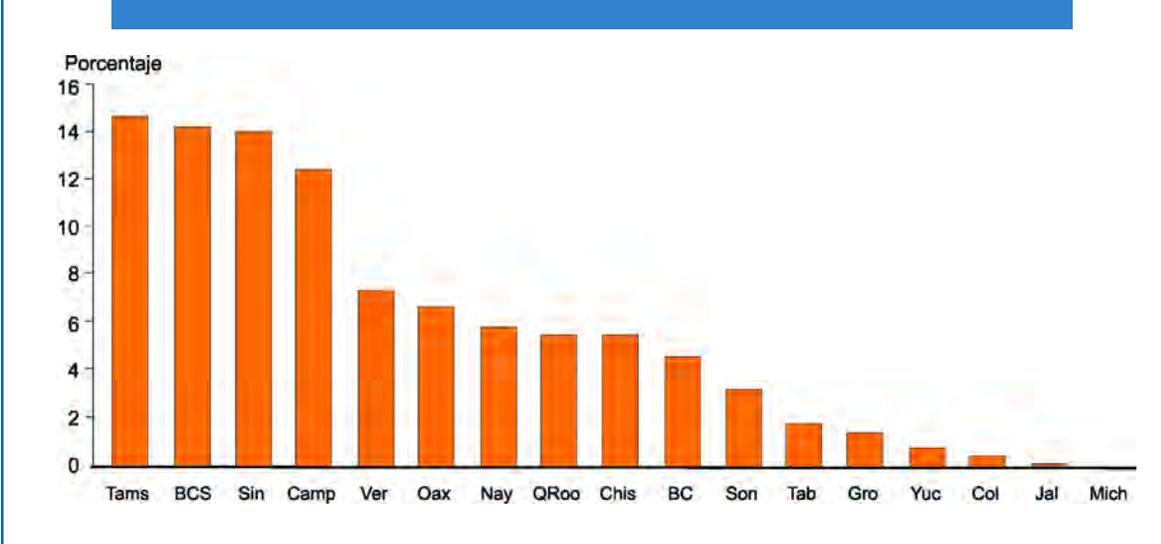
La riqueza biológica que presentan los sistemas insulares es enorme, ya que debido a su configuración fisiográfica se crean microhábitats que propician el establecimiento de ecosistemas singulares, en donde se presenta un alto número de endemismos.

Otro ecosistema asociado a los ambientes marino-costeros son los arrecifes coralinos. En México, se han registrado un total de 152 especies de corales pétreos de los cuales 139 corresponden al género *Scleractinia*. De este género, 97 se distribuyen en aguas del Atlántico y 42 en el Pacífico.

En el Pacífico mexicano encontramos parches arrecifales que no son considerados en la literatura como arrecifes coralinos en el sentido amplio, sino como comunidades coralinas relevantes (Salazar y González 1992). Los arrecifes más importantes del Pacífico se encuentran en la parte sur, en donde se halla un bloque de *Pocillopora elegans* de unos 160 m de ancho en la bahía de Puerto Escondido, Oaxaca. En el Golfo de California existen comunidades arrecifales en la Isla del Carmen, Cabo Pulmo, en la Bahía de San Gabriel, Isla Espíritu y en la Bahía Salinas (mapa 2.9) (CONABIO 1998).

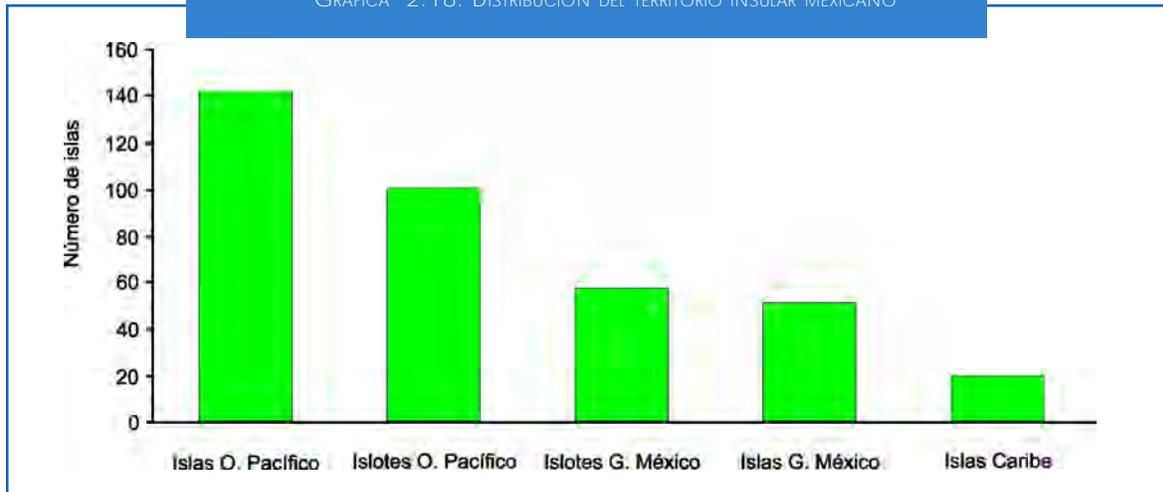
Por otra parte, en el Golfo de México existen formaciones arrecifales que se pueden diferenciar en tres zonas: 1) Veracruz norte, al sureste de Cabo Rojo, frente a la laguna de Tamiahua, se encuentran los arrecifes Blanquilla, Medio y Lobos, y frente a Tuxpan, al noreste de la desembocadura del río Tuxpan, los arrecifes Tangüijo, Enmedio y Tuxpan. 2) Veracruz sur, que está representada por el Sistema Arrecifal Veracruzano, dividido en dos grupos por la desembocadura del río Jamapa-Atoyac; el grupo norte abarca los arrecifes de Punta Gorda y Punta Majagua, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, La Gallega, Pájaros, Isla Verde, Hornos, Isla Sacrificios, Punta Mocambo (Arrecife Ingeniero), Giote y Punta Coyol. El grupo del sur incluye los arrecifes de Anegada de Afuera, Topatillo, Santiaguillo, Anegadilla, Polo, Isla de Enmedio, Blanca, Chopas, El Rizo y Cabezo, 3) Banco de Campeche que abarca los arrecifes Ala-

GRÁFICA 2.17. EXTENSIÓN DE LOS ECOSISTEMAS LAGUNARIO-ESTUARINOS POR ESTADO



Fuente: CONABIO 1998.

GRÁFICA 2.18. DISTRIBUCIÓN DEL TERRITORIO INSULAR MEXICANO



Fuente: CONABIO 1998.

crán, Cayo Arenas, Triángulos Oeste, Este y Sur y Cayo Arcas (mapa 2.9) (CONABIO 1998).

En el Caribe mexicano el desarrollo arrecifal es mucho mayor que en el Golfo. La margen oriental de la Península de Yucatán se encuentra bordeada por un arrecife de barrera discontinuo, que corre desde el extremo norte de la península hasta la Bahía de Chetumal en el sur y se prolonga más allá de nuestras

costas. El arrecife coralino, que se presenta desde el litoral norte del estado de Quintana Roo, crece próximo a la costa a manera de barrera discontinua y se prolonga hacia las zonas costeras de Belice y Honduras. Esta barrera arrecifal es conocida como el gran cinturón de arrecifes del Atlántico occidental. Frente a la costa sur de Quintana Roo, en específico de la Bahía de Chetumal, se localiza el atolón conocido como Banco

Chinchorro con una superficie total de 800 km<sup>2</sup>; está separado del continente por una distancia de 30 km (Aguilar y Aguilar 1995). Además, existen varios parches arrecifales diseminados como los de la zona oeste de Isla Contoy y la playa El Garrafón al sur de Isla Mujeres. La barrera de arrecifes de la Península de Yucatán se encuentra mejor desarrollada en la parte norte, en donde existen estructuras que llegan a tener hasta 10 km de largo de manera continua.

### Número de especies por grupo taxonómico

México cuenta con una variedad de algas marinas de aproximadamente mil especies en el Pacífico y 553 en el Atlántico. En general, esta riqueza representa el 10% de las algas del mundo (CONABIO 1998). El número de especies registradas de invertebrados marinos es de 5.9 mil y se estima que la cantidad de especies de invertebrados marinos puede llegar a ser de 8.3 mil. De los invertebrados marinos, alrededor de 1.3 mil especies descritas son poliquetos, que corresponde a más del 11% del total del mundo; entre

4.1 mil y 5 mil especies son moluscos marinos como caracoles, babosas, pulpos y calamares con un porcentaje respecto al mundial del 8%, 152 especies de corales, 503 especies de equinodermos comúnmente conocidos como pepinos y estrellas de mar, que corresponden al 8% del total mundial. Dentro de los crustáceos, destacan por su cantidad los registros de las especies marinas como los decápodos (camarones, cangrejos, langostas y ostrácodos) entre 1.4 mil y 1.9 mil especies, que equivalen entre 14% y 18% del conocido en el mundo (cuadro 2.25).

De las 2,122 especies conocidas de peces, 375 son marinas continentales y 1,241 son de hábitats oceánicos (Espinosa *et al.* 1998). Los ordenes y familias de peces registrados en el país representan el 82% y 46% del total mundial respectivamente. Los grupos con el mayor número de especies son: petromizóntidos, clupeidos, ciprinidos, cíclidos, ciprinodóntidos, godeidos, aterínidos y poecílidos. No existen datos detallados sobre endemismos de peces marinos, pero se estima que presentan esa característica 20% de las especies del Golfo de California, cerca de 15% en el Caribe mexicano, Golfo de Te-

Mapa 2.9 Distribución de los arrecifes en México



1. Isla Rasa 2. Isla Tiburón 3. Cajón del Diablo 4. Bahía Loreto 5. Islas del Golfo de California 6. Cabo Pulmo 7. Cabo San Lucas 8. Islas Marias 9. Archipiélago de Revillagigedo 10. Huatulco 11. Sistema Arrecifal Veracruzano 12. Arrecifes Coralinos de Campeche 13. Arrecife Alacranes 14. Yum Balam 15. Isla Contoy 16. Isla Mujeres-Punta Cancún-Cancún Nizuc 17. Arrecifes de Puerto Morelos 18. Arrecifes de Cozumel 19. Arrecifes Xaman Ha 20. Arrecifes de Sian Ka'an 21. Arrecifes Uaymil 22. Arrecifes de Mahahual 23. Arrecifes de Xcalak.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONANP 2004.

huantepec y el norte del Golfo de México (Espinosa *et al.* 1993) (cuadro 2.26).

Los mamíferos marinos también están bien representados en México, ya que se ha registrado 47 especies de un total mundial de 116, lo que significa que 40% de los mamíferos marinos viven en México. De ellas 40 corresponden al orden Cetacea, seis al orden Carnívora y uno al orden Sirenia. La mayor riqueza de especies se presenta en el Golfo de California, seguida por la costa occidental de Baja California, el Golfo de México y mar Caribe, y por último el Pacífico tropical.

En cuanto a los reptiles, las tortugas marinas se agrupan en las familias Cheloniidae y Dermocheloniidae, con seis géneros, ocho especies y seis subespecies. De las ocho especies que se distribuyen en el mundo, siete arriban a las playas de México. Además, en algunas playas del Pacífico ocurre el fenómeno denominado arribazón, durante el cual miles de tortugas salen en una misma noche a anidar (principalmente la tortuga golfina, *Lepidochelis olivacea*).

CUADRO 2.25. RIQUEZA DE ESPECIES ESTIMADA Y REGISTRADA DE INVERTEBRADOS MARINOS

Grupo	Especies	% mundial	Endémicas	E.P.	Referencia
Hidrozoarios coloniales (corales)	13	—	6	-	Horia y Carricart (1993)
Antozoarios (corales pétreos)	139	—	12	2	Horia y Carricart (1993)
Moluscos marinos	4100-5000	8.2	>920	9	González (1993). Reguero y García (1993).
Poliquetos	1100-1300 (>2600)	11-13 (>26)	—	—	Fernández-Álamo (1993).
Equinodermos	503	8.2	—	1	Wilson, (1988) Buitrón y Solís (1993)
Total	5855-6955	—	938	11	

E.P. especies en peligro.

Fuente: Tomado de CONABIO 1988.

CUADRO 2.26. RIQUEZA DE ESPECIES DE PECES REGISTRADAS EN MÉXICO

Grupo	Especies	%mundial	Endémicos	E.P.	Referencia
Peces marinos y de agua dulce	2122	9.77	—	140	Espinosa (1993), Espinosa et al. (1993)
Peces de agua dulce	506	6.02	163	—	Espinoza (1993), Flores-Villela y Geréz (1994).
Peces	2122	8.72	103	140	
Anuros	195	5.58	-	-	Flores (1993a), Flores-Villela y Geréz (1994).
Caudados	93	26.05	-	-	Flores (1993b)
Gimnofionos	2	1.2	-	-	Flores (1993b)

E.P. especies en peligro.

Fuente: misma del cuadro anterior.

## Impacto

### Biodiversidad marina y costera

#### *Ecosistemas lagunares costeros*

A nivel mundial, los ecosistemas costeros están severamente alterados: el 19% de la zona costera está fuertemente alterada y otro 10% presenta una fragmentación notoria (WRI 2000 en SEMARNAT 2003d). Dentro de los ecosistemas costeros más alterados se encuentran los manglares y las lagunas costeras.

En México, la vegetación halófila ha sufrido una tasa anual de pérdida del 0.61% anual en la última década (1993-2000d), siendo el manglar una de las coberturas más afectadas con una pérdida de 1,581 km<sup>2</sup> de 1976 a 2000, mientras que el popal-tular, en términos generales, ha mantenido su superficie desde 1976 (Velázquez *et al.* 2002). Por su parte, estimaciones del World Resources Institute indican que nuestro país ha perdido alrededor del 65% de sus manglares (SEMARNAT 2003d). Sus principales amenazas son la tala motivada por la ampliación de la frontera agrícola-ganadera, la destrucción ocasionada por el desarrollo de centros turísticos y urbanos, y la construcción de granjas camaronícolas (SEMARNAT 2003d).

Por su parte, un gran número de lagunas costeras presentan graves problemas de deterioro ambiental. Los asentamientos humanos con diversas actividades en las inmediaciones de estos sistemas, especialmente por los desechos que producen, ejercen grandes impactos negativos. Por su parte, la industria turística y de servicios, la actividad petrolera, agrícola, pecuaria, la industria petroquímica y la instalación de complejos industriales en los alrededores de estos sistemas lagunares, o cuenca arriba, en los márgenes de los ríos, producen alteraciones físicas del hábitat y aportan cargas de contaminantes hacia estos sistemas (SEMARNAT 2000d). La presión por pesca durante los últimos años se ha intensificado en estos ecosistemas, además del incremento del esfuerzo pesquero y la utilización de métodos de pesca poco selectivos, así como el acelerado y no regulado crecimiento de la actividad camaronícola (SEMARNAT 2000d).

Otro elemento importante en los ecosistemas lagunares costeros es el oxígeno disuelto en el agua, el cual es primordial para la existencia de la biota acuática. El oxígeno disuelto procede principalmente de dos fuentes, la atmosférica y de su generación por los productos primarios. Debido a estos factores, el agua

contendrá una cierta cantidad de oxígeno la cual puede sobrepasar el grado de saturación debido a los procesos fotosintéticos locales, mientras que en otros ecosistemas lagunares costeros se puede presentar la anoxia (ausencia de oxígeno). Áreas pobres en contenido de este gas e inclusive sin rastros de él, se localizan en sistemas lagunares donde la descomposición de materia orgánica y los detritus son los procesos dominantes. A lo anterior contribuye la falta de una buena circulación al interior de los cuerpos lagunares (Contreras 1993).

Otra causa común del agotamiento del oxígeno es la eutroficación, la cual es provocada por una alta concentración de nutrientes, que a su vez genera un aumento en la población fitoplactónica y por ende de la respiración. Las causas de la eutroficación pueden deberse a factores naturales o antrópicos. En el primer caso, el aumento del volumen de sedimentos que son depositados en un cuerpo lagunar propicia su azolvamiento (Contreras 1993), debido principalmente a la deforestación que se realiza en las partes altas de las cuencas hidrológicas y que favorece los procesos erosivos del suelo. Los volúmenes de sedimentos que son acarreados a través de la red de drenaje aumentan en las estaciones de lluvia. La mayoría de estos sedimentos son depositados en las bocas de los ríos, formando deltas y al interior de los cuerpos lagunares. Sin embargo, la capacidad hidráulica de transporte al interior de estos cuerpos es muchas veces menor en comparación con el volumen de sedimentos que entra, lo que provoca el azolvamiento.

El vertimiento sin control de desechos, aguas negras y fertilizantes provenientes de las localidades urbanas y de los sitios de cultivo, produce una disminución del oxígeno disponible.

En los ecosistemas costeros en nuestro país, las altas temperaturas que se registran en las áreas tropicales disminuye la solubilidad del oxígeno. Sin embargo, esta es una característica común en México, que no propicia concentraciones del elemento que sean limitantes para la biota ya que el forzamiento atmosférico producido por los vientos y la poca profundidad de los cuerpos lagunares, asociado a una alta productividad primaria, hacen que la presencia de oxígeno sea por lo general abundante.

El delicado equilibrio que existe en los cuerpos lagunares se ha visto interrumpido por las actividades humanas que han generado un deterioro en los cuerpos lagunares costeros y han disminuido la capacidad de estos sistemas para mantener a las poblaciones silvestres.

## Arrecifes

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más vulnerables. Los cambios en el uso de la tierra, así como la deforestación, rellenos y dragado, incrementan la erosión y el arrastre de sedimentos hacia los arrecifes provocando su muerte, ya que los corales no son capaces de remover las partículas que los cubren. El sistema arrecifal coralino presenta una considerable fragilidad. La sedimentación, la contaminación, la sobreexplotación pesquera o extractiva de sus recursos y las actividades turísticas masivas y sin regulación, pueden provocar la pérdida de algunos o de la mayoría de los organismos que en él habitan, así como su desestructuración y deterioro irreversible.

Por otro lado, las aguas residuales urbanas e industriales y las descargas agrícolas incrementan el nivel de nutrientes y estimulan el crecimiento de algas en detrimento de los corales.

Se estima que el cambio climático global o el creciente efecto de invernadero incrementan la temperatura y provocan que los corales se blanqueen y a la larga mueran. Este fenómeno se ha reportado en prácticamente todos los sistemas arrecifales (INE 1997).

También, el encallamiento de barcos de gran calado y tonelaje es uno de los accidentes que con mayor frecuencia se presentan en los sistemas arrecifales de nuestro país. Esto puede traer como consecuencia la desaparición de macizos de coral de cientos de años de edad, afectando a su vez a la comunidad de peces que necesitan de su abrigo para sobrevivir. Además, esto es causa de pérdida del paisaje natural que en muchas de las ocasiones es irrecuperable. Por otro lado, las labores de rescate de los buques, cuando el salvataje es factible técnica y económicamente, en ocasiones empeora las condiciones ambientales del lugar del accidente (Consejo Consultivo Nacional Científico y Técnico de los Arrecifes Coralinos de México 2001).

En México, cinco especies de coral están incluidas en la lista de especies amenazadas en la categoría de "sujetas a protección especial" (SEMARNAT 2002a).

### Número de especies amenazadas

El impacto de las actividades humanas sobre las especies de las zonas marinas y costeras tiene como consecuencia la reducción de las poblaciones. Si bien ninguna especie de pez se ha extinto por las actividades de la industria pesquera, se requieren medidas para proteger a las 250 especies que se atra-

pan junto con el camarón (Espinosa *et al.* 1998). Además, cabe mencionar que la foca fraile del caribe se extinguió por sobreexplotación y la nutria marina está prácticamente extinta de la Costa Occidental de Baja California, en gran medida por la sobreexplotación de una de sus principales presas: el abulón.

La Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza tiene en sus listas de especies amenazadas a 24 especies mexicanas marinas (cuadro 2.27).

La lista de especies amenazadas de México incluye 40 especies de mamíferos marinos de las cuales seis especies se encuentran en riesgo de extinción, una está amenazada y una está extinta (SEMARNAT 2002a). Por su parte, las siete especies de tortugas marinas se consideran en alguna categoría de riesgo. Asimismo, la normatividad mexicana incluye por lo menos 16 especies de invertebrados marinos y 185 especies de peces, incluyendo a los de agua dulce.

## Respuesta

### Actividad petrolera

Por la diversidad de actividades de exploración, explotación, transformación, distribución de petróleo y sus productos derivados, prácticamente en todo el territorio nacional existe algún tipo de instalación petrolera. La zona costera del Golfo de México, que comprende los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche es la franja donde se han explotado los más importantes campos petroleros de nuestro país y, en consecuencia, en estos estados se concentra el mayor número de instalaciones petroleras e impactos al medio ambiente (PEMEX 2000).

Lo anterior ha puesto de manifiesto la necesidad de que se elaboren estudios integrales que permitan evaluar el grado de alteración real de los diferentes sistemas naturales que se presentan en la región marina y costera donde se realizan no sólo las operaciones de extracción de petróleo, sino también en las etapas de refinación, transporte y petroquímica (PEMEX 2000). Entre las acciones que se realizan en la zona para disminuir los impactos de la actividad petrolera se tiene el incremento de la capacidad de compresión en plataformas, instalación de nuevas plantas de recuperación de azufre, reinyección de agua congénita a yacimientos y eliminación de sus inventarios de residuos peligrosos.

Estas acciones realizadas por PEMEX, pretenden disminuir el deterioro de la región del Golfo de México y conservar el patrimonio natural de la región.

CUADRO 2.27. ESPECIES CONSIDERADAS COMO AMENAZADAS POR LA UICN

Especie	Categoría de riesgo (UICN 2003a)
<i>Arctocephalus townsendi</i>	VU D2
<i>Geothlypis beldingi</i>	CR B1+2abcde
<i>Haliotis cracherodii</i>	CR A4e
<i>Phocoena sinus</i>	CR C2b
<i>Pristis pristis</i>	CR A1abc+2cd
<i>Dermochelys coriacea</i>	CR A1abd
<i>Balaenoptera borealis</i>	EN A1abd
<i>Balaenoptera musculus</i>	EN A1abd
<i>Balaenoptera physalus</i>	EN A1abd
<i>Henydra lutris</i>	EN A1ace
<i>Epinephelus striatus</i>	EN A2ad
<i>Eubalaena glacialis</i>	EN D
<i>Eubalaena japonica</i>	EN D
<i>Carcharodon carcharias</i>	VU A1cd+2cd
<i>Centrophorus granulosus</i>	VU A1abd+2d
<i>Cetorhinus meximux</i>	VU A1ad+2d
<i>Charadirus melodus</i>	VU C2a
<i>Galeorhinus galeus</i>	VU A1bd
<i>Hippocampus erectus</i>	VU A4cd
<i>Hippocampus ingens</i>	VU A4cd
<i>Megaptera novaeangliae</i>	VU A1ad
<i>Phocoena phocoena</i>	VU A1cd
<i>Rhincodon typus</i>	VU A1bd+2d

Fuente: UICN 2003a.

## Pesca y acuicultura

### Pesquerías

Para la explotación sustentable de las especies de camarón y atún se han establecido una serie de estrategias para su aprovechamiento óptimo.

En el caso del atún se contempla la revisión anual del esfuerzo permisible, con el propósito de adecuarlo en el Golfo de México, mientras que para el camarón, que se explota en el área de Tamaulipas y Veracruz, se intente mantener la veda para incrementar el rendimiento por recluta a corto y largo plazo, así como proteger la reproducción. En la Sonda de Campeche se planea también mantener el esquema de vedas, para incrementar el rendimiento por recluta y proteger la reproducción (SEMARNAP 2000e).

En el caso del atún en el litoral Pacífico es necesario regular la mortalidad de juveniles de aleta amarilla y se requiere determinar la disponibilidad

de barrilete. En el caso del camarón del Pacífico, se han generado estrategias específicas para cada una de las especies de camarón que se explotan frente a las costas de Sonora, Sinaloa y Nayarit, Golfo de Tehuantepec y Costa occidental de Baja California Sur, entre las que destacan: disminuir la duración de la temporada de pesca, medidas para incrementar la biomasa reproductora remanente al final de cada temporada, proteger el desove y evaluar el deterioro ambiental de los sistemas lagunares (SEMARNAP 2000e).

El desarrollo de la pesca requiere ser encauzado bajo esquemas de corresponsabilidad con los productores, evitando prácticas que atenten contra la conservación y adecuado aprovechamiento de los recursos pesqueros.

En este sentido la SAGARPA ha elaborado un listado de aquellas artes de pesca que deben ser prohibidas debido a que resultan dañinas para el medio ambiente y las especies marinas.

## Acuicultura

En México las instituciones gubernamentales han generado una legislación para el correcto desarrollo del sector. La Ley de Pesca y su Reglamento (modificado en 1999), La Ley Federal de Aguas, La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y todas aquellas normas que legislen en materia acuática, de recursos naturales y aprovechamiento. También existen instrumentos capaces de normar el crecimiento de este sector, como el ordenamiento ecológico del territorio y la evaluación en materia de evaluación del impacto ambiental.

## Turismo

Ante el deterioro de las áreas turísticas FONATUR ha generado dos estrategias dirigidas a la preservación del medio ambiente:

- Estrategia para el desarrollo sustentable de la actividad turística promovida por FONATUR.
- Programa de desarrollo del sector turismo para los corredores y regiones turísticas prioritarias.

Por su parte la legislación ambiental mexicana cuenta con dos instrumentos de planeación capaces de normar el desarrollo de la actividad turística en la parte costera:

- Ordenamiento ecológico del territorio. Como parte de las políticas de planeación, el ordenamiento ecológico es un instrumento de política ambiental que busca regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. En la actualidad se tienen elaborados los ordenamientos de la costa de Jalisco y la zona de la Península de Baja California.
- Evaluación en materia de impacto ambiental. La evaluación de impacto ambiental es un instrumento de carácter preventivo cuyo objetivo es conocer la manera en que las obras y/o actividades inciden de manera positiva o negativa sobre el ambiente, entendido a este último como el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hace posible la existencia y el desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un periodo determinado (INE-SEMARNAP 2000).

## Biodiversidad marina y costera

### Áreas naturales protegidas (ANP)

La conservación como otra de las actividades que se dan en la zona costera de México se expresa a través del sistema de áreas naturales protegidas que existen en muchos sitios costeros del país. Las áreas naturales protegidas (ANP) constituyen uno de los instrumentos más importantes para la conservación de la biodiversidad así como para el buen funcionamiento e integridad de los sistemas ecológicos. Actualmente, para la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la protección de los ecosistemas costeros es una prioridad. Prueba de ello es que para 1989, de las 75 ANP decretadas, sólo el 15% (11) se relacionaban con la zona costera y en 1994 esta cifra se elevó hasta cerca de 18% (17) (mapa 2.10). De 1995 a 1999 se decretaron un total de 27 ANP de las cuales 9 son marinas y de éstas 7 son consideradas como parques nacionales y 2 como reservas de la biosfera (INE-SEMARNAP 2000).

### Regiones marinas y costeras prioritarias para la conservación

La conservación de los recursos costeros y oceánicos en el país se enmarca dentro de diferentes compromisos contraídos por México entre los que destacan el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB 1992), el programa "Mandato de Yakarta sobre diversidad biológica marina y costera" acordado por dicho Convenio, la Convención de las Naciones Unidas sobre la Ley del Mar, la **Agenda 21** y el Convenio de Cartagena para la protección y desarrollo del medio marino en la región del Gran Caribe. Adicionalmente, 1997 se consideró el Año Internacional de los Arrecifes y 1998 fue declarado como el Año Internacional de los Océanos.

En México se han identificado 70 regiones marinas prioritarias para la conservación de la biodiversidad costera y oceánica en México, repartidas en ambas costas del país: 43 en el Pacífico y 27 en el golfo de México-Mar Caribe (mapa 2.11). De estas 58 son áreas de alta biodiversidad, de las cuales 41 presentan algún tipo de amenaza para la biodiversidad y 38 corresponden a áreas con diferentes usos. Finalmente, también se identificaron ocho áreas que son importantes biológicamente pero no se cuenta con información sobre biodiversidad. Tres áreas no están clasificadas debido a la falta de información (CONABIO 1998).

MAPA 2.10. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS COSTERAS



*Reservas de la biosfera:* 1. Alto Golfo de California 2. El Vizcaino 3. Archipiélago de Revillagigedo 4. Chamela-Cuixmala 5. Pantanos de Centla 6. Banco Chinchorro 7. Arrecifes de Sian Ka'an 8. Ría Lagartos 9. El Vizcaino.  
*Áreas de protección de flora y fauna:* 9. Isla Rasa 10. Isla Tiburón 11. Cajón del Diablo 12. Islas del Golfo de California 13. Isla Guadalupe 14. Ría Celestún.  
*Parques nacionales:* 15. Bahía de Loreto 16. Cabo Pulmo 17. Isla Isabel 18. Lagunas de Chacahua. 19. Huatulco 20. Tulum 21. Arrecifes de Cozumel 22. Arrecifes Puerto Morelos 23. Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc 24. Isla Contoy 25. Arrecife Alacranes 26. Sistema Arrecifal Veracruzano.  
 Fuente: SEMARNAP 2000d.

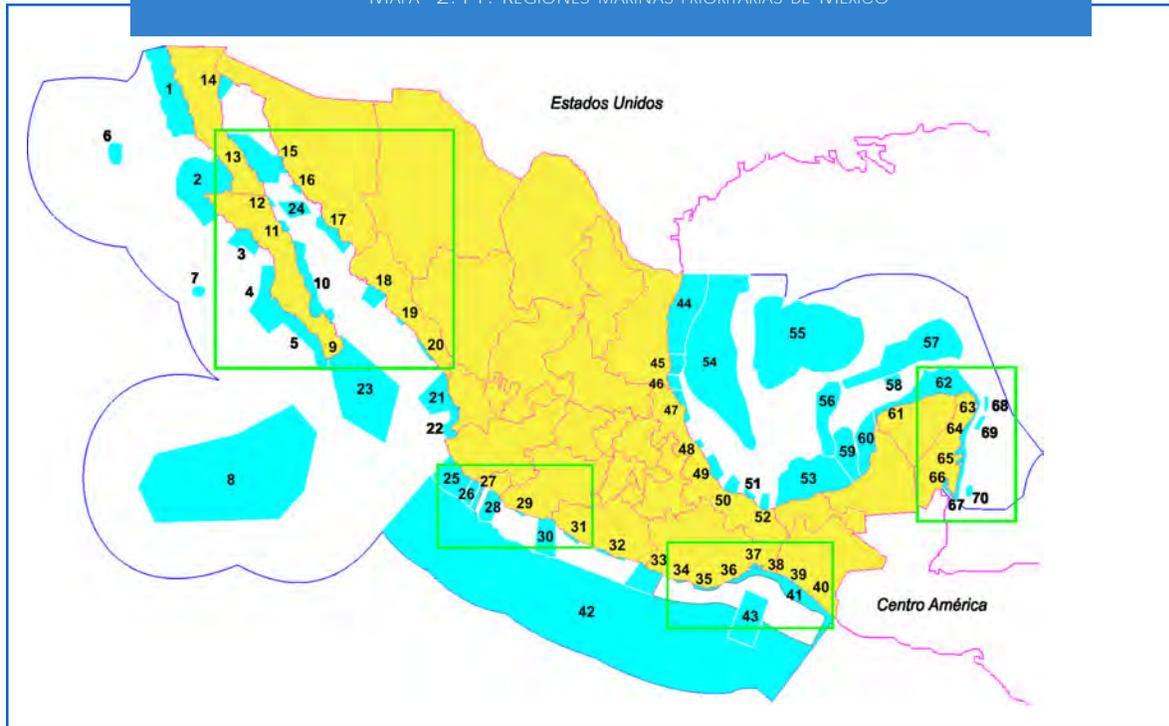
### Iniciativa del Sistema Arrecifal del Caribe Mesoamericano (SAM)

La iniciativa del Sistema Arrecifal del Caribe Mesoamericano tiene como propuestas unificar en una acción conjunta los esfuerzos de Belice, Guatemala, Honduras y México.

El objetivo global del proyecto es mejorar la protección de los ecosistemas ecológicamente únicos y vulnerables que componen el SAM. Para ello se prestará asistencia a los países participantes para el fortalecimiento y la coordinación de políticas nacionales, reglamentos y acuerdos institucionales para la conservación y el uso sostenible de este bien público global. Dicha estrategia del SAM está enmarcada por:

- La Convención sobre Diversidad Biológica, establecida como parte de los acuerdos tomados en la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992.
- Los acuerdos de Tuxtla I y II de cooperación entre México y la región centroamericana, firmados por los presidentes del área.
- Los acuerdos tomados en el seno de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, donde se destaca como punto relevante impulsar las acciones de conservación del proyecto Corredor Biológico Mesoamericano.
- El Convenio de Cartagena para la protección y desarrollo del medio marino en la región del Gran Caribe.

MAPA 2.11. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS DE MÉXICO



Fuente. Arriaga *et al.* 1998.

- El Código de Conducta sobre Pesca Responsable, el cual menciona en varios de sus apartados las obligaciones de los países por desarrollar la pesca de una forma responsable, cuidando los diferentes tipos de hábitat y la biodiversidad.
- El Año Internacional de los Arrecifes 1997, declarado durante el Octavo congreso.
- El Internacional de Arrecifes de 1996, para anteceder al Año Internacional de los Océanos en 1998.

### Protección de tortugas marinas

En México, la protección y conservación de las tortugas marinas se lleva a cabo principalmente en campamentos tortugueros. Desde 1966 el Instituto Nacional de la Pesca (INP) estableció Programas Nacionales de Investigación de Tortugas Marinas y de Protección, Conservación, Investigación y Manejo de Tortugas Marinas. En 1991 este programa determinó la instalación permanente de 12 campamentos tortu-

gueros para las siete especies de tortugas que habitan en mares mexicanos (SEMARNAT 2003d).

En el año 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) de la SEMARNAT y 14 del Instituto Nacional de la Pesca. Además, existen aproximadamente otros 130 campamentos que 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 (SEMARNAT 2003d).

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 (SEMARNAT 2003d).

## Conservación de mamíferos marinos

Como respuesta a las amenazas que enfrentan los mamíferos marinos se han creado una serie de normas para su conservación (recuadro 2.6). Además, México ha suscrito varios convenios para proteger a los cetáceos y a su hábitat, como son:

- Convenio internacional para la reglamentación de la caza de ballenas, al que México se integró en 1938.
- Comisión Ballenera Internacional (CBI) en la que México participa desde 1949.
- Acuerdo Internacional para la Conservación de la Fauna y la Vida Silvestre (CITES) al que México se unió en 1991.
- Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos del Mar.
- Acuerdo Internacional para la Región del Gran Caribe.
- Convenio sobre Biodiversidad de la ONU.
- Código de conducta para la pesca responsable, formulado en el seno de la Organización de 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.

## Recuperación y protección de la vaquita

Actualmente el programa de mamíferos marinos del Instituto Nacional Ecología cuenta con un proyecto de investigación de la vaquita que ha realizado estudios sobre la abundancia, distribución y uso de hábitat, así como un análisis de factores de riesgo. Desde finales de los años noventa se cuenta con la asesoría del Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA), el cual está constituido por reconocidos investigadores de Europa, Canadá, Estados Unidos de América y México. El CIRVA ha elaborado una serie de recomendaciones para evitar la extinción de esta especie. Entre ellos destaca la reducción de la captura incidental a cero, el desarrollo de artes de pesca alternativos, así como el desarrollo de opciones socioeconómicas para los pobladores del Alto Golfo de California. Los trabajos del CIRVA han sido reconocidos internacionalmente por la Comisión Ballenera Internacional, la Society for Marine Mammalogy y la European Cetacean Society, entre otras. Sin embargo, el principal factor de riesgo sigue amenazando la sobrevivencia de esta especie, por lo que es urgente poner en práctica las recomendaciones del CIRVA.

### RECUADRO 2.6. NORMAS QUE PROTEGEN A LOS MAMÍFEROS MARINOS

- NOM-024-SEMARNAT-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.
- NOM-131-SEMARNAT-1998, que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat.
- NOM-012-PESC-1994, que establece restricciones específicas en el uso de redes agalleras o de enmalle pasivas para contribuir mínimamente con la conservación de la vaquita marina.
- NOM-EM-074-ECOL-1996, que regula las actividades de observación de la ballena gris y su hábitat.
- NOM-EM-PESC-2001, que establece los lineamientos para la captura incidental de organismos juveniles de atún y delfines.
- NOM-EM-135-SEMARNAT-2001, que establece los lineamientos regulatorios para la captura, transporte, manejo y condiciones de cautiverio de mamíferos marinos, principalmente delfines.
- NOM-136-SEMARNAT-2002, que especifica las regulaciones existentes para los mamíferos marinos en cautiverio.
- NOM-059-SEMARNAT-2001, que incluye la clasificación de mamíferos marinos en diversas categorías de riesgo.
- Acuerdo por el que se establece como área de refugio para proteger a las especies de grandes ballenas de los subórdenes Mysticeti y Odontoceti, las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. *Diario Oficial de la Federación*, 24 de mayo de 2001.

## Otras respuestas

### Programa de procuración de justicia ambiental 2001-2006

De conformidad con el arreglo institucional del gobierno federal, derivado de las modificaciones a la Ley de Pesca y a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realiza actos de inspección y vigilancia en materia de quelonios y mamíferos marinos, áreas naturales protegidas marinas y litorales, especies acuáticas en riesgo y la normatividad ambiental aplicada a la acuicultura.

La atención de la PROFEPA incluye 45 especies de mamíferos marinos entre los que se encuentra el manatí, la ballena gris, el delfín risso, las ballenas franca, minke, azul y la orca y la vaquita marina (SEMARNAT 2003d). Se tienen decretadas 27 áreas naturales protegidas marinas y litorales que abarcan una superficie de 75,988 km<sup>2</sup>; operan 114 campamentos tortugeros y se tienen registradas 441 granjas camarónicas con una superficie de 422 km<sup>2</sup> (CONANP 2003a).

La preservación de la zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT) tiene como objetivo incrementar la observancia de la normatividad en materia de ordenamiento ecológico, impacto ambiental y ZOFEMAT, incluidos los terrenos ganados al mar, lagos, lagunas, esteros o a cualquier otro depósito formado por aguas marinas, para la preservación y restauración de los recursos naturales. Las líneas de acción son: promover la participación social corresponsable y la coordinación interinstitucional, revisión y modernización de los programas y procedimientos de inspección y vigilancia, generar esquemas de inspección, vigilancia y verificación regional por cuencas, en materia de ordenamiento ecológico e impacto ambiental, proporcionar asistencia técnica y capacitación, promover la restauración, rehabilitación y/o compensación de daños de las zonas afectadas, participar en la prevención y atención de contingencias en materia de impacto ambiental, desarrollar sistemas de información, incluida cartografía y para la inspección y vigilancia, con la CONANP y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

### Evaluación de la calidad del agua en las zonas costeras

Esta evaluación es una aproximación global del estado de la calidad del agua en la zona costera del país. Se analizan y se evalúan diversos parámetros de calidad del agua considerando cinco categorías principales: biológicos, fisicoquímicos, metales, compuestos orgá-

nicos persistentes e hidrocarburos. El análisis de esta información se apoyó en tres tipos de lineamientos normativos: la NOM-001-ECOL-1996, el Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas y los criterios ecológicos de la calidad del agua.

Además, existen iniciativas internacionales respecto al manejo de las costas como es el Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino Frente a las Actividades Realizadas en Tierra (PAM), cuyo objetivo es ayudar a los países a emprender acciones individuales o conjuntas, que en última instancia prevengan, reduzcan, controlen o eliminen la degradación del medio marino, así como ayudar a que se recupere de los impactos ejercidos por las actividades realizadas en la tierra.

### Estaciones de la red nacional de monitoreo de la calidad del agua en zonas costeras

El interés por la preservación de los recursos hídricos nacionales llevó al establecimiento en 1974 de la Red nacional de monitoreo de la calidad del agua (RNMCA), a cargo de la Comisión Nacional del Agua, con 24 estaciones en las zonas costeras más importantes del país; 17 en el océano Pacífico y siete en el Golfo de México (mapa 2.12). Se han realizado además estudios en otras zonas; siete en el océano Pacífico y tres en el mar Caribe.

A su vez la Secretaría de Marina, responsable de salvaguardar los recursos marinos nacionales, ha realizado estudios de calidad del agua y mantiene monitoreadas algunas de las zonas costeras más importantes del país: seis en el océano Pacífico, tres en el Golfo de México y tres en el mar Caribe.

### Investigación

La investigación es una parte importante para el conocimiento de los recursos marinos y costeros. En México existen diferentes instituciones educativas dedicadas al conocimiento de la conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos marinos, entre estas podemos mencionar las siguientes: Universidad de Veracruz, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-La Paz, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la

Universidad de Sonora, Centro de Estudios Tecnológicos del Mar-Guaymas, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Universidad Autónoma de Sinaloa, Instituto de Investigaciones Oceanográficas del Pacífico y el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lo-

gar la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos de la Universidad de Guadalajara, entre otras.

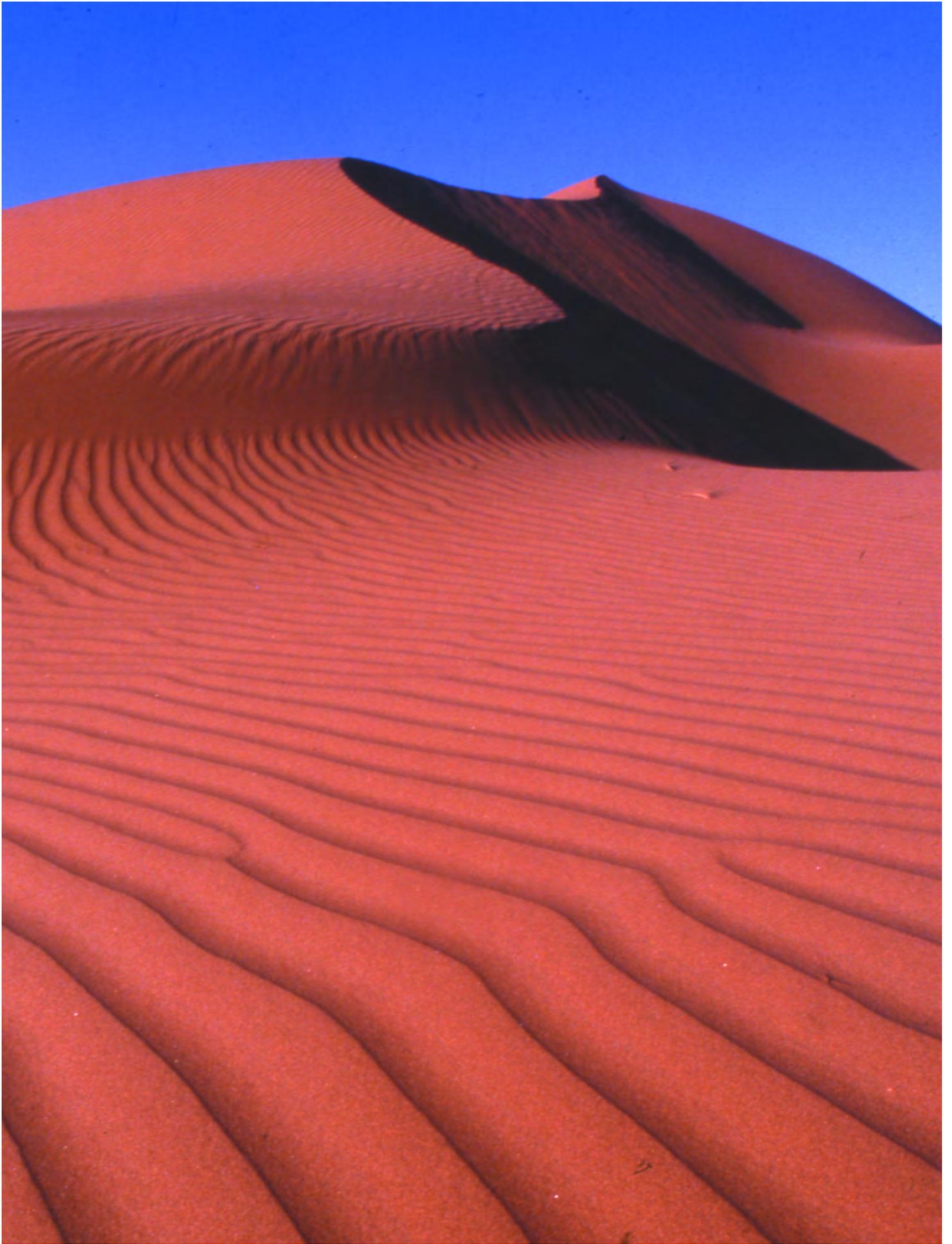
MAPA 2.12. ESTACIONES DE LA RED NACIONAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ZONAS COSTERAS



Fuente: INE-SEMARNAP 2000.







## El suelo

El suelo puede definirse, de acuerdo con el glosario de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (1984), como el material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales (material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado periodo. Es considerado también como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, y que sirve como medio de crecimiento para diversos organismos. Además, el suelo juega un papel ambiental de suma importancia, ya que puede considerarse como un reactor bio-físico-químico en donde se descompone material de desecho que es reciclado dentro de él (Hillel 1998).

México es un país con una gran complejidad geológica, en donde existe una gran diversidad de rocas con características y orígenes distintos, lo que dió como resultado diferentes tipos de suelos. De las 28 unidades o categorías de suelo reconocidas por la FAO/UNESCO/ISRIC en 1988, en México se encuentran 25, entre los cuales sobresalen 10 que constituyen el 74% de la superficie del territorio. Cinco de estas variedades cubren casi cuatro quintas partes del territorio nacional: leptosoles, regosoles,

calcisoles, feozems y vertisoles (SEMARNAT 2003d) (gráfica 2.19).

Sin embargo, tanto en México como a nivel mundial, el suelo sufre una degradación acelerada como consecuencia principalmente de diversas actividades humanas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), coloca a México entre los primeros lugares en este aspecto (con cerca de 50% de suelos severa y muy severamente degradados), comparado con el resto de sus países miembros. En América Latina, México se encuentra en un punto intermedio entre los países de Centro y Sudamérica (OCDE 2003).

En gran medida, este deterioro se encuentra asociado a la falta de conocimiento sobre el papel ambiental que juega el suelo, así como de los límites para su aprovechamiento en función de sus aptitudes y acerca de las técnicas apropiadas para que pueda ser sustentable. Este desconocimiento se traduce, entre otros aspectos, en la falta de políticas de usos del suelo y en prácticas que lejos de contribuir a su protección, aceleran su degradación, sin tomar en cuenta que su pérdida puede ser irreversible.

No es sino hasta la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988, y particularmente después de sus reformas de 1996, que la protección jurídica de los suelos se aborda desde una perspectiva ambiental más amplia (Carmona 2003). En dicha ley se establecen los principios y criterios ambientales que deben aplicarse en las actividades que mayor impacto están

GRÁFICA 2.19. PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE DE MÉXICO CUBIERTA POR LAS PRINCIPALES VARIEDADES DE SUELOS



Fuente: SEMARNAT 2003d.

teniendo en ellos, y en la regulación y control de los procesos específicos que provocan su contaminación y que involucran el manejo de materiales (plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas) y residuos peligrosos (Brañes 2000a).

Es crucial conocer en qué medida la LGEEPA y otras leyes y normas, así como qué tanto las políticas y programas ambientales y otras políticas y programas sectoriales, contribuyen a la protección de los suelos. Se requiere dimensionar las presiones que se ejercen sobre los suelos, definir cuál es el estado actual de estos en México y determinar en qué medida las diversas presiones están ocasionando impactos adversos en los suelos, para poner en perspectiva la respuesta gubernamental y social para contender con la situación que al respecto prevalece en México.

## Presión

Todos aquellos procesos desencadenados por las actividades humanas, como son el aumento de la población así como su migración hacia áreas urbanas y suburbanas, generan una serie de fenómenos que ejercen una presión constante hacia los suelos, reduciendo así su capacidad para sostener ecosistemas naturales o modificados, para mantener o mejorar la calidad del aire y el agua, y para preservar la salud

humana (SEMARNAT 2003d). Dentro de dichos procesos se encuentran: (i) el cambio de uso del suelo, (ii) la generación de residuos (industriales y municipales), (iii) la sobreexplotación de recursos hídricos y de combustibles fósiles. Entre las causas inmediatas que provoca el deterioro del suelo se cuentan el cambio climático, la contaminación ambiental y la disminución de la biodiversidad (Lomelí *et al.* 2000)

La complejidad de las presiones que se ejercen sobre el suelo y de sus consecuencias deriva de la intervención de múltiples factores entre los cuales destacan, por su importancia, la topografía, el uso del suelo, el sobrepastoreo, la densidad poblacional y la pobreza. Su combinación varía de una región a otra del país, lo que da lugar a condiciones que favorecen o agravan su degradación. En la gráfica 2.20 se muestra la contribución de los diferentes factores que ejercen presiones sobre los suelos y ocasionan su degradación a nivel nacional.

Puede verse que dentro de las principales causas que provocan la degradación de suelos en el país, se encuentran el sobrepastoreo, la deforestación y el cambio de uso del suelo, debido principalmente a actividades agropecuarias. A continuación se analiza más detalladamente el origen y las presiones que ejercen en México diversos fenómenos que provocan la degradación de los suelos y que son generados como consecuencia de las actividades antropogénicas.

GRÁFICA 2.20. PRINCIPALES CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS EN MÉXICO, 1999



Fuente: SEMARNAT 2001b.

## Deforestación y cambio en el uso del suelo

La deforestación o degradación de la cubierta vegetal se refiere a la remoción o destrucción de la vegetación existente en un área determinada (PNUMA 2003b). Es importante considerar que habitualmente la deforestación se encuentra asociada con el cambio de uso del suelo forestal hacia otro uso, así como con la ampliación de áreas de cultivo o pastoreo, sin tomar en cuenta que, como resultado, el suelo generalmente se agota en dos o tres ciclos de cultivo. Entre las áreas recubiertas de vegetación que tienen los suelos más deteriorados se encuentran los bosques, muchos de los cuales se localizan en zonas montañosas en donde, además, están sujetos a la presión de la erosión hídrica. A su vez, la deforestación es uno de los factores que inciden de manera importante en la calidad del suelo y en su capacidad para resistir a la acción del viento y del agua (SEMARNAT 2000e).

Debido a esta clara y estrecha asociación entre el suelo y la vegetación, el estado de la deforestación provocada por cambios en el uso del suelo, así como su impacto en el territorio nacional, se revisa con mayor detalle en la sección 2.6 sobre biota.

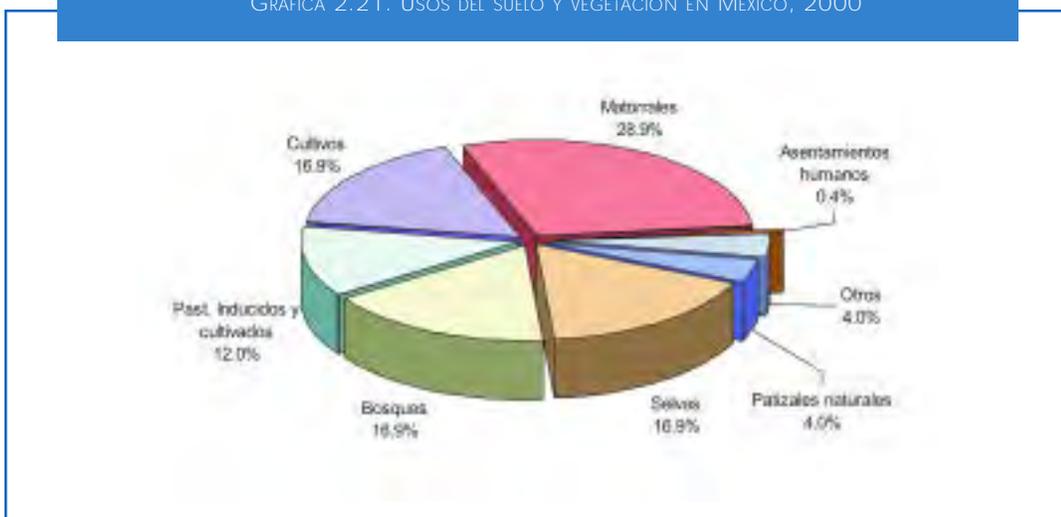
Se señalan diferentes procesos como responsables del cambio de uso del suelo. El destinado a actividades agropecuarias ejerce una presión considerable en los suelos de México (gráfica 2.21). Por ejemplo, en 1950 existían en nuestro país alrededor de 2,000 m<sup>2</sup> de tierra laborable por habitante, y según

datos de 1996 de la FAO, ésta se ha reducido a 1,200 m<sup>2</sup> (FAO 2003a). Por otra parte, algunos modelos indican que el crecimiento poblacional es también de los factores responsables del incremento de la superficie cultivada o destinada a la ganadería. El crecimiento de las ciudades (urbanización) es otra fuente que provoca modificaciones en el uso del suelo, las cuales dependen en buena medida del tipo de sustrato y en términos generales, los suelos más aptos para la agricultura son los más explotados (SEMARNAT 2003d).

En el cuadro 2.28 se muestran los cambios en los usos del suelo desde 1980 hasta 1996, en donde destaca la disminución (22.4%) de áreas naturales (selvas y vegetación desértica), y el incremento en áreas destinadas para actividades agropecuarias y urbanización (147.8%).

Durante años se ha identificado que la expansión de superficies destinadas a actividades agropecuarias es un factor que provoca la deforestación. En los últimos siglos prácticamente la mitad del territorio nacional se ha modificado intensamente debido a cambios en el uso del suelo. La fuente más reciente de información sobre el uso del suelo en México es el Inventario Nacional Forestal de 2000, en donde se indica que el 29% del territorio corresponde a cobertura antrópica (suelos destinados para cultivos, pastizales inducidos o cultivados, ganadería y asentamientos humanos), el 18% es vegetación secundaria y el 53% restante incluye pastizales naturales y matorrales xerófilos usados para la ganadería, así como otras áreas más o menos alteradas por las actividades humanas.

GRÁFICA 2.21. USOS DEL SUELO Y VEGETACIÓN EN MÉXICO, 2000



Fuente: SEMARNAT 2001b.

CUADRO 2.28. CAMBIOS EN EL USO DE SUELO, 1980-1996

Uso del suelo	Superficie (km <sup>2</sup> )		Diferencia (km <sup>2</sup> )	Variación de la superficie (%)
	1980	1996		
Zonas urbanas	2,592	5,689	3,097	119.48
Pastizales y sabanas <sup>1</sup>	221,438	284,109	62,671	28.30
Agricultura <sup>2</sup>	271,842	310,781	38,939	14.32
Otros usos <sup>3</sup>	60,516	67,432	6,916	11.43
Bosques	334,097	341,872	7,775	2.33
Selvas	373,153	331,970	-41,183	-11.04
Matorrales y vegetación desértica <sup>4</sup>	669,126	593,200	-75,926	-11.35

1. Incluye pastizales naturales, inducidos, cultivados y halófitos.

2. Incluye agricultura de temporal, nómada, de humedad, de riego suspendido y de riego.

3. Incluye vegetación de palmar, manglar, acuática (hidrófila), de dunas, de galería, halófila, áreas sin vegetación, áreas salinas y erosionadas.

4. Incluye matorral, chaparral, mezquital, nopalera, vegetación de desierto y gipsófila.

Fuente: Indicadores de desarrollo sustentable en México. INEGI-SEMARNAP 2000b.

### Actividades agrícolas

La forma en que las presiones ejercidas por las actividades agrícolas se manifiesta sobre el suelo varía de una región a otra del país y depende en gran medida, de los modelos de desarrollo adoptados en cada una de ellas. Resulta importante conocer también otros factores locales a fin de determinar qué modalidades requieren ser modificadas para lograr la protección del suelo y en dónde es prioritario introducir dichas modificaciones.

No sólo las zonas de riego agrícola se encuentran sujetas a presiones que degradan los suelos, también las tierras de temporal se hallan entre las más afectadas por la degradación, entre otras razones, por el tiempo que permanece el suelo sin vegetación en la temporada de secas. A ello se suman, además, las presiones ejercidas por las prácticas agrícolas inadecuadas, como ocurre con la labranza poscosecha empleada para aflojar la tierra al final del ciclo productivo que la deja desprovista de la protección de la vegetación y la hace vulnerable a la erosión.

En 1998, el área destinada para la agricultura cubrió 22.1 millones de Ha, de las cuales 16.7 millones (76%) correspondían a cultivo de temporal y 5.4 millones (24%) a superficie agrícola de riego, en la cual se realizan ciclos agrícolas de primavera-verano y otoño-invierno, así como cultivos perennes durante el mismo ciclo (SAGAR 2000). En 2000, la superficie cultivada fue de 20.2 millones de hectáreas (SEMARNAT 2003d).

### Ganadería (sobrepastoreo)

Otra actividad que incide en la degradación de los suelos es la ganadería, que se desarrolla en todo el

territorio nacional, y que ocupa ecosistemas de tipo árido y semiárido, templados subhúmedos, húmedos y tropicales. En las zonas áridas, que constituyen casi la mitad del territorio, la degradación de los suelos es el resultado principalmente del mal manejo de la escasa cobertura vegetal, así como de actividades de cría de ganado y recolección de recursos no maderables. Mientras que en el norte y sur se estima que la ganadería ha sobrepastoreado sus potreros y soporta varias veces más el número de cabezas ecológicamente recomendables, afecta la composición florística de los pastizales, provoca una reducción en la permeabilidad de los suelos y con ello incrementa la escorrentía y su degradación (SEMARNAT 2003d).

Normalmente las actividades pecuarias tienen lugar en los pastizales. Sin embargo, de acuerdo con información presentada por la SEMARNAT en 2003, la superficie ganadera en México ocupa cerca de 110 millones de Ha (casi 56% de la superficie total). En los estados del norte y en Tabasco la superficie ganadera sobrepasa el 65% de la extensión de la entidad y se calcula que cerca del 40% de la superficie ganadera se ubica principalmente en la vegetación natural.

Debido a razones socioeconómicas, el número de cabezas de ganado frecuentemente aumenta mientras que las áreas de pastoreo disminuyen. El sobrepastoreo es una de las principales causas de degradación de pastizales naturales, lo que da como resultado una caída rápida de la productividad. Muchos de los suelos con pastos cultivados son poco fértiles y la productividad de las pasturas disminuye con el tiempo debido al pobre manejo (FAO 2000a).

## Materiales y residuos industriales

Como consecuencia de siglos de actividad minera y posteriormente, debido a las actividades propias de las industrias de la química básica, petroquímica, de refinación del petróleo, así como de fertilizantes y plaguicidas, se han producido y acumulado grandes cantidades de residuos peligrosos, lo cual contribuye de manera directa a la degradación química de los suelos. Dentro de los residuos que más se generan en el país, se encuentran los aceites y grasas junto con los solventes (más del 45% del total), las resinas, ácidos y bases (10%) y los desechos de pinturas y barnices (8%) (SEMARNAT 2003d).

Se estima que la generación actual de residuos industriales peligrosos en México es de 8 millones de toneladas por año, y se considera que sólo el 26% recibe un manejo adecuado (Escalera-Romay 2001). El resto de los residuos (casi 6 millones), se acumula en instalaciones de industrias o se dispone de manera inadecuada e ilegal, contribuyendo en gran medida a la contaminación de los suelos. A lo anterior, se suma la intensa actividad de otras industrias (química, metal-mecánica, metálica básica, eléctrica), los accidentes ocurridos durante el almacenamiento, transporte o trasvase de sustancias (fugas, derrames, incendios), así como el riego con agua de mala calidad, rica en minerales como el sodio o con aguas residuales de origen industrial (Volke y Velasco 2002). El número de sitios contaminados, aún en las estimaciones más conservadoras, asciende a varios miles de lugares cuyo riesgo potencial es desconocido (SEMARNAT 2003d).

## Estado e impacto

El suelo, como integrante del ecosistema, ocupa una posición clave en los ciclos globales de la materia. En él existe una amplia variedad de cadenas y redes alimenticias, lo cual permite que ocurra un intercambio intenso de materia y energía entre el aire, el agua y las rocas que lo componen. En este sentido, es importante recordar que el 60.7% del territorio mexicano está formado por leptosoles, regosoles y calcisoles que contienen poca humedad, son poco profundos y poseen baja fertilidad por su alto contenido de calcio; si a ellos se suman las áreas cubiertas con suelos gleyxems, solonchaks, acrisoles o alisoles, casi dos terceras partes de los suelos del país no son aptos para la agricultura (SEMARNAT 2003d).

A continuación se presenta el estado e impacto en los suelos en México, como consecuencia de las presiones ejercidas por los diversos factores antes mencionados.

## Desertificación

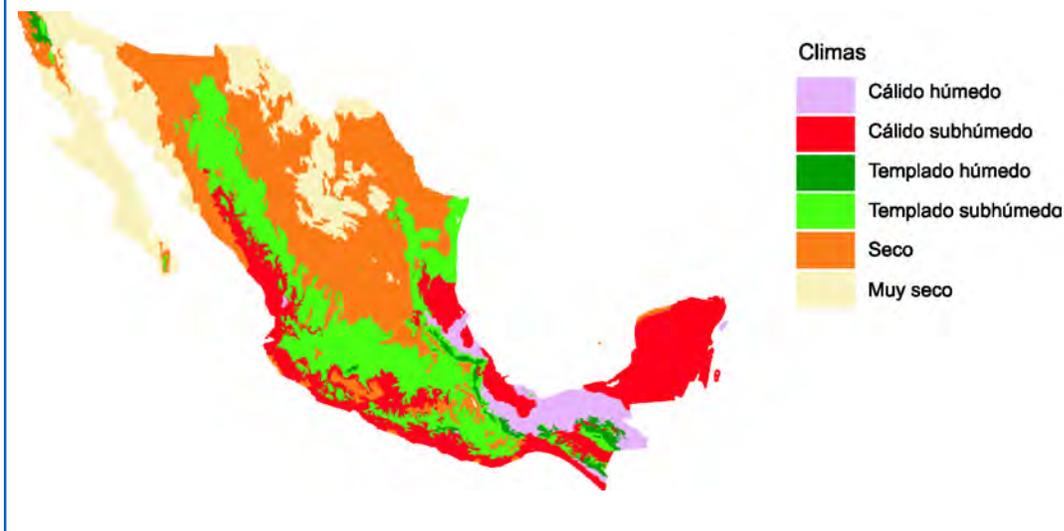
La desertificación se define como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, que resulta de factores de origen climático y de actividades humanas, como la deforestación, el sobrepastoreo, la expansión de áreas agrícolas hacia áreas frágiles y la sobreexplotación de vegetación para uso doméstico. Existen siete procesos principalmente responsables de la desertificación: (i) degradación de la cubierta vegetal, (ii) erosión hídrica, (iii) erosión eólica, (iv) salinización, (v) reducción de la materia orgánica del suelo, (vi) encostramiento y compactación del suelo y (vii) acumulación de sustancias tóxicas para los seres vivos. De éstos, los cuatro primeros son considerados procesos primarios de desertificación (debido a que sus efectos son amplios y tienen un impacto muy significativo sobre la producción de la tierra) y los tres últimos secundarios. Cabe señalar, que este proceso se evalúa con base en tres criterios: estado actual, velocidad y riesgo. Para cada uno de ellos se consideran cuatro clases de desertificación: ligera, moderada, severa y muy severa (PNUMA 2003b).

La desertificación no se refiere a la expansión de los desiertos existentes, sucede porque los ecosistemas de las tierras áridas (una tercera parte de la Tierra), son extremadamente vulnerables a la sobreexplotación y al uso inapropiado de la tierra (FAO 2000a, CINU 2003).

Las zonas áridas en el país abarcan más de la mitad del territorio y su dimensión alcanza cerca de 100 millones de hectáreas (mapa 2.13). Cerca del 30% de la superficie de este tipo de zonas (~516 millones de hectáreas en América Latina), es susceptible a desertificación. El 52% de las zonas secas están ocupadas por matorrales, que constituyen uno de los tipos de vegetación más afectados por las actividades humanas, las cuales inducen su reducción en 0.89% cada año (FAO 2000a, SEMARNAT 2003d). Entre las actividades que provocan desertificación en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, se encuentran el sobrepastoreo, el cambio de uso del suelo, la deforestación, la labranza poscosecha y el mal manejo del suelo (gráfica 2.22).

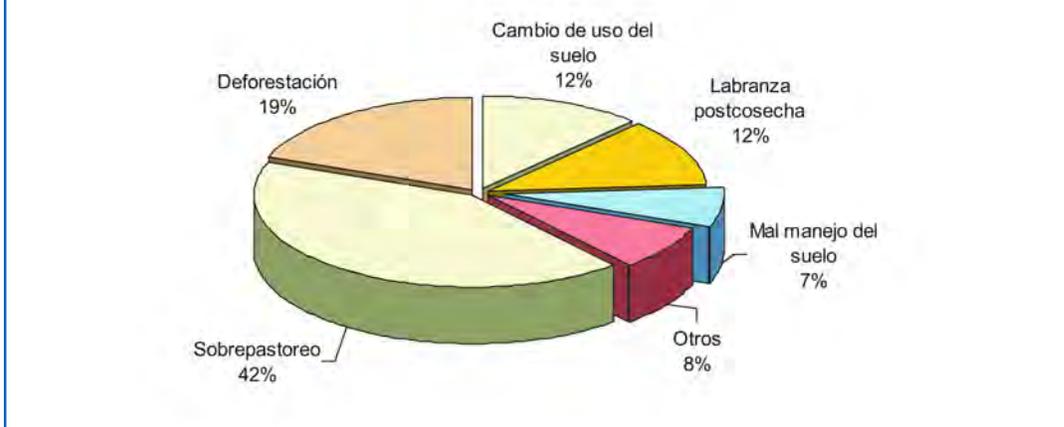
Del total de la superficie de México, el 59% se ha desertificado por degradación del suelo. Entre las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas que no han sufrido desertificación se encuentran el centro del desierto chihuahuense (estados de Chihuahua, Coahuila y Durango), el Gran Desierto de Altar (Sonora), y la península de Baja California (SEMARNAT 2003d).

MAPA 2.13. CLIMAS PREDOMINANTES EN MÉXICO



Fuente: SEMARNAT 2003d.

GRÁFICA 2.22. CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN LAS ZONAS ÁRIDAS, SEMIÁRIDAS Y SUBHÚMEDAS SECAS EN MÉXICO, 1999



Fuente: SEMARNAT 2001b.

De acuerdo con estudios realizados por la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Posgraduados, la desertificación afecta en diversos grados (desde el más leve hasta el más severo) a más del 70% del territorio nacional. La velocidad de la

desertificación es cientos de veces mayor que la velocidad de recuperación en los ecosistemas dedicados a la producción agrícola, pecuaria y forestal. Por lo anterior, a México le llevaría varias décadas igualar la velocidad de desertificación con

la de recuperación y rehabilitación de los suelos (Anaya 2003).

La principal consecuencia de la desertificación, es la reducción de la productividad de los ecosistemas expresada en la disminución de rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales, así como en la pérdida de la diversidad biológica (Anaya 2003).

### **Erosión y degradación**

El fenómeno de erosión se refiere al proceso de remoción (por desprendimiento o arrastre) del suelo, principalmente de la capa arable del mismo. La erosión del suelo, con la implícita pérdida de la producción, se está convirtiendo en uno de los problemas ambientales que más presión ejerce en áreas vulnerables (FAO 2000a). De esta manera, entre las presiones más importantes derivadas de fenómenos naturales y antropogénicos que se ejercen sobre los suelos, destacan la erosión hídrica y la erosión eólica. La erosión del suelo reduce su fertilidad debido a que provoca la pérdida de minerales y materia orgánica (SEMARNAT 2003d).

La erosión hídrica (erosión por acción del agua) se acelera cuando el ecosistema es perturbado por actividades humanas como la deforestación y/o el cambio de uso del suelo (explotación agrícola, pecuaria, forestal, vías de comunicación y asentamientos humanos) (PNUMA 2003). De acuerdo con la SEMARNAT, la erosión hídrica constituye uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta el país, sobre todo en las zonas montañosas, cuyos suelos son especialmente vulnerables y son arrastrados por las escorrentías (SEMARNAT 2003d).

La erosión eólica (erosión causada por la acción del viento), ejerce presiones considerables en las zonas áridas y semiáridas del norte del país y en otras áreas dispersas en el resto del territorio. Este tipo de erosión se debe principalmente al sobrepastoreo que destruye o altera a la vegetación natural, a la tala inmoderada y a prácticas agrícolas inadecuadas (PNUMA 2003d).

A los fenómenos de erosión, se le suma la degradación de suelos ocasionada por actividades humanas, entre las que destacan la degradación química, física y biológica. En el mapa 2.14 se muestran las principales causas, de origen antropogénico, que provocan la degradación de los suelos en México.

Aunque la degradación de tipo biológico y físico es menos considerable en cuanto a superficie afectada, es significativa en algunas zonas particularmente vulnerables del país. La degradación biológica, implica la pérdida de materia orgánica y de los procesos

que mantienen la fertilidad del suelo. La degradación física, se encuentra asociada principalmente con la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua, lo que ocurre cuando el suelo se compacta (por actividades agrícolas y de pastoreo), su superficie se endurece (encostramiento) o se recubre (urbanización). La inundación de una zona es otra causa de degradación física de los suelos (SEMARNAT 2003d).

Se calcula que anualmente se pierden cerca de 535 millones de toneladas de suelo por causa de la erosión y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) estima en 188 millones de pesos anuales las pérdidas económicas, sin considerar los efectos de la reducción de la capacidad productiva de las tierras, lo cual incrementaría considerablemente dicha pérdida. En zonas áridas y semiáridas, se dejan de percibir al año aproximadamente 1.5 mil millones de dólares como consecuencia de la degradación del suelo (SEMARNAP 2000e).

De acuerdo con datos del INEGI y la SEMARNAP 2000a, el 64.2% de los suelos del territorio de México (1.3 millones de km<sup>2</sup>) se encuentra afectado por erosión hídrica, eólica o por algún tipo de degradación (gráfica 2.23). La erosión hídrica afecta el 37% de la superficie nacional, la erosión eólica el 14.9% y la degradación química casi el 7%. Por otra parte, de acuerdo con la FAO (FAO-TERRASTAT 2003), el 26% del territorio nacional (512 mil km<sup>2</sup>) presenta riesgos de erosión.

Dentro de las principales causas que originan la erosión hídrica, se encuentran la pérdida de la capa superficial (25.3% del total de la superficie afectada), seguida por deformación del terreno (11.6%) y sedimentación (0.1%). La erosión eólica, por su parte, es provocada por la pérdida de la capa superficial (14.6%) y por la deformación del terreno (0.3%).

En los mapas 2.15 y 2.16 se muestra la distribución de las superficies afectadas por erosión hídrica y eólica, respectivamente, en el territorio nacional. Tal como sucede en el resto del mundo, la erosión hídrica es la primera causa de degradación de los suelos en México (SEMARNAT 2003d).

Como puede verse, la erosión hídrica afecta a una buena parte del país, desde un grado de afectación bajo hasta zonas afectadas con grados muy altos. Entre los estados con mayor grado de afectación, se encuentran México, Michoacán, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal, Hidalgo y Guanajuato.

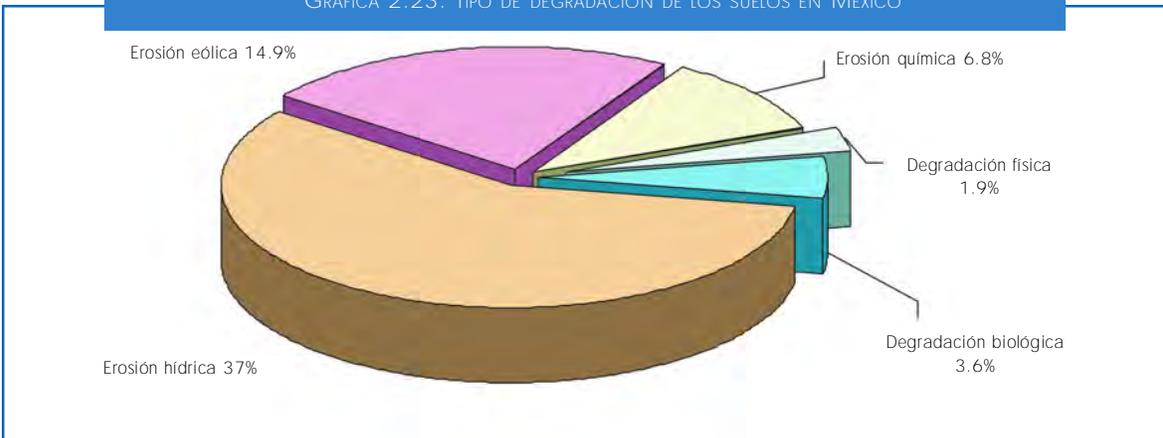
Con respecto a la erosión eólica, la afectación en el territorio en cuanto a magnitud no es grave. Sin embargo, existen zonas ubicadas en el centro del país (Zacatecas y Durango) en las que este tipo de erosión llega a niveles muy altos (mapa 2.16). De

MAPA 2.14. DEGRADACIÓN DEL SUELO CAUSADA POR ACTIVIDADES HUMANAS



Fuente: SEMARNAP 1999.

GRÁFICA 2.23. TIPO DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO



Nota: Los datos se refieren al total del territorio nacional, del cual el 64% de los suelos se encuentra afectado.  
Fuente: INEGI-SEMARNAP 2000a.

la superficie afectada, el 43% se encuentra severamente erosionada (50-200 ton/ha por año), el 33.1% con erosión moderada (10 a 50 ton/ha x año) y el 17.6% muy severa (> 200 ton/ha x año), mientras que solo el 5.3% de estos suelos tiene un

grado de erosión ligera (< 10 ton/ha/año) (SEMARNAT 2003d).

De la superficie del territorio afectada por erosión eólica, la mayoría de los suelos se encuentra en estado ligero (36.3%) y moderado (34.4%), mientras que

MAPA 2.15. SUPERFICIE AFECTADA POR EROSIÓN HIDRICA EN LOS SUELOS DE MÉXICO



Fuente: SEMARNAP 1999.

MAPA 2.16. SUPERFICIE AFECTADA POR EROSIÓN EÓLICA EN LOS SUELOS DE MÉXICO



Fuente: SEMARNAP 1999.

el 20.5 y 8.7% de los suelos afectados por este tipo de erosión se degrada a una velocidad severa y muy severa, respectivamente (SEMARNAT 2003d).

Por otra parte, la degradación involucra a los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura de este recurso para sostener la vida humana. La degradación química se debe principalmente a procesos de pérdida de nutrientes, gleización, salinización y contaminación y afecta cerca de 13 millones de hectáreas, ubicadas principalmente en zonas agrícolas de regadío (mapa 2.17). Igualmente, este tipo de degradación se propicia en zonas con quemas de caña de azúcar y pastizales (Proceso de Montreal 2003). Alrededor de 3.1% de los suelos del país están afectados por la acumulación de sales con lo cual han sido degradadas cerca de 6.1 millones de hectáreas. De acuerdo con datos publicados por el INEGI (2000), la superficie de suelo degradado por causas de contaminación en 1999 fue de casi 26 mil km<sup>2</sup>.

En lo que a degradación física se refiere, las principales causas son la urbanización (7.5 mil km<sup>2</sup>), la acidificación (10.8 mil km<sup>2</sup>), la compactación (5.5 mil km<sup>2</sup>) y las inundaciones (11 mil km<sup>2</sup>) (INEGI-SEMARNAP 2000a, SEMARNAT 2003d), que afectan un área aproximada de 34, 898 km<sup>2</sup> (mapa 2.18). Entre los estados que tienen algún grado de afectación por este tipo de degradación, se encuentran Baja California Sur, Sonora, Nuevo León, Guanajuato y Veracruz.

Con respecto a la degradación biológica, que afecta 3.6% del país (mapa 2.19), la península de Yucatán es la región más afectada (INEGI-SEMARNAP 2000a, SEMARNAT 2003d). Otras zonas afectadas se localizan en los estados de Tamaulipas, Guerrero, Campeche y Nayarit. Aunque la degradación biológica se considera un problema moderado para las condiciones de México, existen áreas con degradación severa, que evidencian los procesos agropecuarios intensivos que utilizan quemas agropecuarias recurrentes cada año (Proceso de Montreal 2003).

MAPA 2.17. ÁREA DE INFLUENCIA POR DEGRADACIÓN QUÍMICA EN LOS SUELOS DE MÉXICO



Fuente: SEMARNAP 1999.

De la extensión total del territorio que presenta algún tipo de degradación de suelos, una superficie de 885 mil km<sup>2</sup> se encuentra severa a muy severa, en donde las principales causas han sido la agricultura y el

sobrepastoreo (FAO-TERRASTAT 2003). En la gráfica 2.24 se muestra información acerca de la severidad en el grado de degradación que presentan los suelos mexicanos en función de la distribución de la población.

MAPA 2.18. ÁREA DE INFLUENCIA POR DEGRADACIÓN FÍSICA EN MÉXICO



Fuente: SEMARNAP 1999.

MAPA 2.19. ÁREA DE INFLUENCIA POR DEGRADACIÓN BIOLÓGICA EN LOS SUELOS DE MÉXICO



Fuente: SEMARNAP 1999.

## Actividades agropecuarias

Como ya se ha dicho, la conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de deforestación en América Latina (FAO 2003b), y a su vez, una de las causas que provocan la degradación de los suelos. En el cuadro 2.29, se muestran cifras de la degradación de suelos en México debida a actividades agrícolas.

Entre 1993 y 2000 la superficie cultivada en el país, creció en 2.57 millones de hectáreas, cifra menor a la superficie total dedicada a la agricultura registrada en los inventarios nacionales de uso del suelo. Esto significa que parte del crecimiento de la producción agrícola en México se desarrolla a costa de la vegetación natural, pero también que el crecimiento de la agricultura ha sido más veloz (1.8% anual) sobre terrenos previamente desmontados que sobre la vegetación silvestre (1.2% anual) (SEMARNAT 2003d). En el mapa 2.20 se muestra la superficie del territorio destinada a agricultura de riego y de temporal.

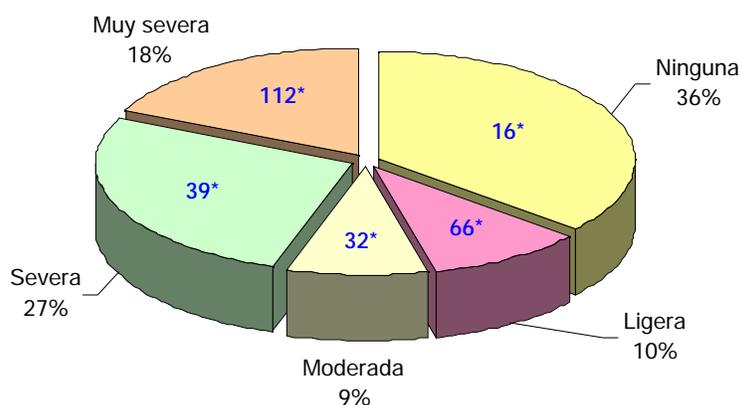
Los estados de Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz, se encuentran entre las entidades con mayor superficie de cultivos (en todos los casos una extensión superior a 20,000 km<sup>2</sup>). Por otra parte, el sistema de uso del suelo que cubre más superficie en

México es el dedicado a la ganadería con más de 100 millones de hectáreas, en donde el principal problema es la escasez de forraje con consecuencias como disminución del hato, muerte del ganado, desnutrición, pobreza, miseria y migración (Anaya 2003).

Una de las principales actividades del sector agropecuario del país es la ganadería bovina, principalmente debido a su contribución a la oferta de carnes y por su participación en la balanza comercial del país. Las regiones árida y semiárida representan el 33.0% de la producción de carne a nivel nacional, la región templada aporta 31.6%, mientras que la región con mayor aporte, 35.4%, es la región trópico húmedo y seco.

Los estados de Jalisco y Veracruz se han mantenido entre los primeros productores de carne en los últimos años. Es importante mencionar que en el sureste del país, incluyendo a Veracruz, y a diferencia de los estados del centro y norte del país, el sistema de producción de carne implica principalmente el uso de pastizales nativos y praderas mejoradas (SAGARPA 2003). El territorio nacional se encuentra sometido al doble del ganado que puede tolerar en forma sostenible, y la situación es particularmente grave en los estados de México, Sinaloa y Jalisco (SEMARNAT 2003d).

GRÁFICA 2.24. SEVERIDAD DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN MÉXICO



\* Densidad de población correspondiente al dato de degradación  
Fuente: FAO-TERRASTAT 2003.

CUADRO 2.29. DEGRADACIÓN DE SUELOS A CAUSA DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN MÉXICO

Tipo de degradación	Degradación total (miles de km <sup>2</sup> )	Degradación por actividades agrícolas (km <sup>2</sup> )
Severa	525	215
Muy severa	349	227
Degradación total	874	442
Degradación total con respecto al total del territorio (%)	44	22

Fuente: FAO-TERRASTAT 2003.

MAPA 2.20. SUPERFICIE DEL TERRITORIO MEXICANO DEDICADO A ACTIVIDADES AGRÍCOLAS



Fuente: SEMARNAT 2003db.

## Respuesta

Dado que la regla fundamental para la protección de los suelos radica en su utilización de acuerdo con sus aptitudes naturales y mediante el empleo de técnicas adecuadas, es pertinente conocer el marco jurídico en el cual se puede hacer efectiva la aplicación de dicha regla, para lo cual se describen a continuación los elementos distintivos de las diversas leyes y normas que atienden en esta materia.

## Protección jurídica de los suelos

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988, y reformada en 1996, establece en varios de sus artículos diversas disposiciones que inciden de manera directa en la protección de los suelos. En sus artículos 98 y 99, se establecen tanto criterios para la conservación y aprovechamiento sustentable del sue-

lo, como la vinculación explícita entre las políticas específicas en materia de suelos y una serie de actos que emanan de autoridades y que están relacionados con los suelos. En cuanto a la prevención y control de la contaminación del suelo para su protección, en los artículos 134 a 142 se establecen criterios en los que éstos deben sustentarse y ser tomados en consideración al emitir los actos de autoridad correspondientes a los que se hace mención en dichos artículos; que en el caso de las autoridades federales se relacionan con la gestión de los materiales y residuos peligrosos, y en el de las autoridades locales con la gestión de los residuos sólidos.

La LGEEPA establece además, que las disposiciones de otras leyes sobre la misma materia son supletorias de la legislación ambiental. Derivado de lo anterior, la Ley Agraria reconoce la preeminencia de la LGEEPA y de la Ley General de Asentamientos Humanos. Esto es importante, si se considera que ni la regulación de las actividades agropecuarias, ni las políticas y programas en la materia, estuvieron enfocadas en el pasado a la protección de los suelos, sino a la protección de la actividad económica.

Antes de la publicación de la LGEEPA, no existían normas jurídicas destinadas a regular en forma integral el manejo de tierras agrícolas y ganaderas. Sin embargo, con el propósito de lograr su conservación, la Ley Forestal de 1986 y otras leyes como la de la Reforma Agraria y la de Fomento Agropecuario establecieron disposiciones encaminadas a la protección de terrenos forestales frente al pastoreo. Tales vacíos se dieron a pesar de que el artículo 27 constitucional permite adoptar medidas tendientes a la conservación de los recursos naturales y ordena que se pongan en vigor independientemente del sistema de propiedad de que se trate.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, también constituye un avance significativo, al establecer criterios para la protección de los recursos hidrológico-forestales, entre otros. Estipula la elaboración de inventarios de suelos y cuenta con un conjunto de normas aplicables para tal fin, así como relativas a procedimientos para medir ciertas propiedades del suelo, lo cual facilita la comparabilidad de los inventarios y la estimación de las tendencias de los distintos parámetros que permiten evaluar el desempeño de la gestión en la materia.

Además de las leyes mencionadas, durante los últimos años, se ha trabajado en una serie de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que comprenden medidas para la conservación y restauración de los suelos (cuadro 2.30).

## Restauración de sitios contaminados

En el mercado ambiental de nuestro país, actualmente existe una gran cantidad de empresas que ofrecen diferentes tipos de tecnologías para la remediación de sitios contaminados. Sin embargo, no fue hasta 1997, cuando las autoridades ambientales establecieron un programa de verificación y certificación de estas empresas. Hasta el año 2002, para poder realizar un trabajo de remediación, era necesario contar con permisos específicos como la Licencia Ambiental Única (LAU), un instrumento de regulación directa, mediante el cual se coordinaban los trámites de riesgo e impacto ambiental, emisiones a la atmósfera, descarga de aguas residuales, generación y tratamiento de residuos peligrosos (INE 1999). Esta disposición oficial permitió un mayor control acerca de las tecnologías que se ofrecen para remediar suelos y de las posibilidades reales de éxito que estas permiten (Volke y Velasco 2002).

Actualmente, la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) de la SEMARNAT ha simplificado todos los trámites administrativos para la inscripción de una relación de prestadores de servicio autorizados (que se tiene en la página *web* de la SEMARNAT ([www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/directorio/rubro1.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/directorio/rubro1.shtml))). Para lo anterior es necesario contar con un registro federal ambiental, proporcionado después de requisitar adecuadamente el formato MRP5 manejo de residuos peligrosos (SEMARNAT 2001).

De acuerdo con datos de la SEMARNAT, todas las tecnologías que ofrecen las empresas autorizadas para remediar suelos contaminados, están enfocadas exclusivamente a la remediación de sitios contaminados con compuestos orgánicos. De un total de 57 empresas autorizadas, ninguna ofrece servicios para la restauración de suelos contaminados con metales. Dentro de los contaminantes tratados, principalmente se encuentran los hidrocarburos, lodos aceitosos, lodos de perforación y recortes de perforación (SEMARNAT 2002). De acuerdo con datos de 40 empresas, la mayoría (48%) utilizan métodos biológicos (biorremediación) para el tratamiento, siendo las más utilizadas el composteo y la biolabranza. El lavado de suelos, el tratamiento químico y la separación física constituyen otra parte importante (39%) de las tecnologías de remediación más empleadas en México. De los tratamientos ofrecidos por estas empresas, el 87.5% se realizan *in situ* y el resto *ex situ* (Volke y Velasco 2002).

Además de lo anterior, gracias a las auditorías voluntarias promovidas por la PROFEPA, se han logrado limpiar volúmenes considerables de suelos contami-

CUADRO 2.30. NORMAS OFICIALES MEXICANAS VIGENTES EN MATERIA DE SUELO

Norma	Regulación y fecha de publicación en el DOF
NOM-060- SEMARNAT-1994	Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal (mayo de 1994)
NOM-062- SEMARNAT-1994	Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionados por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios (mayo de 1994).
NOM-021- SEMARNAT-2000	Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis (diciembre de 2002)
NOM-020- SEMARNAT-2001	Establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo (diciembre de 2001)
NOM-023- SEMARNAT-2001	Establece las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos (diciembre de 2001)
NOM-EM-138-ECOL-2002 (norma emergente)	Establece los límites máximos permisibles de contaminación en suelos afectados por hidrocarburos, la caracterización del sitio y procedimientos para la restauración (DOF, marzo 2004) Actualmente el grupo de trabajo que elaboró la NOM se encuentra dando respuesta a los comentarios recibidos durante el periodo de consulta pública.

nados (cuadro 2.31). Hasta noviembre de 2000, se remediaron aproximadamente 1.4 millones de toneladas de suelos contaminados, y se encontraban en restauración 2.2 millones de toneladas más.

### **Acciones programáticas relacionadas con la protección del suelo**

Al igual que ha habido una evolución en la visión legislativa correspondiente a la protección del suelo, también han cambiado en las últimas décadas los enfoques relativos a su conservación. En un inicio éstos se orientaban principalmente a crear protecciones mecánicas para evitar la escorrentía, como bordos y terrazas. Hoy en día la atención se centra en el manejo de las relaciones suelo-planta-agua, que implican la vinculación de las políticas de diversos sectores, que en el caso de México incluyen por parte del sector gubernamental a la SEMARNAT, y a su órgano desconcentrado la Comisión Nacional del Agua (CNA), así como a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), e instituciones académicas y organizaciones civiles.

Una de las respuestas a la problemática que presentan los suelos, ha sido la instrumentación de diferentes programas, presentados a continuación,

unos tendientes a la conservación y otros de fomento a la reforestación.

### **Conservación de suelos y reconversión productiva**

Para atender la grave problemática de deterioro de los suelos, la SEMARNAT creó en 1995 la Dirección de Restauración y Conservación de Suelos, la cual inició el desarrollo de diversos instrumentos normativos, estratégicos, de planeación, implementación y evaluación para la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, específicamente del suelo, a fin de mejorar su productividad y contribuir al desarrollo humano de las comunidades rurales, en el marco de un programa de conservación de suelos y reconversión productiva.

En términos generales, el programa se orientó a revertir las causas de los incendios forestales, la deforestación, el cambio de uso del suelo, la erosión y la degradación de ecosistemas forestales, mediante el estímulo de sistemas de uso múltiple tendientes a articular las actividades agropecuarias y forestales con la conservación de los recursos naturales y al fomento de su reconversión productiva de acuerdo con la aptitud de los suelos.

Con la creación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), este tipo de proyectos quedaron com-

CUADRO 2.31. SUELOS CONTAMINADOS RESTAURADOS A PARTIR DE AUDITORIAS AMBIENTALES

Entidad	Restaurados (Ton)	En restauración (Ton)
Aguascalientes	2	14,536
Baja California	400	5,201
Baja California Sur	240	579
Campeche	0	15,216
Coahuila	3,725	85,038
Colima	2,200	78,501
Chiapas	0	8,346
Chihuahua	17,482	218,971
Distrito Federal	30,000	43,265
Durango	70,768	11,015
Estado de México	28,882	85,029
Guanajuato	23,243	390,209
Guerrero	700	1,088
Hidalgo	17,467	12,126
Jalisco	592	37,038
Michoacán	144,300	27,349
Morelos	10,000	19,302
Nayarit	400	23,283
Nuevo León	205,690	19,159
Oaxaca	71,112	13,095
Quintana Roo	0	1,478
Puebla	188	150,186
Querétaro	1,465	4,319
San Luis Potosí	213,543	28,185
Sinaloa	84,060	55,034
Sonora	374,444	265,695
Tabasco	9,000	8,959
Tamaulipas	22,300	260,649
Tlaxcala	572	75,737
Veracruz	64,000	224,288
Yucatán	0	13,579
Zacatecas	0	12,355

Fuente: PROFEPA 2002.

prendidos entre las actividades que desarrolla este organismo gubernamental.

### ***Agricultura sostenible y reconversión productiva***

Consistente con lo anterior, en 1999 la SEMARNAP estableció el Programa de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva (PASRE), de carácter inte-

rinstitucional, con la participación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) y la SEDESOL, con objeto de fomentar procesos de transición tecnológica destinados a mejorar las condiciones de los sistemas productivos e incrementar sus beneficios económicos en áreas limítrofes de la frontera forestal. Entre los propósitos del programa, se incluyó la intensificación y diversificación de la actividad productiva, la incorporación de prácticas que reduzcan al mínimo los impactos ambientales

negativos y propiciar la reconversión productiva hacia sistemas predominantemente forestales.

Uno de los aspectos destacados de este programa para reducir el uso del fuego en las actividades agropecuarias, fue la aplicación del subprograma de "Sedentarización de la milpa", a través del cual se desarrollan actividades de diversificación productiva, conservación del suelo y agua, enriquecimiento de acahuales, agroforestería tropical y ganadería intensiva en el trópico. Otros subprogramas relevantes se orientaron a promover mejores prácticas agrícolas que incluyen cuestiones relativas a la conservación de suelos y a la labranza, cuyos resultados se resumen en el cuadro 2.32.

### Programa de manejo de tierras

El Programa de manejo de tierras (PMT), fue establecido por la SEMARNAP con el fin de planear y programar acciones de manejo sustentable en parcelas, que implicó la reorientación de apoyos institucionales —principalmente del Programa para el Campo (PROCAMPO)— hacia una vertiente de proyectos ecológicos, destinados a apoyar a los

productores que aplican prácticas mecánicas y vegetativas validadas en 21 centros piloto y nueve microcuencas. Con dicho programa se busca aumentar la productividad agrícola por unidad de superficie y revertir la degradación de suelos promoviendo, en su caso, la reconversión productiva hacia usos del suelo más adecuados. Estas acciones atienden a la consideración de la confluencia política y programática de conservación de suelos y de los apoyos directos al productor, así como de los procesos de modernización productiva y reorganización económica del agro.

Por lo anterior, la estrategia seguida se basó, además de la coordinación interinstitucional, en la canalización de una gama de incentivos económicos de aplicación parcelaria, para fomentar la reorientación de la producción agropecuaria y la incorporación del manejo del recurso suelo en sus prácticas productivas. Hasta el año 2000, de la superficie incorporada al PMT, 59.2% se sujetó a proyectos ecológicos que permitieron en el periodo 1997-1999, la aplicación de 23.8 millones de pesos provenientes del PROCAMPO, para favorecer su mejor manejo y conservación. Hasta junio de 2000, una superficie de 65.6 mil hectáreas de estas tierras ha-

CUADRO 2.32. RESULTADOS DEL PROGRAMA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE Y RECONVERSIÓN PRODUCTIVA, 1999

Subprograma	Superficie (ha)
Sedentarización de la milpa	228,764
Roza-pica-incorpora	89,892
Modalidad integral	102,782
Uso de leguminosas de cobertera	25,951*
Enriquecimiento de acahuales	4,037*
Agroforestería tropical	5,126*
Intensificación ganadera	976*
Mejores prácticas agrícolas	466,590
Conservación de suelos	20,082*
Prácticas agrícolas adecuadas	146,590
Labranza de conservación	300,000
Atención a zonas subhúmedas	659,226
Producción de forrajes-brechas corta fuego en zonas templadas	543,329
Mejoramiento en praderas	100,241
Agroforestería en zonas templadas	15,656*
Total	2,709,242

\* No incluye la superficie siniestrada por incendios forestales.

Fuente: SEMARNAP 1999.

bía sido atendida con recursos del PROCAMPO y otros programas.

En la gráfica 2.25 se muestra la superficie de tierras incorporada a los programas antes mencionados, en materia de restauración, conservación y uso sustentable del suelo entre 1996 y 2001. En donde cabe destacar que en dicho periodo, casi 422 mil hectáreas se incorporaron al PASRE, al PMT aproximadamente 114.5 mil hectáreas y al Programa de restauración compensatoria por cambio de uso del suelo 13.5 mil, sumando un total nacional de 549 mil hectáreas.

### Desarrollo regional sustentable

Estos programas, conocidos como PRODER, establecidos por la SEMARNAP con el propósito de ejecutar acciones que permitan lograr un crecimiento económico sostenido y evitar que continúe el deterioro de la base natural del desarrollo, con un enfoque basado en la atención de regiones prioritarias (zonas de importancia ecológica en Campeche, Guerrero, Puebla, Hidalgo, Coahuila, San Luis Potosí, Chiapas, Veracruz, México, Michoacán, Zacatecas, Durango, Oaxaca y Distrito Federal). Los PRODERs se orientaron a impulsar mecanismos de gestión y administración de recursos a fin de ampliar las capacidades regionales en la planeación y toma de decisiones, así como

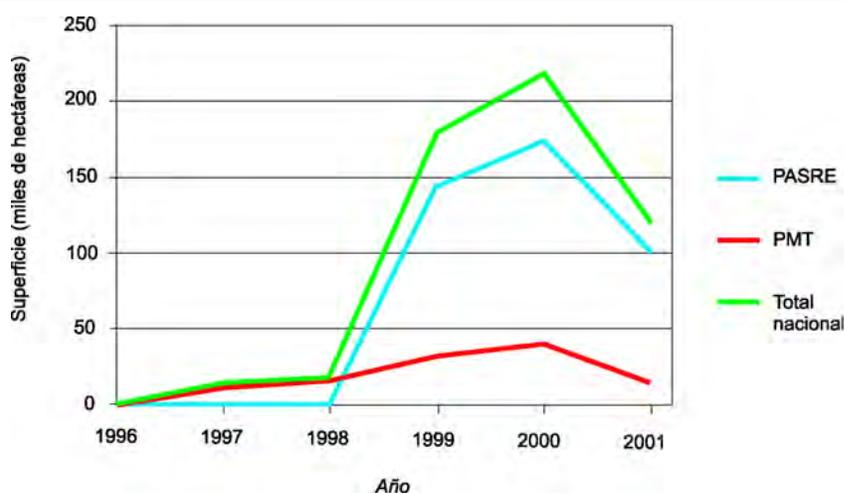
de lograr que la política de inversión y gasto público se formule bajo objetivos formulados por consenso y de forma coordinada, considerando la existencia de diferentes actores sociales, económicos y políticos a los cuales debe involucrarse desde su elaboración, así como durante su implementación y evaluación. No obstante que los PRODERs son un esquema de articulación de diversos programas, hasta el año 2000 tuvieron resultados que favorecieron los suelos de la siguiente manera:

- Construcción y operación de 69 viveros comunitarios.
- Restauración y reforestación de cerca de 7.2 mil hectáreas.
- Realización de obras de conservación de suelos, reconversión agropecuaria hacia la agricultura sustentable y manejo del agua en microcuencas en cerca de 50 mil hectáreas.

### Manejo integral de los recursos naturales en microcuencas

Los proyectos desarrollados a este respecto se han orientado a promover el manejo integral de los recursos naturales para recuperar y conservar la capacidad productiva de microcuencas y mantener sus propiedades como ecosistemas. Estos proyectos

GRÁFICA 2.25. SUPERFICIE INCORPORADA A PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN, CONSERVACIÓN Y USO SUSTENTABLE DEL SUELO, 1996-2001



Fuente: INEGI-SEMARNAP 2000a.

han incluido tanto capacitación técnica, como prácticas de manejo y planeación sustentable, con la participación de las comunidades rurales involucradas, para que éstas puedan aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y prevenir o revertir los procesos de deterioro que los afectan. A continuación se indican las acciones que se han llevado a cabo en las microcuencas para conservar y restaurar suelos, así como revertir procesos erosivos, generando alternativas de procesos productivos, hasta el año 2000:

- a) Restauración. Reforestación y plantaciones agroforestales.
- b) Control de escorrentías. Presas de control; terrazas de muro vivo; terrazas de formación sucesiva; surcado al contorno; tinas ciegas; lotes de escurrimiento.
- c) Prácticas vegetativas. Cultivos de cobertura; abonos orgánicos; estercoleros; vermicomposteo; cortinas rompevientos; labranza de conservación.
- d) Captación de agua de lluvia. Canales de desvío y conteo; ollas de captación.
- e) Manejo de potreros. Pastización; introducción de pastos mejorados; cercado.

#### Programa forestal y de suelos e inventario nacional de suelos

El Inventario Nacional de Suelos es un programa del gobierno federal que en primera instancia busca fijar bases para que las dependencias, organizaciones y particulares relacionados con el recurso suelo, puedan contribuir a su conocimiento, como base para su aprovechamiento con una perspectiva sustentable.

El primer inventario de suelos a nivel nacional realizado por el INEGI, se llevó a cabo en un periodo muy largo y a diferentes escalas, lo que hacía difícil conocer el estado de los recursos edáficos del país y la dinámica de degradación del suelo o su pérdida anual, así como su relación con otros recursos naturales como la vegetación y el agua. Ante este panorama, la hoy SEMARNAT, estableció dentro del *Programa Forestal y de Suelos 1995-2000*, como una de sus prioridades, la realización del Inventario Nacional de Suelos, de donde se deriva la necesidad de elaborar el estudio de la degradación del suelo de la República Mexicana. Dentro de las principales funciones del Inventario Nacional de Suelos se encuentran:

- a) Compilar, elaborar y actualizar la cartografía de suelos e implementar sistemas de monitoreo.

- b) Evaluar la degradación del suelo de la República Mexicana.
- c) Promover y apoyar la aplicación de las NOM en materia de suelos.
- d) Establecer una base de datos del recurso suelo.
- e) Aportar información para los centros de consulta y base de datos de la SEMARNAT.

Por otra parte, la validación de estrategias tecnológicas para la conservación y restauración de suelos mediante el establecimiento de centros piloto, fue incorporada como una de las líneas estratégicas del *Programa Forestal y de Suelos*. Con este fin, se crearon 21 de estos centros en 16 entidades federativas, los cuales tuvieron un desarrollo diferenciado dependiendo de la conjugación de esfuerzos entre la SEMARNAT y las comunidades, así como con los grupos técnicos de apoyo. En ellos, se establecieron 61 prácticas y tecnologías agrupadas en siete grandes grupos: restauración de suelos, labranza de conservación, agricultura orgánica, agroforestería, manejo de agostadero, captación de agua de lluvia, conservación de suelo y agua y reforestación (SEMARNAT 2000b).

Algunos de los principales avances del Inventario Nacional de Suelos hasta mayo de 2000, son: (i) actualización y elaboración de cartografías; (ii) elaboración de mapas con información acerca de suelos dominantes, degradación, erosión, aridez, fertilidad, etc. y (iii) publicación de diversos documentos relacionados con los suelos (SEMARNAT 2001b).

#### Programa para la identificación y evaluación de sitios contaminados por materiales y residuos peligrosos

Durante décadas, el proceso de industrialización en nuestro país, se desarrolló sin restricciones legales para el manejo y/o derrames de materiales y residuos peligrosos. La práctica común era deshacerse de ellos al menor costo, generando una gran cantidad de suelos contaminados que fueron dispuestos indiscriminadamente y otros manejados sin las más mínimas precauciones.

En cuanto al marco legal en la materia, el artículo 5, Fracción VI de la LGEEPA, señala que es competencia del Gobierno Federal regular y controlar la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos. El artículo 29, fracción XXI del Reglamento Interior de la SEMARNAT, establece como atribución de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR), la elaboración de programas para la identificación, eva-

luación y restauración de sitios contaminados que pongan en peligro a personas o al ambiente.

Con base en lo anterior, la DGGIMAR desarrolla acciones para detectar y evaluar impactos negativos ocasionados por los suelos contaminados mediante el proyecto de Desarrollo Institucional para la Gestión de Sitios Contaminados (2000-2006), el cual se prevé que permita elaborar inventarios y programas para la identificación, evaluación y atención de sitios contaminados con residuos peligrosos (SEMARNAT 2003d).

### **Programa nacional de medio ambiente y recursos naturales 2001-2006**

El *Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PNMARN) 2001-2006*, tiene como propósito principal satisfacer las expectativas de cambio de la población, construyendo una nueva política ambiental de Estado para México. Este programa contempla medidas específicas para impulsar nuevas formas de participación que alienten a la población a intervenir en la formulación y ejecución de la políti-

ca ambiental y a mantener la vigilancia de los recursos y el medio ambiente.

Dentro de las metas (2001-2006) propuestas para detener y revertir la contaminación del suelo, se incluye (SEMARNAT 2003d):

- . Incrementar la capacidad instalada para el manejo de residuos de 5.2 a 6.4 millones de toneladas anuales.
- . Ampliar el padrón de registro de generadores de residuos y materiales peligrosos del actual 8% en el año 2000 al 100% en el 2006.
- . Concluir y mantener actualizado el Inventario Nacional de Residuos y Materiales Peligrosos.
- . Capacitar al 100% de las autoridades locales para el manejo de los residuos en cuencas que integran el Programa de ciudades sustentables.
- . Detener y revertir la pérdida del capital natural (agua, bosques y selvas).

En el cuadro 2.33 se resumen algunos de los instrumentos empleados para apoyar el desarrollo de los programas destinados a proteger los suelos y prevenir o detener su degradación.

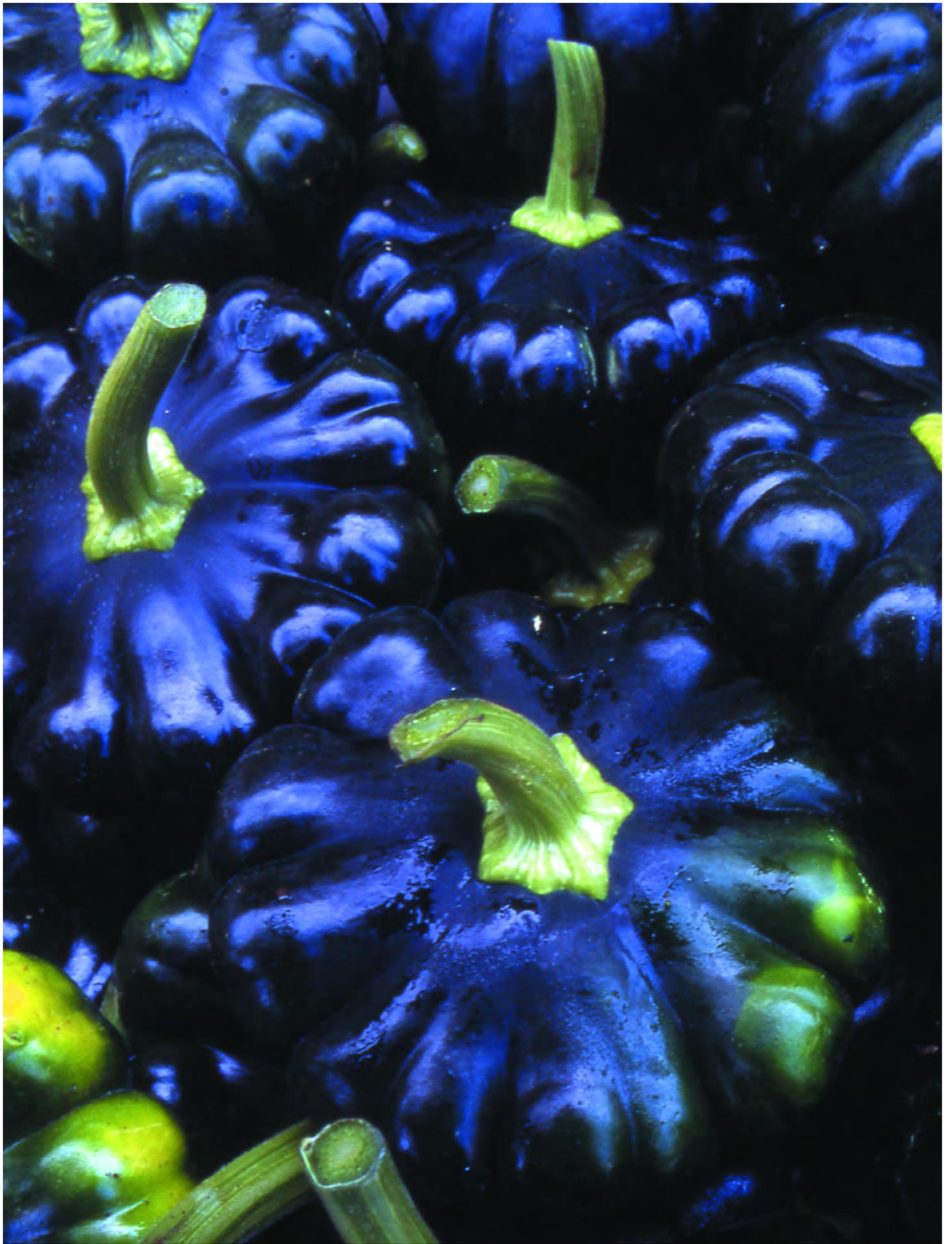
CUADRO 2.33. EJEMPLOS DE INSTRUMENTOS EMPLEADOS EN LA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS HASTA EL AÑO 2000

Instrumentos	Avances
Evaluación del estado del suelo	<p>Se generó la cartografía básica sobre los suelos del país y sus condiciones a fin de fortalecer la planeación y aplicación de acciones de manejo orientadas a su restauración, conservación y aprovechamiento.</p> <p>Se diseñó el marco conceptual de un sistema de monitoreo y se determinó la metodología e indicadores sociales, económicos y ambientales para levantar información que permita evaluar el impacto de las estrategias aplicadas y la dinámica de los suelos.</p>
Información básica sobre el estado y manejo sustentable del suelo	<p>Se estableció una base de datos para difundir información actualizada sobre los suelos del país mediante una Red de Información en Suelos y Lucha contra la Desertificación (RISDE).</p> <p>Se estableció un Sistema de Monitoreo del Estado de la Tierra (SIMET), con el objeto de aportar datos e información periódica de las condiciones de la tierra, en especial del uso del suelo, de productividad y de procesos de deterioro de los recursos naturales y su impacto sobre los sistemas productivos y las condiciones de vida de la población.</p>
Licencias y permisos	<p>Se autorizaron cambios de uso del suelo, con criterio de excepcionalidad para una superficie de 17,566 Ha. Se concertó la restauración de 8,794 ha, en donde se incorporaron acciones de reforestación, cercos vivos y presas de gaviones.</p>
Capacitación	<p>Se ofreció capacitación a 5,377 técnicos en la instrumentación de prácticas de conservación y de restauración de suelos.</p>
Campana de restauración ecológica y contra el cambio de uso del suelo	<p>En 1998, año de intensos incendios forestales, se inició el desarrollo de un conjunto de acciones recurriéndose a la figura jurídica de "zona de restauración ecológica" establecida por la LGEEPA.</p> <p>Se concentró la atención en 429,133 Ha, correspondientes a casi la mitad de la superficie total afectada por los incendios ese año. Entre estas acciones se incluyó la reforestación de 21 mil Ha con 31 millones de árboles y la protección y mantenimiento de otras 33 mil ha.</p>

Fuente: SEMARNAP 2000b.

*Una acción exitosa contra la erosión del suelo a gran escala sólo será posible si se implementan prácticas de manejo de tierras que convincentemente aumenten la producción o disminuyan los costos o el trabajo en beneficio de los agricultores mientras, simultáneamente, se controla la erosión del suelo (FAO 2000a).*





## Residuos

México ha dejado de ser un país preponderantemente agrícola y minero para transformarse en una nación con un activo desarrollo industrial, comercial y de servicios bajo la influencia de más de diez tratados comerciales que lo han insertado de lleno en la globalización económica, permitiendo la apertura de sus fronteras al ingreso de productos fabricados con una gran variedad de materiales. Esta transformación se ha dado a la par que su población se incrementó de 13.6 millones de habitantes en 1900 a 97.5 en el año 2000 (INEGI 2003b, 2003c). Tales circunstancias han influido considerablemente en la generación de residuos y en su diversificación, así como en el tipo y distribución de los problemas que éstos han ocasionado a lo largo del territorio nacional.

La publicación en 1988 de la legislación ambiental en la materia, constituyó un hito en la historia de la gestión de los residuos al establecer una distinción entre los residuos urbanos y los residuos peligrosos, cuyo manejo corresponde a los generadores y se realiza, por lo general, mediante empresas privadas que brindan servicios a terceros. Esta visión marcó una diferencia con respecto a los residuos urbanos, en donde el peso de la carga de brindar los servicios correspondientes recae en los ayuntamientos, que se han visto rebasados por la demanda y no han podido satisfacerla de manera sustentable.

En enero de 2004 entró en vigor la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; esta ley no sólo regula a los residuos sólidos urbanos y a los

residuos peligrosos, sino que introduce una nueva regulación aplicable al resto de los residuos generados por las actividades productivas, que no son considerados como peligrosos (residuos de manejo especial).

Con este nuevo enfoque legislativo, basado en la responsabilidad compartida –pero diferenciada– de todos los sectores sociales involucrados en la generación y manejo de los residuos, se busca resolver los problemas que éstos han venido ocasionando, de manera costo-efectiva y socialmente aceptable, a la vez que se aborda su gestión considerándolos como un recurso dotado de valor, el cual debe ser aprovechado para evitar que sigan teniendo como principal destino su entierro o abandono en sitios inadecuados.

## Presión

México es un país con una antigua tradición minera que data de varios siglos atrás y que lo ha ubicado entre los primeros productores mundiales de una serie de minerales y metales, entre los que sobresalen la plata, el cobre, el plomo y el zinc. La minería se concentra, en particular, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Zacatecas, en los cuales ha ocasionado diversos tipos de presiones ambientales que incluyen algunas asociadas a la generación y manejo de residuos de diferente índole (cuadro 2.34).

A su vez, la tecnificación de la agricultura y la introducción del uso de plaguicidas se inició en México en la primera mitad de la década de 1940,

CUADRO 2.34. PRESIONES AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD MINERA

Etapa	Descripción	Presiones ambientales
Exploración	Barrenación, obras y perforaciones	Dstrucción de la vegetación
Explotación	Obras diversas: tiros, socavones, patios para depósito de minerales, zonas para descarga de minerales.	Ruptura de presas de jales; arrastre de residuos peligrosos, descarga de aguas residuales.
Beneficio	Concentración, trituración, molienda, tratamientos previos.	Generación de ruido, vibración y emisión de polvo.
Fundición y refinación	Obtención de metales y sus aleaciones (uso de hornos industriales) Eliminación de impurezas en los metales para aumentar la ley de contenido.	Emisiones a la atmósfera, residuos peligrosos y aguas residuales.

Fuente: INEGI-SEMARNAP 1998.

incrementándose de manera continua su uso y, con ello, la generación de un volumen considerable de envases vacíos de agroquímicos que se dejan abandonados en los campos agrícolas; esta cantidad podría ascender a cerca de 30 millones de unidades (unas 3 mil toneladas), cuya composición varía aunque predomina el plástico: 80%, principalmente constituidos por polietilenos de alta y baja densidad, polietileno tereftalato (PET) y polipropileno; en segundo lugar los envases metálicos (15%) y por último los fabricados con papel (5%) (Cortinas de Nava 2003).

Otro rasgo característico del país es su industria petrolera, a cargo de la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), la cual dispone de poco más de 620 instalaciones distribuidas en el territorio nacional, principalmente en la zona del Golfo de México, que incluyen las referidas en el cuadro 2.35 y que se encuentran entre los más importantes generadores de residuos.

La cantidad de residuos peligrosos generada en el año 2002 por las plantas de PEMEX asciende a más de 380 mil toneladas, un aumento de 38% en relación con el año anterior, aunque el inventario total se redujo 15% debido a una mayor eficiencia en la disposición final. Aproximadamente 60% de los residuos generados corresponde a lodos y recortes de perforación, 9% a lodos aceitosos y un 20% a aceites gastados. Es importante hacer notar que en el mismo año se registraron derrames que contaminaron suelos e involucraron alrededor de 19,995 toneladas de hidrocarburos (crudo, diesel y gasolina) en los cuatro sectores de ductos del país (PEMEX 2002).

Además de las presiones ejercidas por los sectores industriales particulares antes referidos, el crecimiento considerable que ha tenido la población, acompañado del aumento de su capacidad de gasto,

han sido factores determinantes del incremento continuo de los volúmenes de generación de residuos sólidos urbanos, que ha superado la capacidad de gestión de los mismos. Esta situación, aunada a la falta de educación ambiental y de infraestructura suficiente para su manejo ambientalmente adecuado, así como distribuida apropiadamente en el territorio nacional, está ejerciendo una presión importante sobre los suelos y los cuerpos de agua, en particular, y sobre el ambiente en general.

En el caso de los residuos sólidos urbanos, México aún enfrenta grandes retos, debido al crecimiento demográfico e industrial que experimenta el país, que origina como consecuencia que las familias se desplacen hacia las áreas urbanas, donde actualmente se concentra alrededor del 60% de la población total (Rosiles Castro 2003). Estos factores, además de repercutir sustancial y directamente en la cantidad de residuos generados, también se reflejan en sus características fisicoquímicas, encontrándose cada vez menor proporción de residuos biodegradables, como consecuencia de los cambios en los hábitos de consumo y de la introducción de materiales que en los procesos de producción muestran excelentes propiedades, pero que al convertirse en residuos se degradan lentamente, permaneciendo en el ambiente por largos períodos.

## Estado e impacto

Aún cuando no se cuenta con una metodología estandarizada para realizar de manera sistemática los inventarios de residuos, se han desarrollado diversos esfuerzos, tanto por parte del sector público, como de organismos internacionales de cooperación técnica, de instituciones nacionales de investigación y de la iniciativa privada, que permiten tener una idea de cómo ha evolucionado la generación de residuos sólidos urbanos o de cuál es la dimensión del universo de residuos peligrosos y qué ocurre con su manejo. En lo que se refiere a los residuos peligrosos generados por establecimientos industriales, comerciales y de servicios, el cuadro 2.36 muestra el número de generadores registrados y el volumen de generación manifestado hasta el año 2000 en las diferentes entidades del país.

Los tipos de residuos peligrosos que se generan en mayor volumen son los sólidos y los líquidos residuales de procesos, aunque también es importante la generación de escorias, lodos, solventes y aceites usados. Por giros industriales, la industria manufacturera junto con el sector minero y de extracción de petróleo, contribuyen con casi el 90% de la genera-

CUADRO 2.35. INSTALACIONES DE PETRÓLEOS MEXICANOS

Tipo	Número
Campos petroleros	345
Plataformas marinas	146
Centros de venta	79
Plantas endulzadoras	17
Terminales marítimas	16
Plantas criogénicas	13
Refinerías	6

Fuente: PROFEPA-SEMARNAT 2002.

CUADRO 2.36. ESTABLECIMIENTOS QUE MANIFESTARON LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS HASTA EL AÑO 2000 EN EL TERRITORIO NACIONAL

Estado	Número de establecimientos	Generación (ton/año)
Aguascalientes	608	9,555
Baja California	2,359	33,523
Baja California Sur	124	108
Campeche	183	58,502
Coahuila	1,020	2,359
Colima	254	1,698
Chiapas	527	939
Chihuahua	2,224	3,863
Distrito Federal	3,955	624,995
Durango	272	977
Guanajuato	1,181	1,148,550
Guerrero	255	1,283
Hidalgo	916	392,843
Jalisco	1,686	4,723
México	4,429	233,640
Michoacán	223	233,681
Morelos	562	8,316
Nayarit	263	2,390
Nuevo León	1,143	253,079
Oaxaca	131	60,534
Puebla	480	11,200
Querétaro	507	13,879
Quintana Roo	278	49
San Luis Potosí	341	29,292
Sinaloa	220	6,332
Sonora	545	7,405
Tabasco	314	134,096
Tamaulipas	409	218,576
Tlaxcala	550	52,275
Veracruz	478	152,862
Yucatán	659	2,441
Zacatecas	184	1,882
Total	27,280	3,705,847

Nota: Incluye biológico-Infecciosos

Fuente: adaptado de INE 2000.

ción de residuos peligrosos manifestados a nivel nacional. El resto se distribuye entre el comercio, otros sectores y 7% de fuentes no identificadas (INE 2000b).

A manera de ejemplo de lo que ocurre en algunas entidades federativas, se presentan resultados de un estudio desarrollado durante varios años con el apoyo de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana

GTZ, sobre la generación de residuos peligrosos en el Distrito Federal y municipios conurbados del Estado de México que forman la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), el cual sirvió de base para formular una propuesta de programa de prevención y gestión de residuos peligrosos para la ZMVM en el año 2002 (GTZ 2002).

En la gráfica 2.26 se muestran los principales sec-

tores generadores de residuos peligrosos en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Aunque no se cuenta con un inventario preciso de los sitios contaminados con residuos peligrosos, el cuadro 2.37 da una idea de la magnitud del problema, sus características y su distribución geográfica.

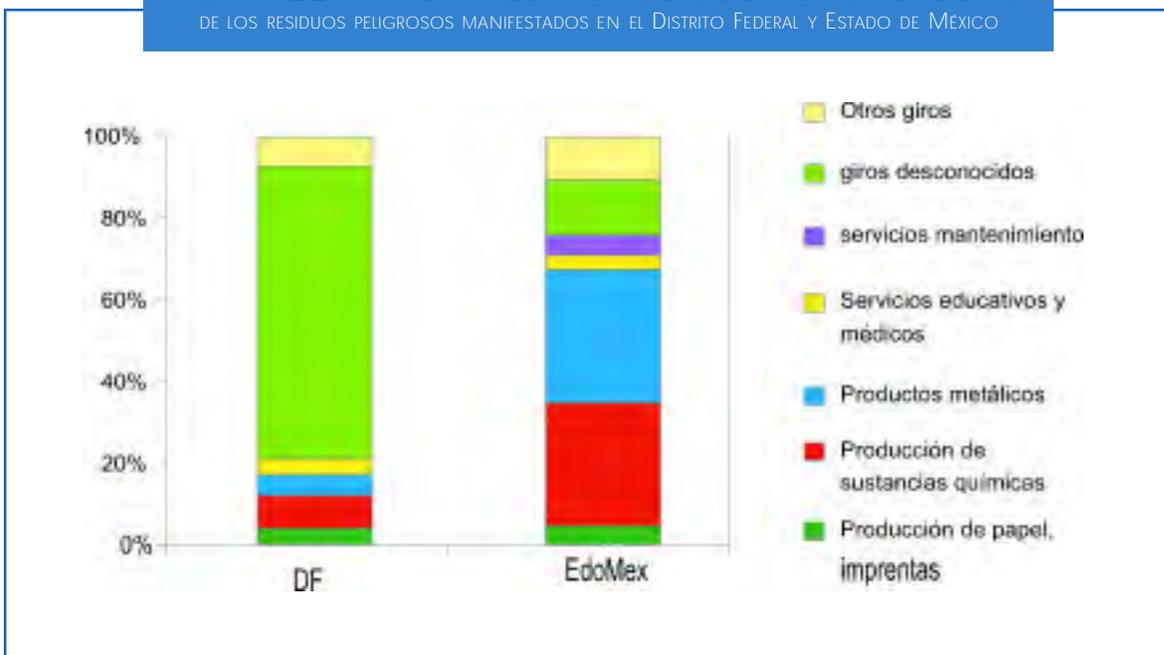
Muchos de los sitios contaminados con residuos peligrosos se han originado en los mismos lugares donde se realizaron actividades industriales. Tal es el caso de la empresa Cromatos de México en Lechería, Estado de México, en cuyas instalaciones quedaron abandonados residuos conteniendo cromo VI, reportándose afectaciones a la salud de los trabajadores de la compañía y de la población vecina. Otras empresas ubicadas en Baja California dedicadas a reciclar acumuladores también cerraron, dejando tras de sí tambos de metal oxidados, pilas de escoria de plomo y costales de otros residuos, y que han sido causa de protestas públicas (CCA 2002).

Como consecuencia de lo anterior, y al igual que ha ocurrido en otros países, se ha creado una percepción pública negativa acerca de los residuos peligrosos y de las instalaciones en las que se gene-

ran o manejan, lo cual ha ocasionado problemas significativos. En dos casos, la oposición pública a la operación de dos confinamientos para residuos peligrosos fue considerable y, aún cuando las razones que motivaron el cierre de las operaciones difirieron en cada uno de ellos, el resultado final se tradujo en sanciones millonarias para el Gobierno de México, para resarcir las pérdidas económicas que adujeron las empresas afectadas. Igualmente importante es el hecho de que ninguna de las dos entidades donde se localizan las instalaciones mencionadas, cuenta con la mínima infraestructura necesaria para el manejo seguro y ambientalmente adecuado de los residuos peligrosos que se generan en ellas.

En cuanto a los residuos sólidos urbanos, a nivel nacional la generación per cápita se estima en 0.88 kg/hab/día, aunque dependiendo de las características de la población el dato varía entre 0.41 y 1.27 kg/hab/día, donde los valores inferiores corresponden a localidades rurales y semirurales, mientras que los superiores representan la generación para las zonas metropolitanas, como el Distrito Federal (Rosiles Castro 2003).

GRÁFICA 2.26. CONTRIBUCIÓN DE DISTINTOS SUBSECTORES ECONÓMICOS A LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS MANIFESTADOS EN EL DISTRITO FEDERAL Y ESTADO DE MÉXICO



Fuentes: elaborado con datos de SEMARNAT, Gobierno del Estado de México, Gobierno del Distrito Federal, Comisión Ambiental Metropolitana y Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ 2002.

CUADRO 2.37. DISTRIBUCIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS POR ENTIDAD FEDERATIVA

Estado	Sitios	Principales contaminantes
Baja California	8	Aceites, metales, polvo de fundición, solventes
Baja California Sur	2	Escorias de fundición, jales
Campeche	4	Aceites, lodos de perforación
Chiapas	17	Hidrocarburos, plaguicidas, solventes
Coahuila	15	Aceites, hidrocarburos, jales, metales, sustancias químicas
Chihuahua	13	Aceites, hidrocarburos, sustancias químicas
Durango	3	Hidrocarburos, insecticidas
México	10	Aceites, escorias de fundición, sustancias químicas
Guanajuato	10	Aceites, escorias de fundición, lodos, metales, compuestos organoclorados
Hidalgo	6	Escorias de fundición, pinturas
Jalisco	7	Diesel y combustible, baterías, lodos, sustancias químicas
Nayarit	5	Hidrocarburos, jales
Nuevo León	22	Aceites, cianuros, escorias de fundición, hidrocarburos, metales
San Luis Potosí	10	Asbesto, escorias de fundición, lodos, metales, pinturas
Sinaloa	4	Agroquímicos
Tamaulipas	8	Aceites, escorias de fundición, sustancias químicas
Veracruz	8	Azúfre, hidrocarburos
Zacatecas	9	Jales, metales, sustancias químicas
Total	158	

Fuente: adaptado de PROFEPA-SEMARNAP 1998.

La contribución de las distintas entidades federativas a la generación de residuos sólidos urbanos, se describe en el mapa 2.21.

El Distrito Federal y el Estado de México son las entidades con mayor generación, con más de 4 y 5 millones de toneladas anuales respectivamente, lo cual está estrechamente ligado con su densidad de población, así como con su tasa de generación per cápita. En conjunto, los estados que comprenden la zona centro (Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, Jalisco, Michoacán, Colima, Guerrero, Morelos y el Estado de México), junto con el Distrito Federal, aportan más del 62% del total nacional. En contraste, Baja California Sur, Colima y Campeche se encuentran entre los estados con menor generación de residuos sólidos urbanos.

La composición de tales residuos también se relaciona directamente con las actividades particulares de cada región, pero a nivel nacional se han obtenido los valores que se presentan en la gráfica 2.27. Asimismo, estas cifras han evolucionado con el tiempo, encontrándose cada vez mayor cantidad de subproductos inorgánicos.

## Respuesta

### Régimen jurídico de la gestión de los residuos

#### Ordenamientos legales

El marco legal vigente que ha sustentado la gestión de los residuos incluye, en primer lugar, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, ya que establece en su artículo 115 que los ayuntamientos son responsables de la prestación de los servicios públicos municipales, entre ellos los servicios de limpieza, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos.

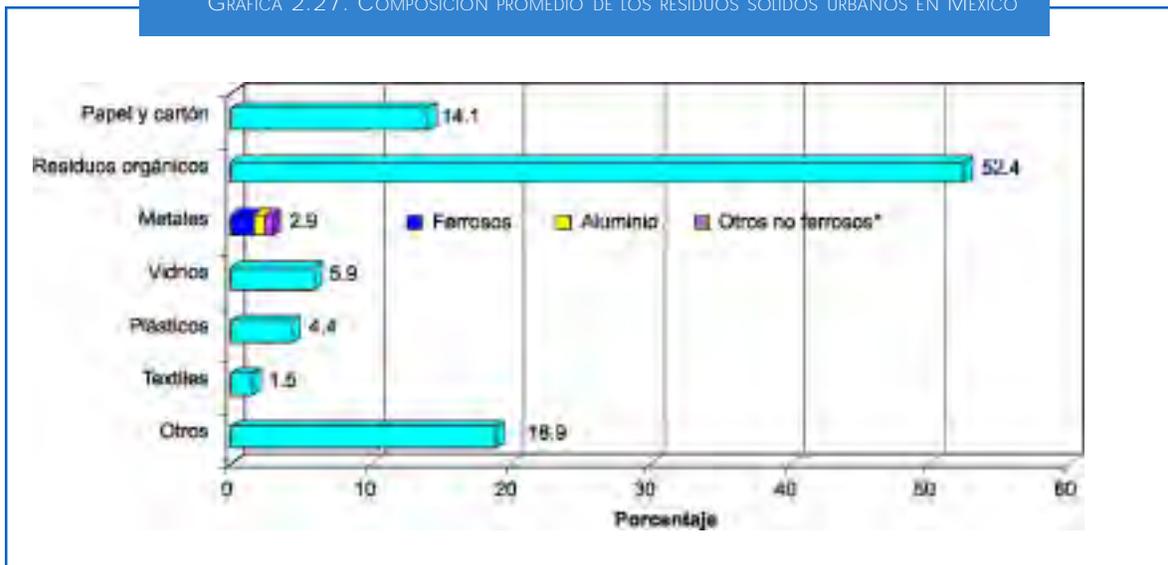
También del orden federal se encuentran la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), emitida en 1988 y reformada en 1996, así como la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicada el 8 de octubre de 2003 en el D.O.F. Entre sus principios básicos se encuentran la prevención de la generación y el aprovechamiento del valor de los residuos peligró-

MAPA 2.21. GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS POR ENTIDAD FEDERATIVA (2002)



Fuente: elaborado con datos de la página web INEGI 2003a e información proporcionada por la Sedesol.

GRÁFICA 2.27. COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MÉXICO



\* Incluye: cobre, plomo, estaño y níquel.

Fuente: elaborado con datos de la página web INEGI 2003a e información proporcionada por la Sedesol.

sos, sólidos urbanos y de manejo especial, y establece la responsabilidad compartida, pero diferenciada, de todos los sectores sociales involucrados en la generación y manejo de los residuos. La primera Ley cuenta, entre otros, con un Reglamento en materia de residuos peligrosos, en tanto que las disposiciones reglamentarias de la segunda están aún en elaboración.

A nivel local, tanto las constituciones políticas estatales como las leyes en materia ambiental de estados y municipios, describen las facultades y atribuciones correspondientes al manejo de los residuos de su competencia. De manera específica, el Distrito Federal y Veracruz cuentan cada uno con una Ley que regula el manejo de los residuos generados localmente; una iniciativa similar está en proceso de ser publicada en el estado de Querétaro.

### Normatividad

En materia de normatividad, además de la NOM-083-ECOL-1996, que establece los requisitos que

deben reunir los sitios para ubicar rellenos sanitarios, la gestión de los residuos sólidos urbanos se apoya en 16 normas mexicanas de carácter voluntario, enfocadas a la determinación de los principales indicadores de una corriente de residuos (generación, composición, peso volumétrico in situ), así como de sus características fisicoquímicas.

En relación con los residuos peligrosos, se ha establecido la serie de normas oficiales mexicanas que aparecen referidas en el cuadro 2.38. Las primeras siete, publicadas desde 1988, establecían los criterios para la definición, clasificación, caracterización y confinamiento de residuos peligrosos; este paquete de normas se actualizó en 1993, y en los últimos años se publicaron los proyectos de actualización de las normas 052 y 055.

En una segunda etapa se empezó el desarrollo de normas relacionadas con el manejo de residuos específicos, como es el caso de los residuos biológico-infecciosos y de los bifenilos policlorados. La primera norma publicada en relación con el trata-

CUADRO 2.38. NORMAS OFICIALES MEXICANAS RELATIVAS A LOS RESIDUOS PELIGROSOS PUBLICADAS EN EL PERIODO 1988-2004 EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

Clave	Aspectos que cubren
NOM-052-ECOL-1993	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-ECOL-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-054-ECOL-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-1993.
NOM-055-ECOL-1993	Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radioactivos.
NOM-056-ECOL-1993	Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado para residuos peligrosos
NOM-057-ECOL-1993	Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
NOM-058-ECOL-1993	Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
NOM-087-ECOL-SSA1-2002	Para la protección ambiental-salud ambiental-residuos peligrosos biológico-infecciosos-clasificación y especificaciones de manejo.
NOM-098-SEMARNAT-2003	Protección ambiental - Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes
NOM-133-ECOL-2000	Protección ambiental - Bifenilos policlorados (BPC) - Especificaciones de manejo. (Esta NOM fue modificada el 5 de marzo de 2003 para ampliar el plazo de registro de quienes poseen equipos o residuos conteniendo BPC).
NOM-040-SEMARNAT-2002	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas, así como los requisitos de control de emisiones fugitivas, provenientes de las fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento. (Esta NOM aplica a los hornos cementeros en los que se co-procesan residuos peligrosos como combustible alterno).

miento de los residuos fue la que establece la clasificación y las condiciones de manejo de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, en la cual se especifican las condiciones generales a que se deberán sujetar las instalaciones que traten este tipo de residuos; esta norma se emitió por primera vez en 1995 y se actualizó en febrero de 2003. Ese mismo año se publicó la norma que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera para plantas de fabricación de cemento hidráulico, que incluye consideraciones específicas para aquellas instalaciones que coprocesan residuos como combustible alterno.

Recientemente, después de someterse a la opinión pública en la etapa de proyecto, se publicó en octubre de 2004 la NOM 098 referente a la incineración de residuos.

### *Inspección y vigilancia en materia de residuos peligrosos*

Para verificar el cumplimiento de los ordenamientos legales en materia de residuos peligrosos, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) cuenta con un programa de inspección a establecimientos industriales, de servicios y comerciales de jurisdicción federal, de forma coordinada con cada una de sus delegaciones. Actualmente se tienen registrados 28,000 establecimientos generadores de residuos peligrosos (PROFEPA 2003b), aunque difícilmente se puede cubrir la totalidad de éstos mediante visitas de inspección. Por ello, la Procuraduría ha prestado particular atención a ciertos giros industriales, los cuales aparecen referidos en el cuadro 2.39.

Asimismo, a través del programa de auditorías ambientales voluntarias, se ha promovido la adopción e implantación de medidas de prevención, reducción y

mitigación de riesgos e impactos ambientales en las industrias que, de manera voluntaria, se someten a un esquema de revisión, que convengan con la autoridad la ejecución de planes de acción que les permita corregir deficiencias y mejorar su desempeño ambiental.

A través del programa hasta noviembre de 2003, 2,723 instalaciones habían sido auditadas, de las cuales más de 700 cuentan con sus certificados de industria limpia o cumplimiento ambiental vigentes (PROFEPA 2003b).

## *Manejo de residuos*

### *Infraestructura*

A partir de la entrada en vigor de la LGEEPA, la infraestructura para el manejo de residuos peligrosos se ha desarrollado de forma constante, como se observa en la gráfica 2.28, donde se aprecia la importancia que han adquirido las empresas dedicadas al reciclaje de estos residuos.

Hasta noviembre de 2003 se tenían registradas más de 800 empresas para brindar servicios de manejo de residuos peligrosos, de las cuales, sólo para almacenamiento y transporte eran casi el 60%. La distribución de la capacidad autorizada para el manejo de residuos peligrosos hasta el año 2002 aparece resumida en la gráfica 2.29.

En el caso de las instalaciones de confinamiento, hasta el año 2000 se tenían registradas cuatro en todo el territorio nacional (INE 2000a). A diciembre de 2003 únicamente dos de éstas contaban con autorización para operar: una para servicio a terceros y otra para confinar exclusivamente los residuos generados en sus propios procesos (SEMARNAT 2003b).

Un problema significativo que aún presenta la infraestructura de manejo de residuos peligrosos es su distribución geográfica, ya que salvo las empresas transportistas, la mayoría de las instalaciones autorizadas se concentran en las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Monterrey y Guadalajara, lo que propicia que en estas regiones exista sobreoferta del servicio, mientras que en otros estados los costos del tratamiento se elevan debido al transporte de los residuos a grandes distancias.

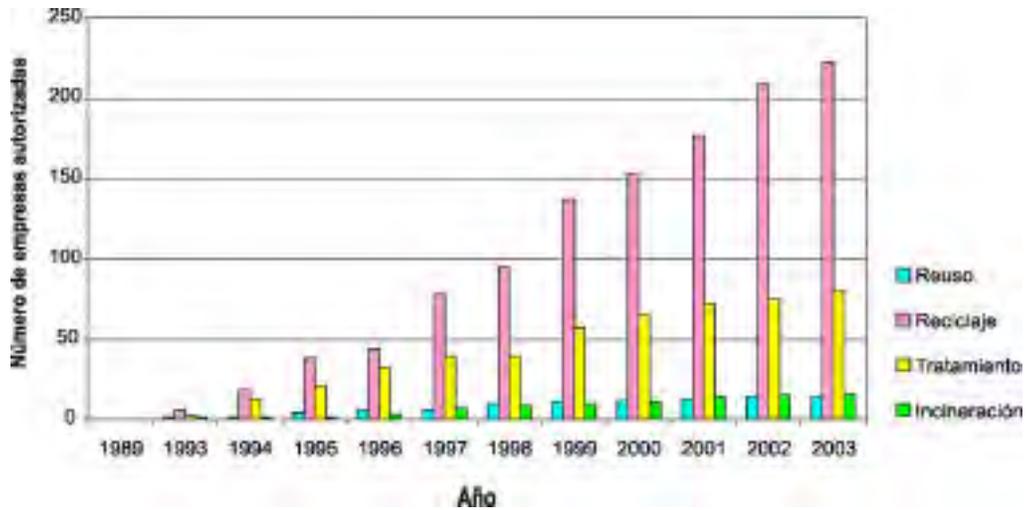
A diferencia de lo que ocurre con los residuos peligrosos, en donde la infraestructura para su manejo se ha creado enteramente a partir de inversiones del sector privado, en el caso de la correspondiente al manejo de los residuos sólidos urbanos, ha sido desarrollada, salvo contadas excepciones, con crédito nacional e internacional y asistencia técnica internacional, o a través de las concesiones a empresas

CUADRO 2.39. PRINCIPALES GIROS RELACIONADOS CON LA GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS SUJETOS A VERIFICACIÓN EN 2001

Giro industrial	Establecimientos
Petroquímica	106
Química	2,400
Servicios en materia de residuos peligrosos	840
Petróleo	500
Pinturas y tintas	350
Automotriz	1,000
Asbesto	30
Total	5,226

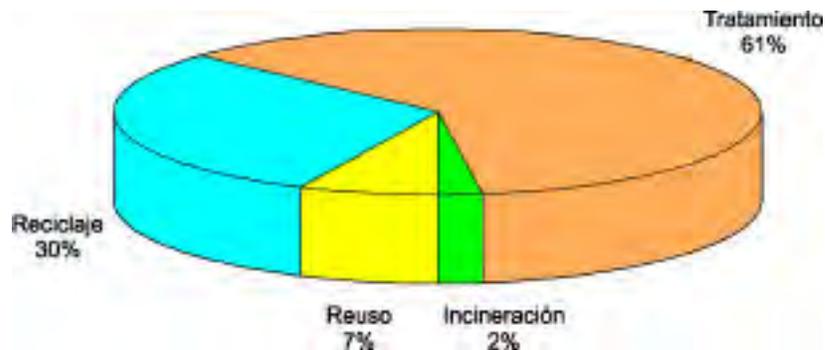
Fuente: PROFEPA-SEMARNAT 2002.

GRÁFICA 2.28. TENDENCIA DEL CRECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS EN MÉXICO



Fuente: elaborado con datos de Gómez Rosas, E. 2003.

GRÁFICA 2.29. DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD AUTORIZADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS (APROXIMADAMENTE 7.1 MILLONES DE TONELADAS)



Fuente: elaborado con datos de Gómez Rosas 2003.

privadas, que actualmente brindan algún tipo de servicio en 39 ciudades de la República. La distribución de los servicios concesionados se presenta en la gráfica 2.30.

La capacidad de recolección a nivel nacional actualmente es superior al 85%, aunque varía de acuerdo con el grado de urbanización del sitio; así, en las grandes zonas metropolitanas se alcanza hasta

95% de cobertura del servicio, mientras que en las poblaciones rurales y semirurales se recolecta sólo el 60% de los residuos generados (Rosiles Castro 2003).

En cuanto a la disposición final, hasta el año 2002 se reportaron en operación 84 sitios total o parcialmente habilitados para minimizar los impactos negativos a la salud pública y al ambiente; esto es, 68 rellenos sanitarios, con capacidad para alojar cerca del 50% de

GRÁFICA 2.30. PARTICIPACIÓN DE LA INICIATIVA PRIVADA EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS



Fuente: elaborado con datos de Gómez Rosas, E. 2003.

los residuos generados y 16 rellenos controlados (INEGI 2003). Aunque aún se dispone una gran cantidad de residuos en sitios no controlados, la tendencia actual de esta práctica es decreciente, tanto por la habilitación de los sitios existentes, como por la construcción de nuevos rellenos sanitarios (cuadro 2.40).

### Experiencias de reciclaje de residuos

La separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos, no siempre constituye una

práctica formal por parte de los servicios municipales de limpia; no obstante, de acuerdo con la información presentada en el cuadro 2.41, actualmente la recuperación de residuos sólidos urbanos es de poco más de 780 mil toneladas anuales, entre los cuales sobresalen metales, vidrio, papel, cartón y plásticos. De conformidad con el Instituto Nacional de Recicladores (INARE), la dimensión del mercado de reciclaje en el cual intervienen sus empresas afiliadas, es la que aparece en el cuadro 2.41; la mayoría de los materiales que se comercializan en dicho mercado proviene de la separación que se realiza a nivel in-

CUADRO 2.40. GENERACIÓN, RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, 1999-2002 (MILES DE TONELADAS)

Concepto	1999	2000	2001	2002
Generación de residuos sólidos urbanos	30,952.0	30,733.0	31,488.6	32,173.6
Recolección	26,194.7	26,009.3	26,648.8	27,669.3
Disposición final (*)	30,222.6	30,008.7	30,746.5	31,393.1
Rellenos sanitarios	16,428.7	14,490.5	15,252.7	15,579.9
Rellenos controlados	507.5	2,421.8	3,351.9	3,630.9
Sitios no controlados				
(Tiraderos a cielo abierto)	13,286.4	13,096.5	12,141.9	12,182.4

(\*) No todo lo que llega a los sitios no controlados es a través de los servicios municipales de recolección, por ello los totales de recolección no coinciden. La diferencia entre el total de generación y el de disposición final se debe a recuperación de residuos reciclables.

Fuente: INEGI 2003.

dustrial, la pepena en sitios de disposición y la recolección efectuada por los "carreros", mientras que la recolección domiciliaria y la pepena en la calle contribuyen con la menor parte.

Los envases vacíos de bebidas, elaborados con PET, recientemente han adquirido importancia en México, ya que son objeto de un plan de manejo en el que intervienen los distintos sectores que toman parte en la cadena productiva correspondiente, organizados en la asociación Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE)

El plan de manejo de los envases de PET establecido por dicha asociación inició en septiembre 2002 en la Zona Metropolitana del Valle de México, extendiéndose en su primera etapa a Monterrey, Guadalajara, San Luis Potosí, Veracruz y Cancún; en cada una de estas localidades se estableció una planta de procesamiento de envases de PET. En la segunda etapa, iniciada en julio de 2003, se incluyeron cinco localidades adicionales: Tampico, Querétaro, Acapulco, Tijuana y Mérida; con este crecimiento se estima poder alcanzar una cobertura de 45% de la población (mapa 2.22).

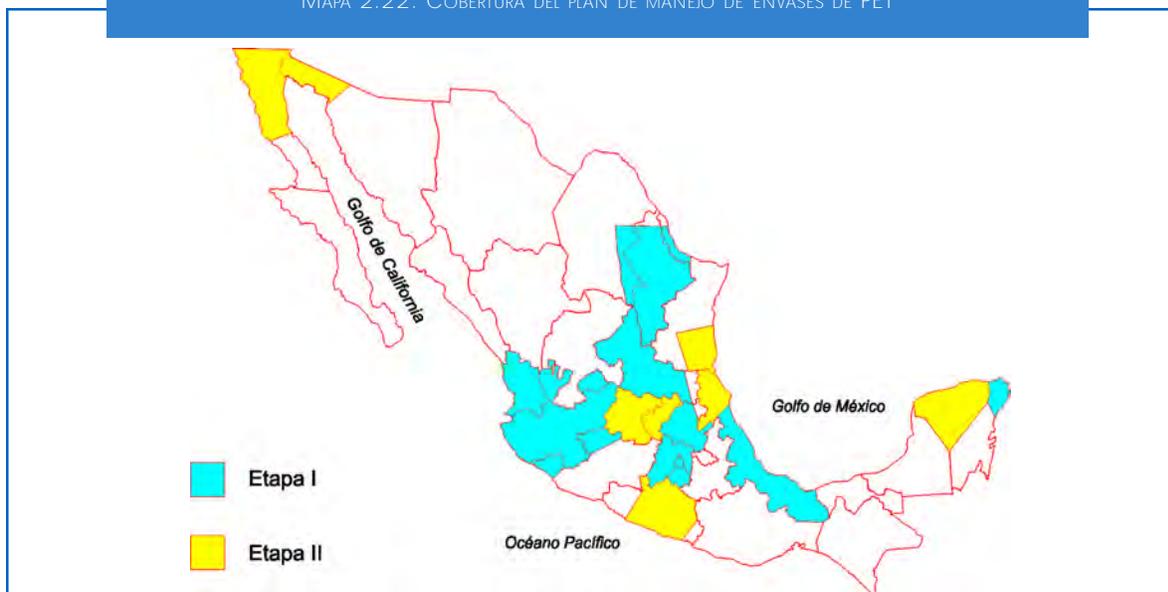
Para el reciclaje de los envases de vidrio, México cuenta con una amplia capacidad. Sólo las instalaciones para el procesamiento de vidrio pertenecientes al grupo Vitro pueden procesar más de 22 mil toneladas mensuales de estos residuos, según se refiere en el cuadro 2.42.

CUADRO 2.41. EJEMPLOS DE MATERIALES RECUPERADOS EN MÉXICO A PARTIR DE RESIDUOS EN 1996

Material	Recuperación (1000 ton/año)
Acero inoxidable	12
Aluminio bote	156
Aluminio granel	168
Bronce	10
Cartón y papel	1,811
Cobre	65
Colchones	6
Fierro gris colado	1,860
Fierro y lámina	4,000
Hueso y cebo	132
Magnesio	7
Monedas desmonetizadas	6
Plástico	540
Plomo y baterías	48
Rebaba de bronce	11
Tortilla	6
Trapo	120
Vidrio	295
ZAMAC (Aleación de zinc)	17
Total	9,270

Fuente: Cortinas de Nava 2002.

MAPA 2.22. COBERTURA DEL PLAN DE MANEJO DE ENVASES DE PET



Fuente: Elaborado con datos de Gómez Rosas 2003.

En cuanto al reciclaje de chatarra, la Cámara de la Industria del Acero (CANACERO) reporta que el volumen de chatarra de acero consumida en el año 2000 estuvo constituido por 3.80 millones de toneladas de procedencia nacional y 1.96 de importación (la industria siderúrgica logró en ese mismo año una producción de 15.59 millones de toneladas de acero, siendo la chatarra uno de los insumos principales) (citado en Cortinas de Nava 2003). La chatarra de ori-

de artefactos de lámina, partes de acero de automóviles desechados, equipo de ferrocarriles, instalaciones de ingenios, barcos, instalaciones petroleras y estructuras metálicas.

### Otras formas de aprovechamiento de residuos

En México existen 30 plantas productoras de cemento, de las cuales 26 han sido autorizadas para co-procesar residuos como combustibles alternos y que en conjunto, alimentaron cerca de 90,514 toneladas de residuos en sus procesos en el año 2002; entre estos residuos se pueden mencionar llantas, aceites lubricantes usados y solventes, entre otros, cuyo poder calorífico permitió sustituir en 2.0% a los combustibles tradicionales (CANACEM 2003, citado en Cortinas de Nava 2003). Como se aprecia en el mapa 2.23, las plantas cementeras se encuentran distribuidas ampliamente en el territorio nacional.

Por otra parte, a través de un proyecto que se emprendió en 1999 con el patrocinio de Global Environmental Facility (GEF) y con aportaciones de otras instituciones, se aprovecha el biogás del relleno sanitario que sirve al área metropolitana de Monterrey para la cogeneración de energía eléctrica.

La infraestructura del sitio actualmente tiene capacidad para cogenerar 7 MW, suficiente para abastecer la demanda energética de 15,000 casas de

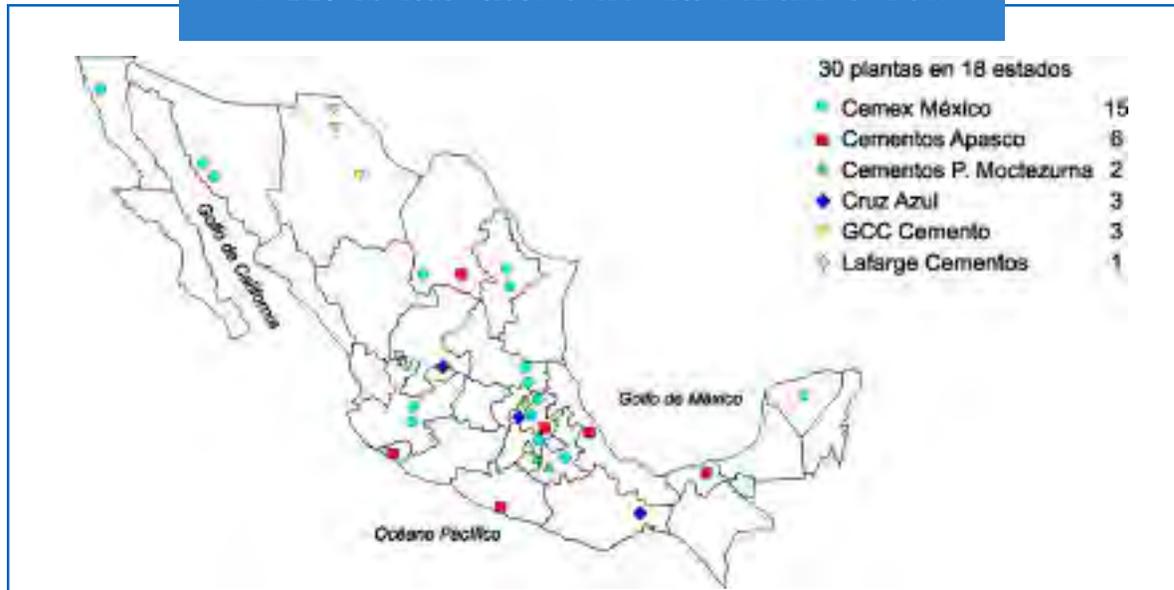
CUADRO 2.42. CAPACIDAD DE RECICLAJE DE VIDRIO DEL GRUPO VITRO

Ubicación de la planta procesadora	Capacidad mensual de proceso (miles de toneladas)
México	14
Monterrey	4
Querétaro	2
Guadalajara	2
Total	22

Fuente: Cortinas de Nava 2003.

gen nacional está compuesta por sobrantes de procesos metalúrgicos, botes de lámina, desperdicios

MAPA 2.23. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO MEXICANA



Fuente: Cortinas de Nava 2003.

interés social o el 80% del alumbrado público de la ciudad; sin embargo, el diseño modular de los moto-generadores instalado, permitiría incrementar la capacidad durante los próximos 25 a 30 años, dependiendo de la vida remanente del relleno sanitario y los residuos que se depositen. Este proceso sirve como un medio para mitigar las emisiones de biogás del relleno sanitario a la atmósfera; al mismo tiempo, su empleo responde a la búsqueda de formas alternativas de producción de energía y al aprovechamiento de los desechos sólidos como fuente de energía renovable (Saldaña Méndez 2003).

En contraparte, las experiencias del compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbano no han sido del todo exitosas hasta la fecha, ya que la falta de mercado y la pobre calidad del producto han limitado su comercialización. No obstante, actualmente opera una planta de producción de composta en el Distrito Federal que tiene capacidad para procesar 200 ton/día de residuos provenientes de la poda de áreas verdes, así como de la zona de flores y hortalizas de la Central de Abastos; esta planta procesa los residuos biodegradables mediante pilas de digestión aerobia y el producto obtenido se aplica como mejorador de suelo en parques y jardines (López Jardínez 2003).

Además, a raíz de la publicación de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, en la cual se establece, entre otras, la necesidad de tratar la fracción orgánica de los residuos para reducir la cantidad de basura que requiere disposición final, la Dirección General de Servicios Urbanos proyecta la ampliación de dicha planta hasta una capacidad de 4,500 ton/día en los próximos años (Cuéllar Salinas 2003).

## Convenios internacionales

### Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos

El Gobierno de México ha suscrito distintos tratados internacionales que establecen medidas de control respecto al movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. De particular importancia ha sido la creación

de un grupo de trabajo sobre residuos, en el marco del Convenio de Cooperación para la Protección Ambiental de la Frontera Norte, suscrito con Estados Unidos de América a inicios de la década de 1980, así como la firma del Convenio de Basilea sobre Movimiento Transfronterizo y Disposición Final de Residuos en 1989 (ya ratificado). Aunado a ello, y en el contexto de la adhesión de México a la OCDE, se estableció el compromiso de cumplir con las disposiciones de las actas vinculantes de los Ministros de Medio Ambiente de dicha Organización en materia de movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. Tales obligaciones (que tienen el peso de una ley nacional, en la medida que los convenios internacionales fueron aprobados por el Senado y firmados por el Presidente de la República), implican entre otros, la entrega de informes periódicos acerca de las importaciones y exportaciones de residuos peligrosos.

Los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos registrados entre 2000 y 2002, tanto por importación y exportación, como por retorno de residuos generados por la industria maquiladora, aparecen referidos en el cuadro 2.43. Es de destacar el incremento ocurrido en la exportación en 2002, el cual se debió, principalmente, a la exportación de recortes de perforación (tierra y rocas removidas durante las operaciones de perforación de pozos petroleros).

La PROFEPA también juega un papel importante en las actividades de control de los movimientos transfronterizos de materiales y residuos peligrosos, ya que a su cargo se encuentra la inspección y vigilancia de las cargas de residuos para importación y exportación en puertos, aeropuertos y zonas fronterizas de México. El resumen de estas actividades para los años 2001 y 2002 se presenta en el cuadro 2.44.

### Otros programas

#### Redes intersectoriales para alentar la participación pública

A raíz de la creación de la Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos, y como respuesta al

CUADRO 2.43. VARIACIÓN ANUAL EN LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO (TON)

Concepto	2000	2001	2002
Importación	276,081	254,220	325,689
Exportación	96,931	1,876,086	864,180
Retorno	68,635	57,170	111,310

Fuente: SEMARNAT 2003

rechazo social hacia los confinamientos de residuos industriales, así como a la necesidad urgente de crear la infraestructura de servicios necesaria para su gestión ambientalmente adecuada y socialmente aceptable, el Instituto Nacional de Ecología se dio a la tarea de crear la Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos (REMEXMAR) y Núcleos Técnicos de la misma (redes locales) a partir de 1996, lográndose crear dichas redes en 21 entidades federativas hasta el año 2000 y una más en el 2001. Actualmente las redes operan de forma independiente.

La REMEXMAR forma parte de la mencionada Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (REPAMAR), creada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Agencia Alemana GTZ, y de la cual son integrantes Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá y Perú, aunque sólo en México se han creado redes locales.

### Campaña Cruzada por un México Limpio

La Cruzada Nacional por un México Limpio iniciada en 2001, constituye un esfuerzo del gobierno federal para "motivar y comprometer a todos los sectores de la población a reducir la generación de residuos sólidos desde su origen, promover su reuso, reciclaje y tratamiento, siempre y cuando sea ambiental, social y económicamente factible, así como para brindar un eficaz servicio público de barrido, almacenamiento, recolección, transferencia y disposición final de los residuos y lograr la limpieza, saneamiento y mejoramiento de la imagen del entorno nacional".

Alrededor de 1,500 municipalidades han sido involucradas hasta ahora en esta Cruzada, a través de cursos de entrenamiento a funcionarios municipales, en materia de gestión integral de residuos (OCDE

2003). Además, se han firmado convenios con instituciones de diversa índole para promover acciones conjuntas a favor de esta campaña; entre los más destacados se pueden mencionar los siguientes (Candia González 2003):

- Con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la adopción y limpieza de kilómetros de carreteras.
- Con la Secretaría de Salud para la difusión en radio y transporte urbano.
- Con la Secretaría de Turismo y la Secretaría de Marina, la incorporación de la campaña a los programas de fomento que se llevan a cabo en zonas turísticas.
- Con empresas privadas tanto mexicanas como extranjeras, se han establecido programas de manejo adecuado de diversos residuos, incluyendo aceites usados y los residuos generados por las propias empresas, las cuales representan a los giros de comunicaciones, producción de cemento, alimentos, entre otras.

### Programa Conservemos un Campo Limpio

La Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. (AMIFAC), convino con la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en establecer el Programa "Conservemos un Campo Limpio", que inició en 1997 a manera de proyecto piloto en el estado de Guanajuato. Al año 2003 se tenían 14 centros para recuperar, acopiar y enviar a reciclaje los envases vacíos de plaguicidas en varios estados de la República: cuatro en el Estado de México, tres en Nayarit, tres en Sonora, tres en Sinaloa y uno en Querétaro; la AMIFAC opera directamente los centros

CUADRO 2.44. INSPECCIÓN Y VIGILANCIA EN PUERTOS, AEROPUERTOS Y ZONAS FRONTERIZAS DE MOVIMIENTOS DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

Actividades	2001	2002
Verificación de materiales y residuos peligrosos	0	206
Autorizaciones o guías revisadas a la importación	5	225
Avisos de retorno revisados a la importación	0	0
Autorizaciones revisadas a la exportación	5	9
Avisos de retorno revisados a la exportación	1,550	1,126
Total de toneladas revisadas	41,847	418,545
Total de registros de trámite de verificación expedidos	9,457	14,515

Fuente: adaptado de PROFEPA-SEMARNAT 2002.

ubicados en los dos últimos estados y brinda apoyo a las dependencias gubernamentales responsables del resto. El siguiente paso será extender el programa a

Veracruz, Michoacán y Morelos; la meta final es abarcar todo el territorio nacional (Cortinas de Nava 2003).

#### RECUADRO 2.7. OBJETIVOS DE LA CRUZADA POR UN MÉXICO LIMPIO

- Convocar y coordinar esfuerzos de los tres niveles de gobierno y la sociedad en general.
- Crear sinergias entre todos los sectores de la sociedad para tener un México Limpio, al propiciar un cambio cultural y conductual hacia el manejo de los residuos.
- Fortalecer el marco regulatorio, estableciendo los papeles de los distintos actores, para orientarlo hacia el manejo integrado de los recursos y promover su cumplimiento.
- Promover la asignación y correcta aplicación de recursos económicos, tanto públicos como privados.
- Eliminar los riesgos ambientales y a la salud, así como la contaminación visual.
- Promover la construcción y la habilitación de la infraestructura necesaria para disponer adecuadamente de los residuos.
- Impulsar políticas públicas orientadas a fortalecer el papel de los municipios.

Fuente: SEMARNAT 2003f.





## Biota

México posee una extraordinaria riqueza biológica, tanto a nivel genético como de variedad de especies y ecosistemas. Se estima que aproximadamente de cada diez especies que existen en el mundo una se encuentra en México. Junto con Brasil, Colombia e Indonesia, México se encuentra dentro de los países con mayor riqueza de especies. Esta riqueza se debe, entre otras cosas, a la posición geográfica que ocupa, a la diversidad de ambientes que posee, a su accidentada topografía como resultado de su historia geológica y a su variedad climática que se manifiesta en sus diferentes regiones.

En sus casi 2 millones de kilómetros cuadrados de superficie terrestre y sus más de 3 millones de kilómetros cuadrados de mar patrimonial, se presentan casi la totalidad de climas del mundo. La anchura variable del territorio, la influencia de las corrientes marinas, las tormentas de verano y las masas de aire polar son los factores que determinan esa variedad climática.

El Trópico de Cáncer divide al país en partes iguales y lo ubica dentro de dos grandes regiones biogeográficas; la neártica al norte con características templadas y la neotropical al sur con afinidad tropical. El 56% del territorio presenta zonas áridas y semiáridas, distribuidas en el norte y centro del país; 37% presenta características subhúmedas que corresponden a las elevaciones del centro y a las planicies costeras del Pacífico, Golfo de México y noreste de la Península de Yucatán; y sólo el 7% corresponde a las zonas húmedas que se ubican en la porción sur del Golfo de México y una pequeña parte de la vertiente del Pacífico sur (UNAM 1990). La mayor parte del territorio presenta un régimen de lluvias de verano (66%), seguido por un régimen intermedio en la porción norte (31%) y sólo una pequeña porción del territorio (3%), que se ubica en la Península de Baja California, presenta lluvias en el invierno (UNAM 1990).

El país cuenta con una accidentada topografía, más del 65% del territorio se encuentra por arriba de los 1,000 metros sobre el nivel del mar y es donde más del 47% de la superficie tiene pendientes superiores al 27%. El complejo origen geológico y la diversidad topográfica han dado como resultado que de las 28 unidades de suelo del mundo, 25 están presentes en México (INEGI 2000).

Los principales rasgos fisiográficos son: en el norte la Península de Baja California; El Altiplano mexicano en el centro-norte del país se encuentra delimitado a ambos lados por la Sierra Madre Oriental y Occidental y al sur por el Eje Neovolcánico. Más al sur el Escudo Mixteco une al Eje Neovolcánico con la Sierra

Madre del Sur, hasta derivarse en la Sierra de Chiapas que se prolonga hacia América Central. La porción sureste del país la ocupan la Península de Yucatán y la depresión de Chiapas. A todo este vasto territorio lo cruzan más de 42 ríos, 70 lagos, 130 lagunas costeras y una gran cantidad de almacenamientos naturales y artificiales que cubren una superficie aproximada de 57,600 kilómetros cuadrados (mapa 2.24).

## Presión

### Ganadería y agricultura

Una de las principales presiones sobre la cobertura vegetal se debe a la transformación de la vegetación natural para el pastoreo de ganado (cuadro 2.45). En el caso de México, si bien la mayor producción ganadera se localiza en el norte árido y semiárido, en términos de crecimiento, las poblaciones de bovinos que más han crecido en los últimos años se encuentran en los trópicos húmedos. Las densidades de ganado suelen ser mayores que las recomendadas y llegan a ser de hasta una cabeza por 3 a 6 ha, cuando la vegetación natural sólo puede soportar una cabeza por 11 a 22 ha (Bye 1993). Calculando la media para los coeficientes de agostadero del país, se puede estimar que en México se requiere al menos 12.3 hectáreas de terreno por unidad animal para tener una ganadería sostenible. Esto es que el número máximo de unidades animales en el país sería de 15.9 millones (SEMARNAT 2003d).

Tomando en consideración que de acuerdo con las estimaciones de existencias de ganado, en donde se menciona que actualmente el país tiene alrededor de 31.3 millones de unidades animales, esto indicaría que nos encontramos en un 96% por arriba de la capacidad de carga que tiene el territorio nacional. Además del ganado bovino, en 1983 se estimó 8 millones de ovejas y 10 millones de cabras (WRI/UNEP/UNDP 1990). Aunque se ha observado una disminución en el número de cabezas en la últi-

CUADRO 2.45. PRINCIPALES CAUSAS DE LA DEFORESTACIÓN

Causas directas estimadas de la deforestación	%
Desmontes para uso agropecuario	82
Cambios de uso del suelo autorizados	2
Incendios	4
Tala ilegal	8
Plagas y enfermedades	3
Otros factores	1

Fuente: Banco Mundial-SEMARNAT 1993.

MAPA 2.24. EL TERRITORIO MEXICANO



Imagen desde el espacio. Conabio, México. Mosaico 2002 de imágenes Modis sin nubes del satélite Terra, bandas 1, 4, 3 (RGB), resolución espacial 250 metros, sobre un modelo digital de terreno.  
Fuente: CONABIO 2002.

ma década, la superficie destinada a la ganadería creció casi 4 millones de hectáreas entre 1993 y 2000 (gráfica 2.31).

La transformación a pastizales es el principal proceso de cambio de todos los tipos de vegetación (Velázquez *et al.* 2002). Los efectos del ganado son enormes si consideramos que sólo 16% del territorio mexicano son pastizales y que aproximadamente el 40% de la superficie ganadera se presenta en ambientes naturales, en donde muchas de las especies silvestres conforman su dieta. Las alteraciones producto del ganado perturban a su vez el ciclo hidrológico, el suelo y la vegetación que a su vez desembocan en erosión, pérdida de diversidad e incendios (figura 2.3). Asimismo, el ganado desplaza de manera indirecta a los hábitats naturales mediante el reemplazo de estos a monocultivos de sorgo, alfalfa y otros cultivos de forrajes.

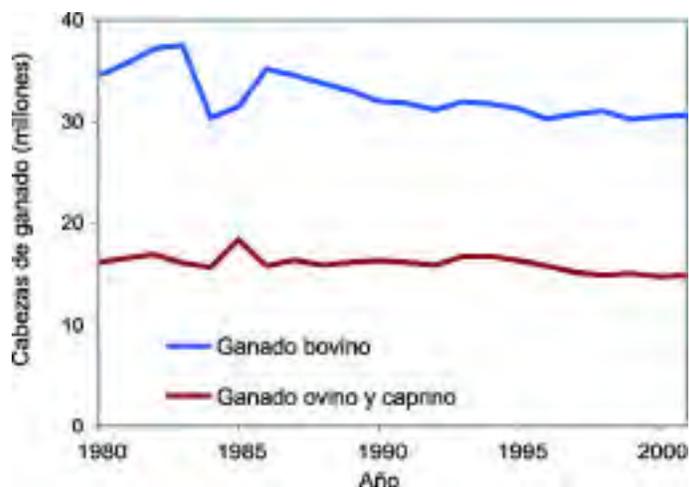
En el trópico húmedo la densidad del ganado es de una cabeza por 1.14 a 4 ha de pastizal. Actual-

mente, la ganadería ocupa al menos 19% del área que antes ocupaban las selvas húmedas. Esto se debe, en gran medida a las políticas del Estado que estimularon la expansión de la ganadería en el trópico. Durante 1972 y 1977 se deforestaron 423,000 ha de selva húmeda bajo los auspicios de la Comisión Nacional de Desmontes (Challenger 1998). En el trópico subhúmedo también hay un fuerte impacto de la ganadería, 20% de esta zona ecológica se destinó a la ganadería. Asimismo, más del 22% de los bosques de niebla se convirtieron en pastizales permanentes y 21% de los bosques de pino y encino han sido convertidos por esta actividad (Challenger *ibid*).

Actualmente, la ganadería se practica en 56% del territorio del país, en los estados del norte y en Tabasco la superficie ganadera sobrepasa el 65% de la entidad. Solamente el 26% del país contiene vegetación silvestre libre del efecto de la ganadería.

Otra causa de la pérdida de la cubierta vegetal natural es la agricultura (cuadro 2.45). En muchos sitios

Gráfica 2.31: Evolución del volumen ganadero en México, 1980-2001



Fuente: SEMARNAT 2003d.

el problema se asocia con el detrimento de fertilidad por lixiviación como producto del escurrimiento e infiltración del agua. Otra causa importante es la agricultura seminómada con el uso del método de roza, tumba y quema, en donde se requieren de grandes extensiones de tierra que se van convirtiendo en zonas de vegetación secundaria o en zonas de pastoreo. En algunos ecosistemas ubicados en laderas, también existen cambios de uso de suelo importantes para transformarlos en cultivos de frutales.

En México, la superficie cultivada en el año 2000 fue de 20.2 millones de hectáreas, no obstante, el Inventario Nacional Forestal reporta 32.8 millones de hectáreas bajo uso agrícola. La superficie 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 (gráfica 2.32)

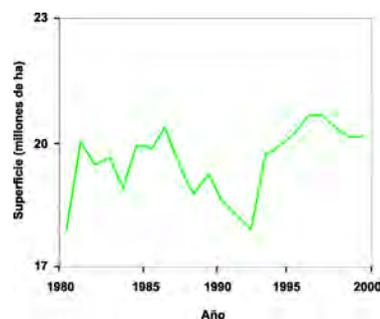
### Urbanización

A escala nacional, los asentamientos humanos cubren tan sólo el 0.4% de territorio (Palacio-Prieto *et al.* 2000). No obstante, este tipo de uso de suelo se está incrementando rápidamente en algunas regiones del país. El estado de Quintana Roo es un ejemplo de ello. Su superficie urbanizada creció a una tasa superior al 8% anual (SEMARNAT 2003d). En el país un total de 99,523 ha fueron invadidas entre 1993 y 2000 por los asentamientos humanos (Velázquez *et al.* 2002).

Generalmente la urbanización se da sobre tierras planas, útiles para la agricultura por lo que dejan de ser productivas. La presión directa de las urbes es pequeña, no obstante indirectamente afectan los usos de suelo de grandes extensiones para satisfacer sus necesidades de alimentos, recursos naturales y disposición de residuos (SEMARNAT 2003 d).

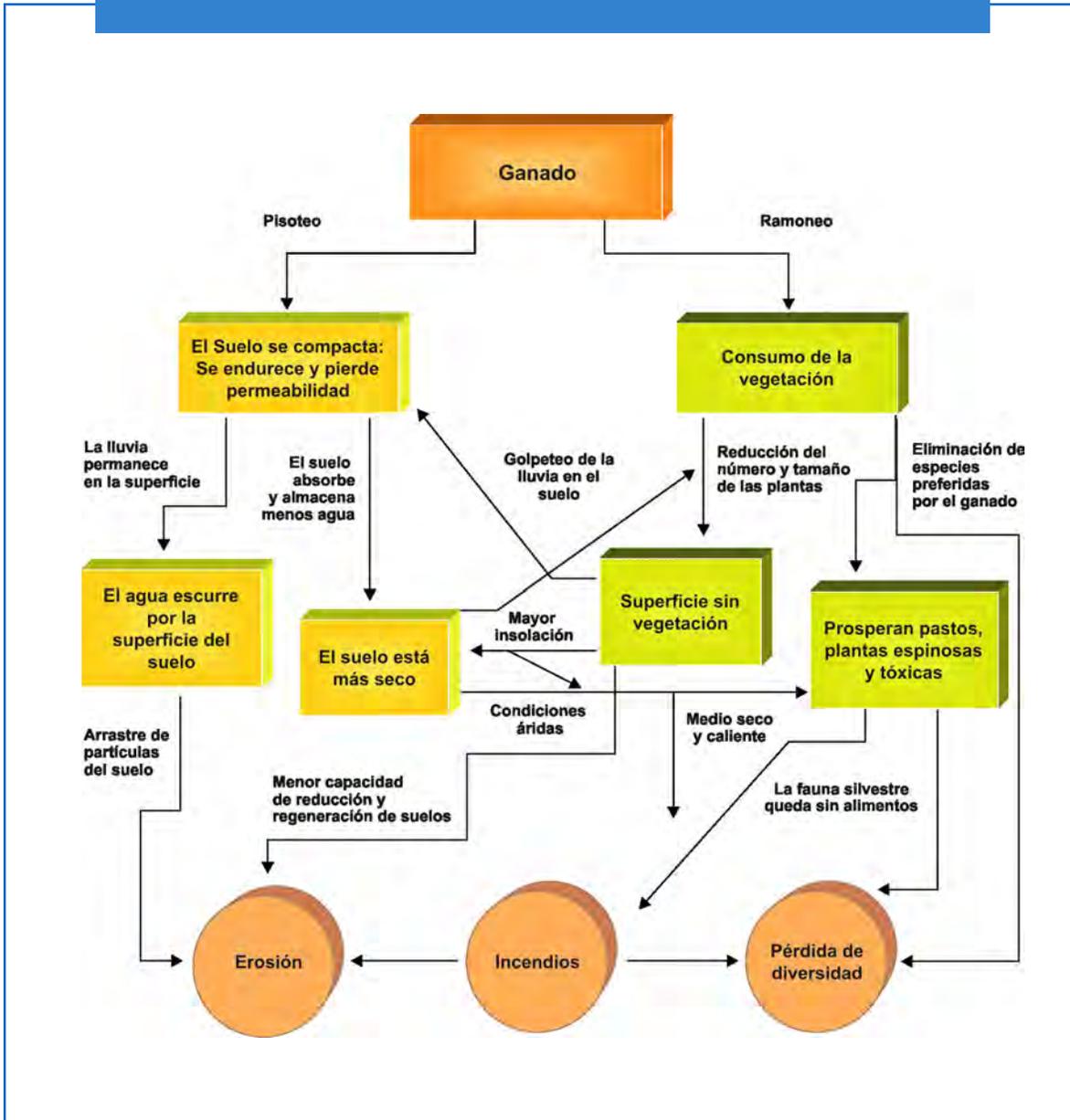
Más de 12 millones de personas habitan en áreas boscosas, la mayoría de las cuales viven en condicio-

GRÁFICA 2.32. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA EN MÉXICO, 1980-2000



Fuente: SEMARNAT 2003d.

FIGURA 2.3. EFECTO DE LA GANADERIA SOBRE LA VEGETACIÓN NATURAL



Fuente: SEMARNAT 2003d.

nes de marginación y extrema pobreza. En las áreas con mayor biodiversidad, 3.3 millones de personas viven en tales condiciones y ejercen una presión directa sobre los recursos naturales (OCDE 2003).

## Turismo

Los bosques y las áreas naturales se están convirtiendo cada vez más en sitios populares para el turismo y la recreación. El turismo orientado hacia complejos naturales en México tienen visitantes que realizan viajes largos, visitas a parques nacionales u otras áreas protegidas y que generalmente permanecen en el lugar uno o dos días. No obstante, cada vez es mayor el número de turistas que viajan como ecoturistas, en donde ya tienen una mayor especialización y llegan organizados para visitas de mayor duración. La demanda del turismo de aventura y ecoturismo excede los 75 millones de dólares anuales en alrededor de 442 empresas de ecoturismo y turismo de aventura. El gasto por practicantes extranjeros representa más del 62%, lo que equivale a 48.6 millones de dólares, mientras que los visitantes nacionales que practican este tipo de turismo es de alrededor de 36% y equivale a 27.1 millones de dólares ([www.sectur.gob.mx](http://www.sectur.gob.mx)). Esto indica que continúan siendo sectores de participación marginal, no obstante que el crecimiento en este sector, va en ascenso.

## Aprovechamientos forestales

La producción forestal en México en los últimos 16 años presenta dos momentos con producciones altas

que corresponden a un periodo de aproximadamente 10 años. El año de mayor producción de madera fue en 1987. A partir de ese año la producción bajó hasta tener el valor mínimo en el año de 1995, en donde a partir de ese momento y de manera gradual fue incrementándose hasta el año 2000 en que alcanza un valor similar al de 1987 (gráfica 2.33).

En el año 2000, la producción de madera en México alcanzó un volumen de 9.4 millones metros cúbicos de rollo (m<sup>3</sup>r), en los diferentes usos como escuadría, celulósicos, chapa, postes, leña, carbón, etc. (cuadro 2.46). Esta cifra es superior en 10.9%, con respecto al mismo período del año anterior (SEMARNAT 2001a). Del total de metros cúbicos, el pino es el árbol de mayor uso en la producción de madera en las diferentes modalidades como escuadría, chapa, postes, triplay y leña. Otros usos como el carbón y los durmientes son en su mayoría fabricados con encino (gráfica 2.34).

La industria forestal se encuentra dispersa a lo largo de todo el país sin embargo, los principales estados productores en el año 2000 son: Durango (25.2%), Chihuahua (22.2%), Michoacán (14.8%), México (6.4%) y Oaxaca (6.1%), contribuyendo con el 74.7% de la producción total (SEMARNAT 2001a). En los principales estados productores de madera generalmente se ubica una moderna planta de celulosa y papel que satisface menos de la mitad de los requerimientos nacionales. De igual manera se cuenta con una gran cantidad de aserraderos y otras industrias en donde un número menor de aserraderos presentan capacidades altas de transformación de madera, y un número elevado de industrias forestales es obsoleta, ineficiente y con ubicación desfavorable (Banco Mundial-SEMARNAP 1993).

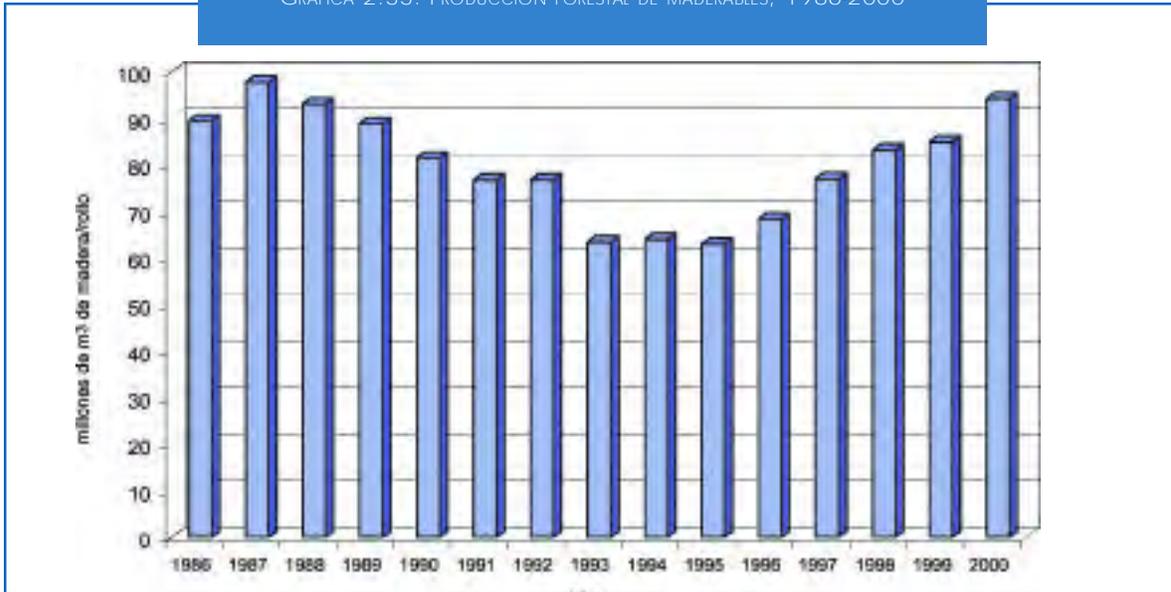
CUADRO 2.46. PRODUCCIÓN NACIONAL MADERABLE POR GRUPO DE ESPECIES Y PRODUCTOS (M<sup>3</sup>)

Grupo de productos Grupo de especies	Escuadría	Celulósicos	Chapa y triplay morillos	Postes, pilotes y	Leña	Carbón	Durmientes	Total
Pino	5,766,434	1,144,440	376,412	54,286	139,934	559	24,608	7,506,673
Oyamel	332,052	41,748	0	12,613	25,998	9	0	412,420
Otras coníferas	26,142	1,342	0	8,930	838	0	0	37,252
Encino	182,922	507,335	0	19,444	77,009	129,289	2,604	918,603
Otras latifoliadas	40,438	22,178	0	9,211	15,256	100,078	471	187,632
Preciosas	42,026	0	1,497	0	1,039	0	0	44,562
Comunes tropicales	144,348	8,499	21,228	38,247	1,707	101,956	6,673	322,658
Total nacional	6,534,362	1,725,542	399,137	142,731	261,781	331,891	34,356	9,429,800

El término de especies preciosas se aplica a la caoba (*Switzenia macrophylla*) y al cedro rojo (*Cedrella odorata* y *Cedrella mexicana*), especies que por sus propiedades y características estéticas son de alta estimación y tienen un alto valor comercial.

Fuente: SEMARNAT 2003a.

GRÁFICA 2.33. PRODUCCIÓN FORESTAL DE MADERABLES, 1986-2000



Fuente: SEMARNAT 2003d.

Las estimaciones sobre el potencial y capacidad industrial no son concisas y, por lo tanto, existe controversia en relación con la dimensión de la sobrecapacidad, tanto en la industria mecánica, por la

transformación de la madera, como en la química, a través del aprovechamiento de la resina. A pesar de la existencia de un elevado volumen de arbolado en pie, la industria forestal no es muy competitiva internacionalmente debido a que los costos de producción son altos, el manejo forestal de las comunidades es ineficiente, existe un número limitado de bosques con manejo operativo, además de la inaccesibilidad a la mayor parte del arbolado a consecuencia de la falta de infraestructura. Únicamente 30% de los bosques en los seis principales estados forestales son accesibles al aprovechamiento. Sólo 7 millones de hectáreas (14%) del total de bosques productivos son manejados, de los cuales menos de la mitad (2.8 millones de ha) utilizan un método de manejo con un alto nivel de producción (SEMARNAT 2003d).

Gráfica 2.34 Producción nacional maderable por especie



Fuente: SEMARNAT 2003d.

La subutilización del recurso derivada de la ineficiencia de industrias y empresas de pequeña escala de productos maderables y no maderables, no permite capitalizar los bienes y servicios ambientalmente potenciales y frena el desarrollo adecuado de industrias turísticas sosteni-

bles que pueden capitalizar los valores de existencia de los bosques y áreas silvestres. Por otro lado, la utilización local de los recursos, derivados del bosque por medio de la recolección ocasional de una variedad de bienes de uso doméstico, incluyendo leña combustible, alimentos silvestres y, la caza sin una planeación pueden estar sacrificando los beneficios futuros.

El universo de los productos forestales no maderables 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 más amplio. Las estadísticas oficiales subestiman enormemente el valor económico de los productos forestales no maderables —únicamente 0.1% del PI—, considerando el comercio registrado oficialmente. 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 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 (Banco Mundial-SEMARNAP 1993).

En un inventario preliminar en donde se estimó el mercado regional de plantas en bosques templados y selvas tropicales, se observó que una cuarta parte de las plantas aprovechables fue comercializada. En los bosques templados se detectaron 613 especies de plantas útiles que podrían generar 1.17 millones de toneladas de biomasa con valor comercial de 528 millones de dólares (Banco Mundial-SEMARNAP 1993). En los bosques tropicales 574 plantas utilizadas localmente, podrían generar 1.6 millones de toneladas de material vegetal con valor mercantil de 729 millones de dólares. Aunque los precios de mercado implícitos en los cálculos reflejan una proporción de volúmenes comerciales más bajos excluyendo los costos de extracción, éstos realzan la importancia en la economía formal e informal de México de los productos forestales no maderables (gráfica 2.36)

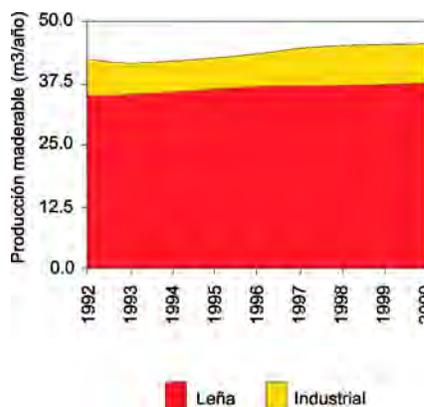
## Utilización de leña

Aunque no existen estimaciones globales, los estudios de caso han proporcionado datos valiosos sobre el valor local de subsistencia del recurso forestal. Se estima que el consumo doméstico de leña combustible asciende a 37 millones de m<sup>3</sup> por año, muy similar a la producción maderera actual cortada en el territorio nacional (gráfica 2.35). Entre el 85 y 90% de las viviendas rurales, queman leña combustible (Masera 1993, Díaz y Masera 2003). La distribución del consumo de leña en el territorio muestra que las entidades que consumen más leña son las que presentan una importante población rural, indígena y con alto grado de marginación (SEMARNAT 2003a) (mapa 2.25).

Por lo general, la leña combustible para uso doméstico se recoge cerca del hogar, prefiriéndose las ramas de pequeños diámetros ya que éstas no tienen que partirse. Una gran cantidad de leña combustible se obtiene de la madera caída y muerta, pero donde la densidad de la población es alta o existen mercados para este producto, ésta se obtiene de árboles vivos. 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 próximos años; no obstante, las proyecciones para México indican que el consumo de leña se mantendrá prácticamente estable en el mediano plazo (Díaz y Masera 2003) (mapa 2.26).

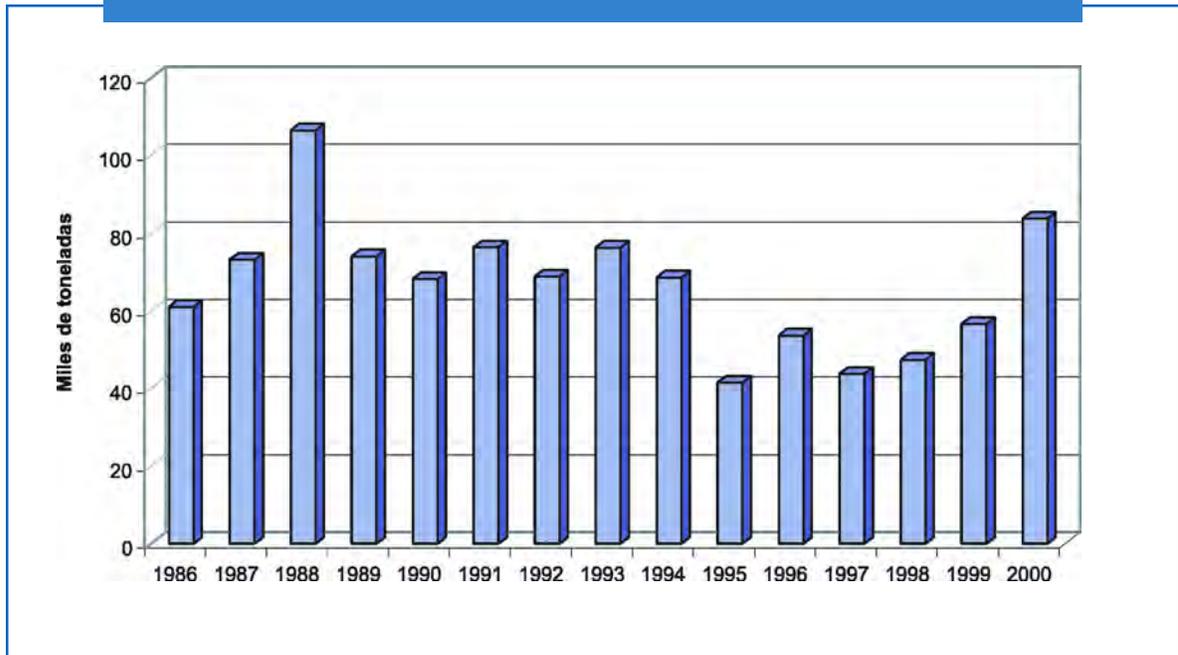
Un estudio detallado a nivel municipal ha permitido detectar 270 municipios críticos por consumo de

Gráfica 2.35. Producción maderable de México



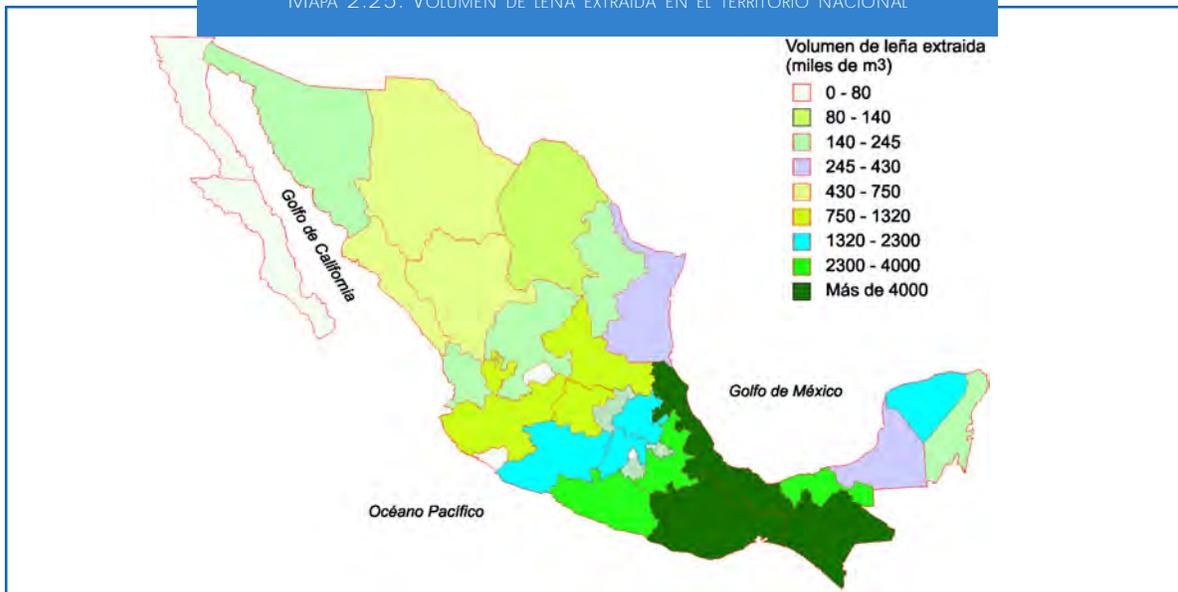
Fuente: SEMARNAT 2003d.

GRÁFICA 2.36. PRODUCCIÓN FORESTAL DE NO MADERABLES DURANTE EL PERIODO 1986-2000



Fuente: SEMARNAT 2003d.

MAPA 2.25. VOLUMEN DE LEÑA EXTRAÍDA EN EL TERRITORIO NACIONAL



Fuente: INEGI 2001, SEMARNAT 2003d.

leña en el país (mapa 2.27). El estudio revela también que sólo en circunstancias muy específicas la leña contribuye a la degradación ambiental; en general su aprovechamiento es renovable (Masera *et al.* 2003).

La leña representa casi el 50% del consumo de energía residencial en México y 90% del consumo residencial rural, 28 millones de mexicanos dependen de este combustible para cocinar (Masera *et al.* 2003). No obstante, la leña nunca ha ocupado un lugar destacado en los planes energéticos nacionales, a pesar del gran número de personas que dependen de este recurso energético.

### Incendios

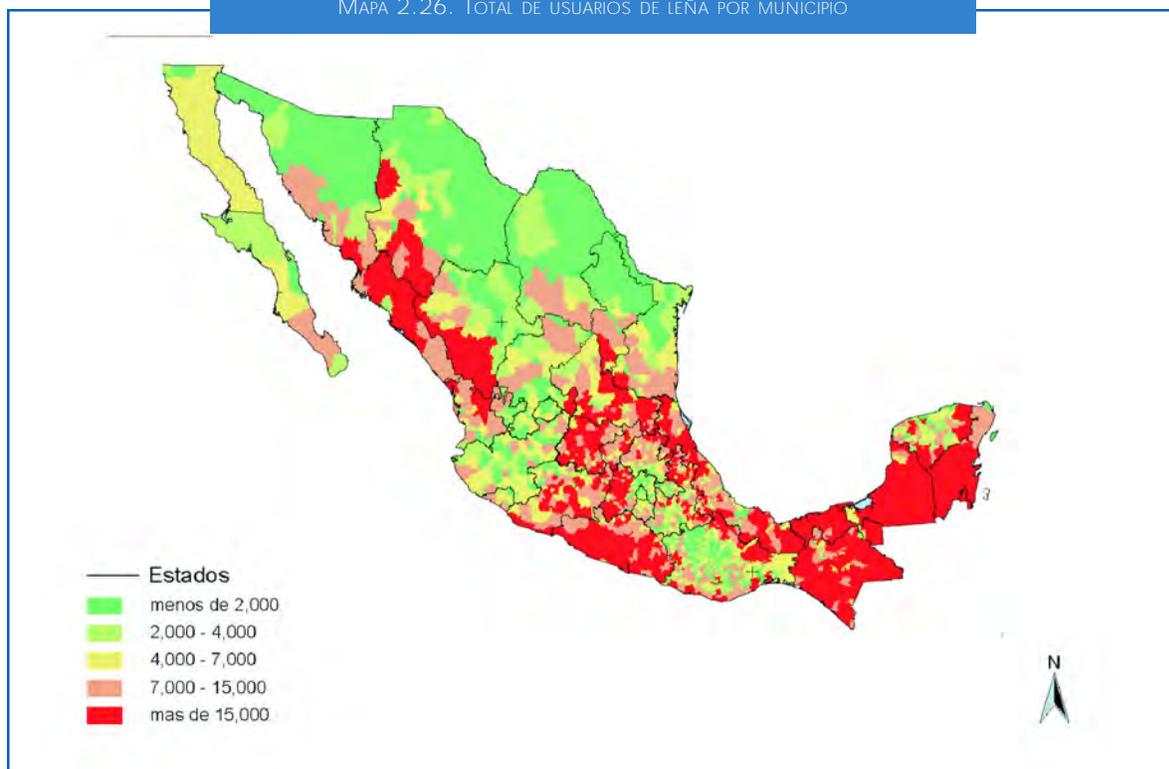
Una parte importante de la degradación de bosques es causada por incendios forestales que resultan como consecuencia de descuidos, o bien son provocados con el fin de producir pastos para la ganadería. La producción ganadera a pequeña escala depende casi por completo del pastoreo en barbechos, tierras áridas o áreas forestales. La mayor parte de los incen-

dios intencionales se inician cuando se efectúan aclareos en el sotobosque para producción adicional de pastos y reclamar la madera afectada como "muerta" en áreas que carecen de un permiso de aprovechamiento.

Cada año, los incendios forestales son responsables de la afectación de superficies importantes en todo el país. Las condiciones meteorológicas atribuidas al fenómeno de "El Niño", las cuales se acentuaron durante la estación seca del ciclo 1997-1998, y en particular durante los primeros meses de ese año, en donde se presentaron 14,445 incendios forestales, con una afectación cercana a 850,000 hectáreas, rebasaron los registros de los años anteriores y causaron severos daños en varias regiones de nuestro país (gráfica 2.36).

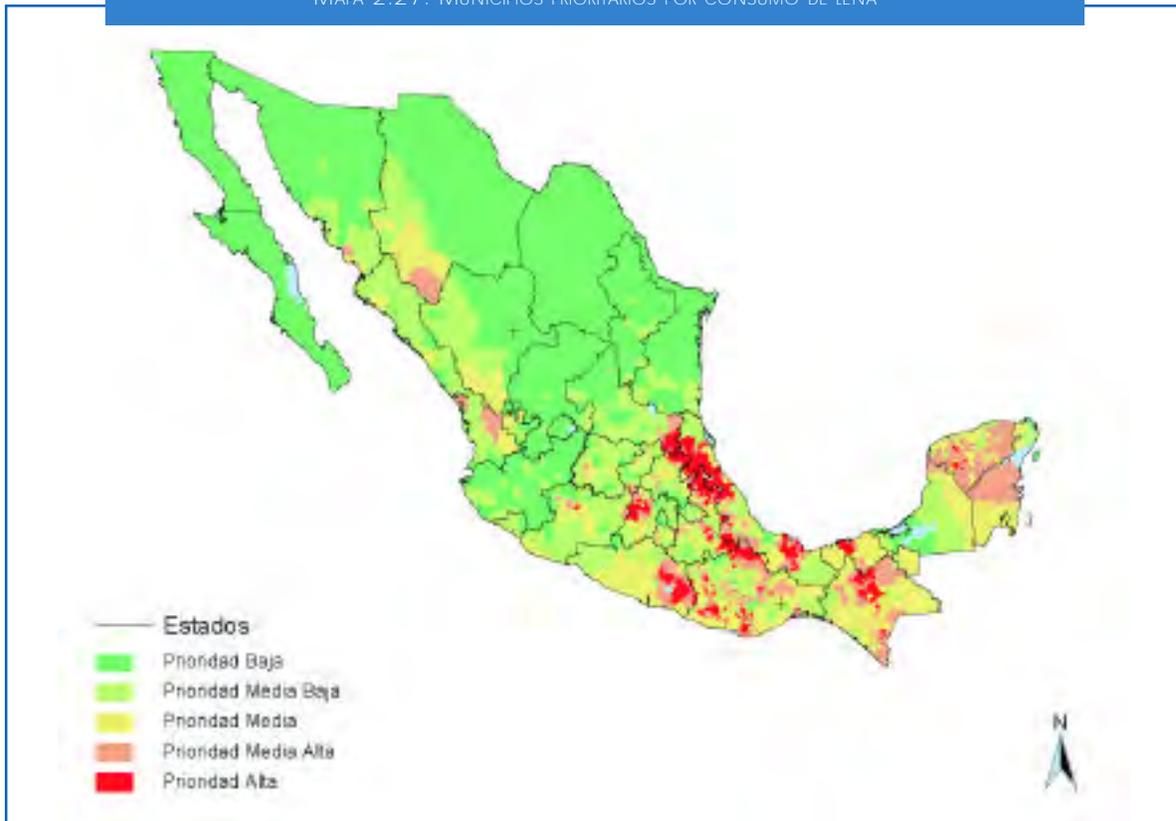
En el periodo 1998-2000 se presentaron 9,079 incendios forestales al año en promedio, con una superficie afectada promedio de 330,000 hectáreas. La mayor parte de las superficies afectadas estaban cubiertas por pastizales, vegetación herbácea y arbustos, sólo el 21% correspondió a zonas arboladas (SEMARNAT 2003d). En todo el país, anualmente se

MAPA 2.26. TOTAL DE USUARIOS DE LEÑA POR MUNICIPIO



Fuente: Masera *et al.* 2003.

MAPA 2.27. MUNICIPIOS PRIORITARIOS POR CONSUMO DE LEÑA



Fuente: Masera *et al.* 2003.

presentan incendios forestales de diversas magnitudes, los cuales tienen lugar principalmente durante la estación seca del año, entre diciembre y agosto. 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 (mapa 2.28). La ocurrencia temporal y espacial de este tipo de eventos es muy variable en función de las condiciones físicas locales y regionales, de presiones demográficas y de las formas de uso o manejo de los recursos naturales. Cada año importantes recursos económicos se destinan a la prevención y combate de éstos (SEMARNAT 2003d).

### Plagas

Otro factor importante en la reducción de los bosques, es la presencia de plagas forestales. Dichos fenómenos ocurren en forma natural en los bosques

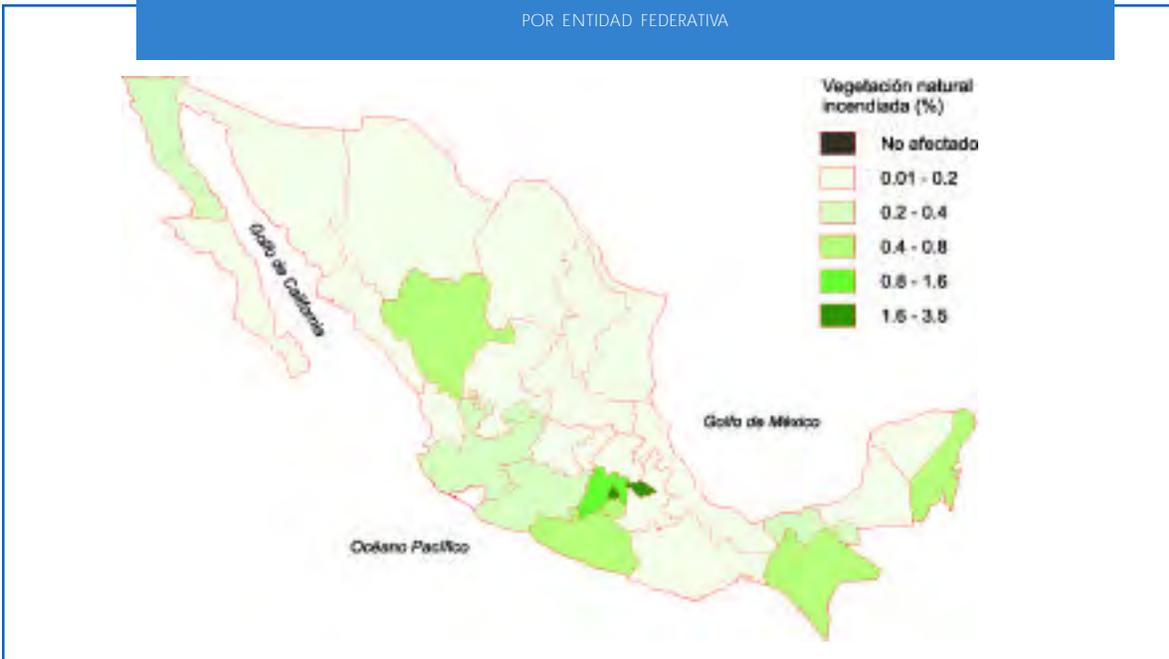
y selvas, e incluso son necesarios para el funcionamiento del ecosistema. Sin embargo, el hombre de manera indirecta puede incrementar la incidencia de plagas, más allá de lo que puede tolerar la vegetación. Las plagas forestales son insectos o patógenos que ocasionan deformaciones, disminución del crecimiento, debilitamiento e incluso la muerte. Esto causa 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. Los resultados del monitoreo efectuado en el país para el 2001 indica que para ese año fueron afectadas 15,219 hectáreas por algún tipo de plaga. Tomando las estadísticas desde 1990, se calcula que la superficie afectada por esta causa hasta el año 2001 rebasa las 250,000 ha (gráfica 2.37).

GRÁFICA 2.36. INCENDIOS REGISTRADOS ENTRE 1991-2001



Fuente: SEMARNAT 2003d.

MAPA 2.28. PORCENTAJE DE VEGETACIÓN NATURAL AFECTADA POR INCENDIOS FORESTALES POR ENTIDAD FEDERATIVA



Nota: los valores se calcularon como el cociente entre la superficie afectada y la superficie total de vegetación natural remanente del estado durante ese año.

Fuente: SEMARNAT 2003d.

Dentro de los factores naturales que facilitan el ataque de plagas están los fenómenos meteorológicos como las sequías, los huracanes y las nevadas. Sin embargo, las actividades humanas también facilitan el ataque, ya que con el pastoreo no regulado, 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 de plagas.

### Uso del suelo en la afectación de bosques

Otro aspecto relacionado directa o indirectamente con la degradación del bosque, ha surgido como consecuencia de las políticas y estrategias de desarrollo en México que, históricamente, se han enfocado casi exclusivamente al valor comercial de los bosques para madera o su conversión para cultivos agrícolas y de uso ganadero. Las políticas e incentivos agrícolas, el sistema de tenencia de la tierra y las políticas comerciales y de mercado desalentaron el uso racional de los recursos. Se han ignorado los valores ambientales y sociales, así como el potencial comercial de los productos no tradicio-

nales, a pesar de que la combinación de estos valores supera el valor asignado a los productos maderables y no maderables.

Las anteriores políticas agrícolas y de comercio favorecieron el uso de los bosques para la explotación de madera o la conversión de terrenos forestales a pastizales, terrenos agrícolas u otras actividades con ganancias de corto plazo. Los subsidios a productos agrícolas y ganaderos y a recursos acuíferos, conjuntamente con las barreras a las importaciones dentro y fuera del sector forestal, desalentaron el uso más racional del recurso. Además, se les dio a las industrias madereras acceso relativamente fácil a las áreas de extracción extensiva de madera, con el fin de generar empleos y ganancias, y no se les incentivó a desarrollar sistemas de extracción sustentables (Banco Mundial-SEMARNAP 1993).

El sistema de tenencia de la tierra ha contribuido históricamente a la degradación de los bosques y a las áreas naturales, debido a que el sistema favorece la asignación de parcelas agrícolas y ganaderas sobre aquellas con cubierta forestal. Además, los linderos entre las áreas forestales federales y las pertenecientes a ejidos y comunidades indígenas, en muchos casos son indefinidos, lo que ocasiona que la tenencia de la tierra sea incierta y provoca el desaliento en los ejidos y comunidades a la atención de las tierras para la conservación o protección de

GRÁFICA 2.37. SUPERFICIE EN HECTÁREAS POR PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES, 1990-2001



Fuente: SEMARNAT 2003d.

los bosques. Aunque aproximadamente el 80% de los bosques y áreas naturales son propiedad de comunidades y ejidos, históricamente la mayor parte de estas tierras no han estado sujetas a manejo, con excepción de los bosques indígenas (SEMARNAP 1996). Al estar subvaloradas las actividades forestales, el bosque, no fue por mucho tiempo, una prioridad de las comunidades, lo que ocasionó una degradación progresiva de los recursos debido a la tala desmedida de árboles, aun en áreas que cuentan con una administración comercial. A pesar de esto los ejidos y comunidades se interesan en una mejor administración de sus recursos forestales, sin embargo, carecen de apoyo técnico para manejar los recursos de forma sustentable. Esto provoca que exista una desconfianza mutua entre las industrias forestales, los ejidos y comunidades que impide la realización de proyectos conjuntos que permitieran el acceso al capital y a la tecnología.

### Usos de la biodiversidad

El manejo de productos no maderables por las comunidades, es parte del uso tradicional del bosque, sin embargo las presiones actuales y las demandas de los mercados obligan a las propias comunidades a desarrollar métodos de control formal sobre la distribución y manejo de los recursos. Aproximadamente 5 mil especies de flora están sujetas a algún tipo de aprovechamiento y se conocen más de 250 productos no maderables que incluyen hojas, frutos, rizomas, resinas, gomas, ceras, cortezas y hongos. Se puede decir que la mayoría de las plantas domesticadas en México tienen un uso alimenticio, pero más de 40 especies han sido domesticadas para otros usos como son el ornamental, la fabricación de textiles y utensilios (Hernández-Xolocotzi 1993) (gráfica 2.38). En México la medicina tradicional es una práctica muy difundida, de la cual se obtienen ingresos extras de bosques o selvas, ya sea mediante su comercialización directa o mediante convenios para la prospección de fármacos (UNOFOC 1997). Para toda la República se tiene el registro de 22 etnias y 52 organizaciones que usan los recursos naturales como parte de su medicina tradicional (CONABIO 1998).

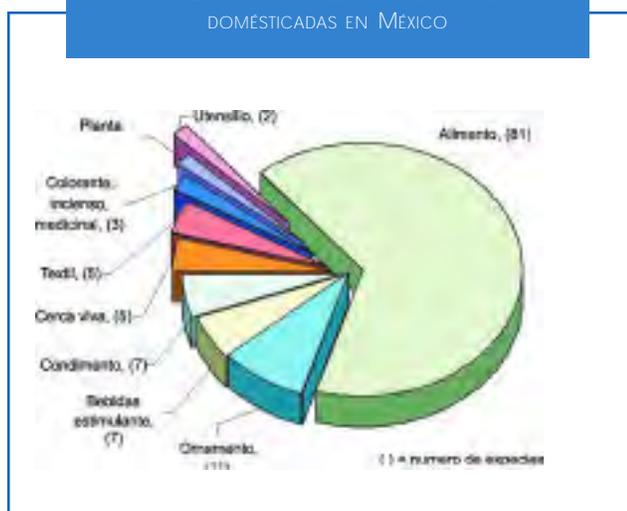
La fauna silvestre mexicana ha tenido una gran importancia en la cultura y la economía de nuestra sociedad. La multiplicidad de sus usos y valores ha va-

riado según el tiempo, el espacio y los grupos étnicos. La fauna silvestre en el país es aprovechada de distintas maneras, las más comunes son la cacería de subsistencia (para alimentación doméstica), la deportiva, la de control de plagas y la cacería ritual (practicada por grupos indígenas para la reafirmación y preservación de las tradiciones que forman parte de su cultura).

Se estima que en algunas de las regiones rurales de México la proteína animal de origen silvestre contribuye hasta con 70% de la ingesta proteica humana, significando un importante complemento a la dieta de la población (CONABIO 1998). El consumo de invertebrados, también es una práctica común, cuya captura en ciertos casos, está ligada a asuntos de carácter religioso, de uso en la medicina tradicional, o bien como alimento. Los insectos se consumen desde la época prehispánica. Se estima que aproximadamente 398 especies de estos invertebrados son comestibles (Elorduy 1996).

La actividad cinegética ha cobrado creciente importancia en la conservación de la fauna silvestre. A diferencia de la cacería furtiva, los clubes y prestadores de servicios organizados, inciden de manera determinante en la valorización y cuidado de la fauna, ya que realizan actividades de fomento que se traducen en precios de mercado reales asignados a cada espécimen. El número de clubes de caza y cazadores, organizadores, gestores y consultores, ha crecido en relación directa con el aumento de la demanda de servicios para el aprovechamiento, principalmente cinegético. Hasta la temporada de

GRÁFICA 2.39. PRINCIPALES USOS DE LAS PLANTAS DOMÉSTICADAS EN MÉXICO



Fuente: Hernández X. 1993.

caza deportiva 1997-1998 se expidieron seis tipos de permisos que incluían todas las especies cinegéticas (SEMARNAT 2003d). 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 unidad de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA). Durante la temporada cinegética 1999-2000 se expidieron 51,347 permisos para caza deportiva que generaron ingresos por más de 14.6 millones de pesos. Se emitió un total de 26,117 permisos para la caza de aves, 17,591 para la de mamíferos (gráfica 2.39) y 7, 639 cintillos de cobro para especies de caza mayor (SEMARNAT 2002). Por lo que corresponde a 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 nueve millones de pesos (gráfica 2.40).

Otro uso de la fauna silvestre a nivel nacional, es la utilización de las pieles en la industria peletera. Para 1998 se tenían registradas un total de 434 empresas dedicadas al aprovechamiento de ejemplares, productos y subproductos de fauna silvestre nacional y exótica, de las cuales solamente 180 empresas se dedican al aprovechamiento y comercialización de pieles de fauna silvestre nacional y exótica, 101 son

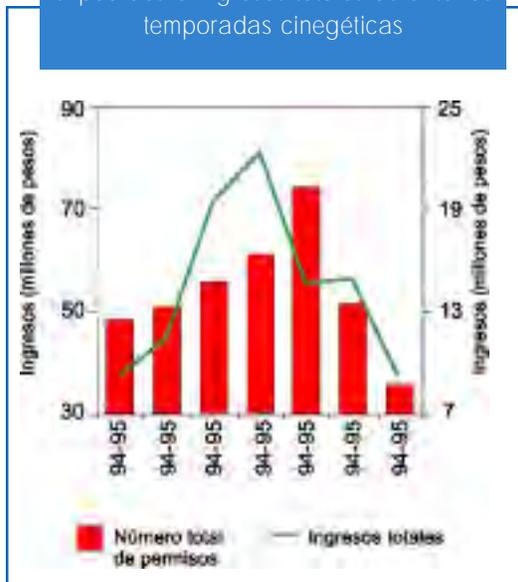
empresas importadoras, 26 empresas exportadoras y 53 empresas importadoras y exportadoras (CONABIO 1998).

La exportación de fauna a otros países es un comercio que genera grandes ganancias. El valor total de las exportaciones de vertebrados silvestres de México, de los años de 1982 a 1991, ascendió a la cantidad de \$107.7 mil millones (CONABIO 1998). Durante esos años México exportó vertebrados silvestres a 44 países, siendo los principales, por el valor económico de la exportación, los siguientes: Estados Unidos de América con 61%, Japón con 9% y Canadá con 6.5% (Pérez-Gil *et al.* 1996).

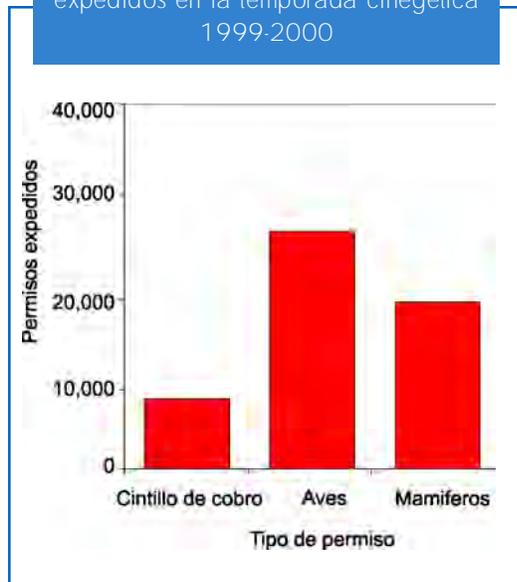
### Especies introducidas

Un factor importante de desequilibrio ambiental ha sido la introducción de especies exóticas, que es un factor adicional que afecta la permanencia y la estabilidad de las poblaciones silvestres locales, ya que un nuevo depredador competidor o un agente patógeno, puede poner en peligro rápidamente a especies nativas. En la mayoría de los casos, la introducción de especies en zonas a las que originalmente no pertenecen, se realiza sin ningún control y produce graves alteraciones en los ecosistemas. Cuando los nuevos territorios son islas,

Gráfica 2.39. Permisos de caza expedidos e ingresos totales durante las temporadas cinegéticas



Gráfica 2.40. Permisos de caza expedidos en la temporada cinegética 1999-2000



Fuente: SEMARNAT 2002.

las consecuencias son aún más acentuadas, pues frecuentemente no existen depredadores naturales que controlen el crecimiento de las poblaciones introducidas y las especies nativas son muy vulnerables al ataque de los nuevos depredadores, ya que no han desarrollado los mecanismos de defensa necesarios dado el aislamiento en el que han evolucionado.

En el noroeste de México existen cerca de 900 islas e islotes, incluyendo la península de Baja California y el Mar de Cortés. Las islas de esta región contienen una alta biodiversidad que incluye endémicos de varios niveles taxonómicos, constituyen áreas de reproducción de más de 30 especies de aves marinas, de cuatro especies de pinnípedos y de dos especies de tortugas marinas, y que son el hogar de, al menos, 218 especies y subespecies endémicas de animales, entre los que se encuentran 81 reptiles, 45 aves terrestres y 92 mamíferos (INE 2003a). Aunque no existen en las islas poblaciones humanas permanentes, al menos 30% realizan algunas actividades económicas, como son la extracción de guano, yeso y sal, el establecimiento de campamentos temporales de pescadores y el turismo. Inevitablemente, la presencia humana en las islas tiene como consecuencia la introducción de especies. Ejemplo claro de la introducción de especies a islas son el caso de las Islas Guadalupe e Isabel en el Pacífico y de Cozumel en el Caribe (recuadro 2.8).

## Cambio climático

Otro factor de riesgo para la biodiversidad en México y en el mundo, son los efectos del inminente cambio climático global. Las consecuencias de estos cambios se relacionan con la pérdida y cambio en la distribución de los hábitats de las especies nativas. El aumento de gases de efecto invernadero (GEI) es uno de los factores que están determinando el cambio climático. En México 30.5% de estos gases está fuertemente relacionado con las actividades de cambio de uso del suelo que se asocian a su vez con procesos de deforestación. Con los cambios en los valores de temperatura y precipitación, se ha estimado que los tipos de vegetación más afectados en México serán los bosques templados, los bosques tropicales y los bosques mesófilos de montaña (Arriaga *et al.* 2002).

En México se realizan proyectos de simulación de escenarios de cambio climático con el fin de determinar las distribuciones potenciales de las especies indicadoras de cada uno de estos tipos de vegetación. Para tal efecto, se eligió el modelo de circulación general de la atmósfera HadCM2, el cual estima para México un aumento de la temperatura de entre +1.7 y +3.0 °C y una disminución de la precipitación de -10 a -365 mm. Los resultados preliminares indican mayor afectación a la biodiversidad en el bosque de

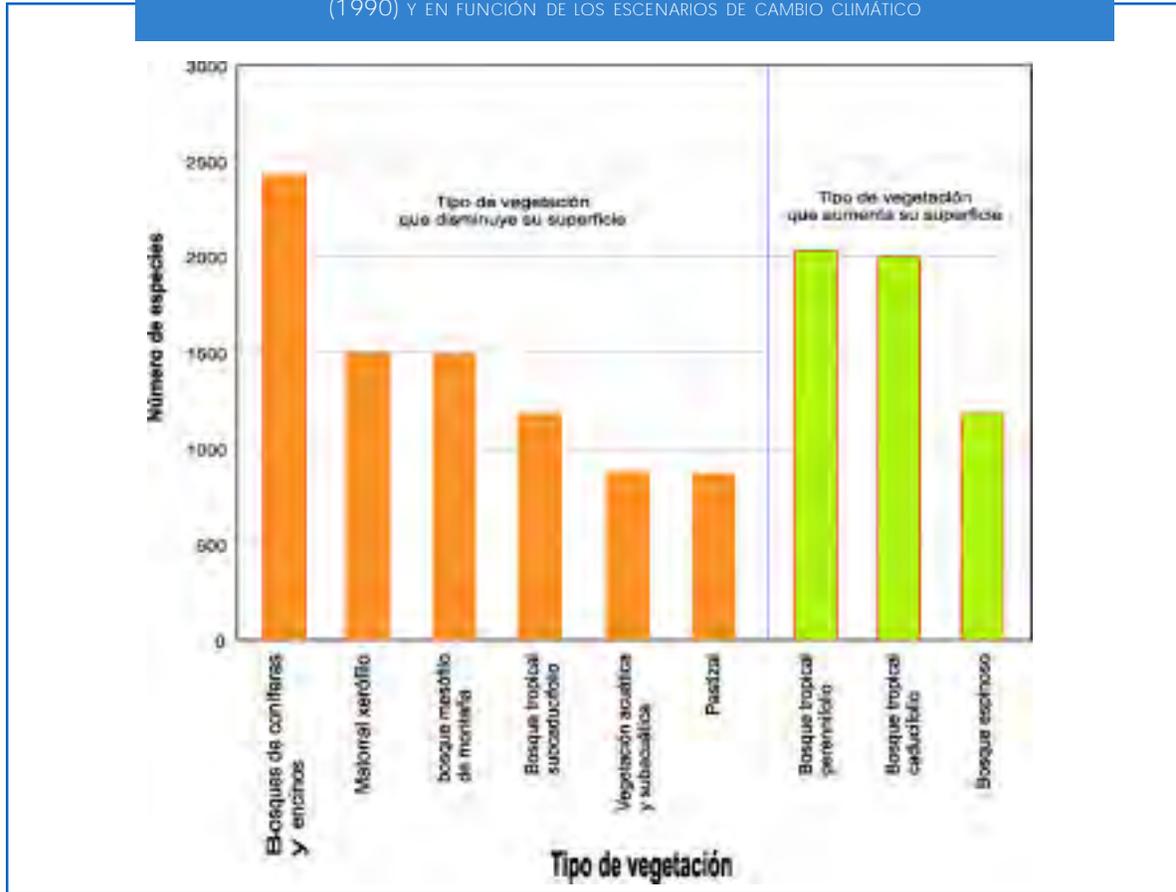
### RECUADRO 2.8. EJEMPLOS DEL EFECTO DE ESPECIES INTRODUCIDAS EN ISLAS

En la Isla Guadalupe, situada a 260 km de la costa occidental de la Península de Baja California, una población de cabras fue introducida a fines del siglo antepasado para abastecer de carne a los barcos balleneros que transitaban por allí. La ausencia de depredadores facilitó la expansión de las cabras, que ocuparon gran parte de la isla; alcanzando en algunos años hasta 30 mil individuos. Además de las cabras, en la Isla Guadalupe se han introducido gatos, convertidos ahora en depredadores voraces de aves (INE 2003a).

En la Isla Isabel situada en las costas del estado de Nayarit, las ratas y gatos fueron introducidos hace más de ocho décadas. Los gatos han alcanzado una de las densidades más altas en todas las islas del planeta, con 113 gatos por km<sup>2</sup> y han causado un grave impacto en las poblaciones de aves (CONABIO 1998).

En la Isla Cozumel, ubicada a 17.5 km de la costa norte del estado de Quintana Roo en el Caribe una población de Boa (*Boa constrictor*) fue introducida a la isla en 1971 convirtiéndose en el único depredador para muchas especies de la isla (Martínez-Morales y Cuarón 1999). Otros depredadores introducidos a la isla son los perros y gatos que a su vez pueden ser portadores de parásitos y enfermedades que pueden afectar a las poblaciones de carnívoros de la isla (Cuarón *et al.* 2004). Asimismo, se han introducido a la isla coatis (*Nasua nelsoni*) y mico de noche (*Potos flavus*) del continente llevados como mascota. Estos individuos pueden convertirse en la fuente de enfermedades introducidas a la isla que afecten a la población nativa (Cuarón *et al.* 2004).

GRÁFICA 2.41. RIQUEZA DE ESPECIES TOTAL SEGÚN LOS TIPOS DE VEGETACIÓN POTENCIAL DE RZEDOWSKI (1990) Y EN FUNCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO



Fuente: tomado de Arriaga *et al.* 2002.

coníferas, que alberga actualmente 1,800 especies, seguidos por el bosque tropical perennifolio con 1,400 especies, el matorral xerófilo con 1,300 especies, el bosque mesófilo de montaña con mil especies y la vegetación acuática y subacuática con 800 especies. Estos tipos de vegetación se verán desfavorecidos al disminuir su superficie actual. Por otra parte, los tipos de vegetación que aumentarán probablemente su superficie serán el bosque tropical caducifolio con 1,700 especies, el bosque tropical subcaducifolio con 1,100 especies, los pastizales con 800 especies y el bosque espinoso con 1,100 especies (Arriaga *et al.* 2002) (gráfica 2.41).

## Estado

### *Ecosistemas nativos*

#### *Diversidad de ecosistemas*

Debido a su ubicación latitudinal, en la República Mexicana se sobreponen y entrelazan dos grandes regiones biogeográficas: la neártica y la neotropical. A esto se suma una compleja historia geológica y una accidentada topografía, lo que explica la enorme variedad de condiciones ambientales que hacen posible la excepcional riqueza biológica de México.

Entre otros aspectos, México cuenta con una gran diversidad de ecosistemas. Esto se ve reflejado en la gran variedad de propuestas de zonificación del país. Según Toledo y Ordóñez (1993) el país cuenta con seis zonas ecológicas, estas son: 1) zona tropical cálido-húmeda, 2) zona tropical cálido subhúmeda, 3) zona templada húmeda, 4) zona templada subhúmeda, 5) zona árida y semiárida y 6) zona inundable o de transición mar-tierra (mapa 2.29).

Dicha clasificación se basa en el tipo de vegetación, el clima y algunos aspectos biogeográficos. Asimismo, según la CCA, CONABIO y WWF (1997) en el país se encuentran 51 ecorregiones. Esta clasificación se fundamenta en los tipos de vegetación así como en grandes unidades de relieve. Finalmente, la CONABIO definió que en el país existen 19 provincias biogeográficas agrupadas de acuerdo con el tipo general de su hábitat (mapa 2.30) (Arriaga *et al.* 2002).

#### Tipos de vegetación en México

De acuerdo con Rzedowski (1978), en el país existen nueve tipos de vegetación: bosque mesófilo de mon-

taña, matorral xerófilo, pastizal, bosque espinoso, bosque de coníferas y encinos, bosque tropical perennifolio, vegetación acuática y subacuática, bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio (mapa 2.31). En una reciente y novedosa propuesta para clasificar las comunidades vegetales de México, a partir del nivel de bioma, esto es, bosques, matorrales y herbazales, González-Medrano (2003) divide al país en las siguientes tres zonas climáticas: tropical, templada y zona árida y semiárida, dentro de las que distingue 64 tipos de vegetación o formaciones vegetales.

Algunos ecosistemas albergan una gran riqueza de especies en una superficie relativamente grande, como ocurre en el conjunto de los bosques templados de coníferas y encinos; otros contienen menos especies, pero aparecen en una superficie tan reducida que la densidad relativa es elevada, tal y como sucede en los bosques mesófilos. También México cuenta con ecosistemas que destacan por su endemismo, tal es el caso de los matorrales de zonas áridas.

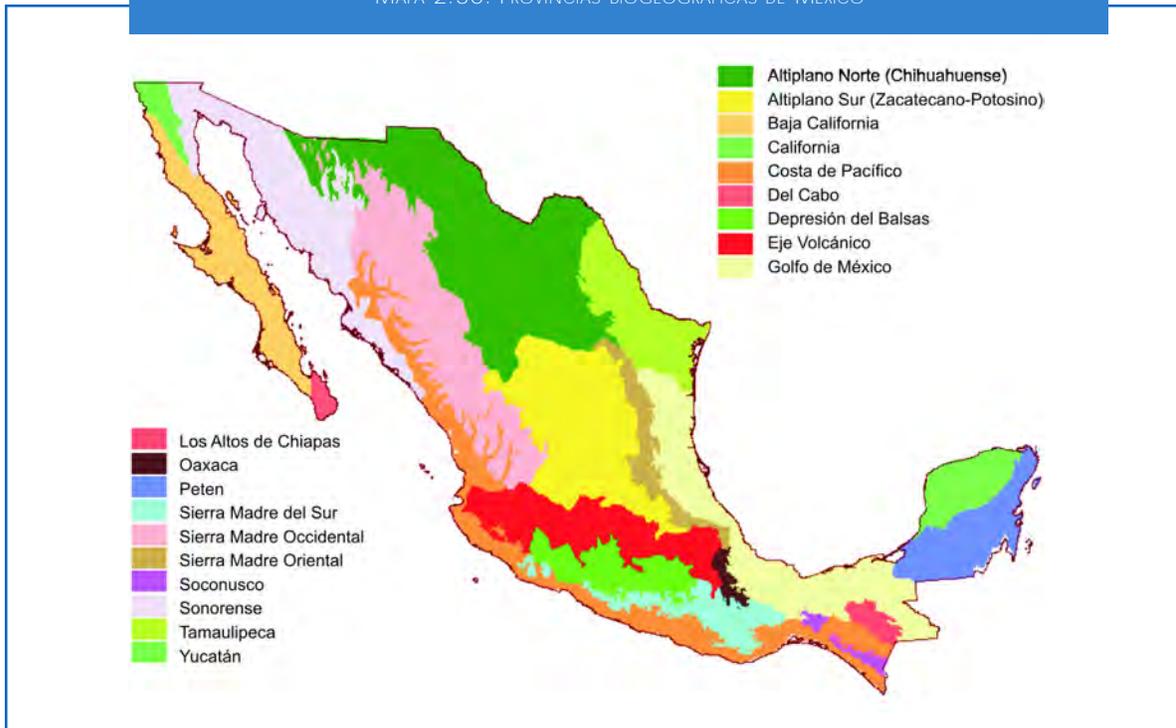
Para el caso de México la cobertura potencial por tipo de vegetación muestra que el matorral xerófilo cubría la mayor extensión del territorio, seguido por

MAPA 2.29. PRINCIPALES ZONAS ECOLÓGICAS DE MÉXICO



Fuente: CONABIO 1998.

MAPA 2.30. PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS DE MÉXICO



Fuente: Arriaga *et al.* 2002.

CUADRO 2.47. SUPERFICIE CUBIERTA POR TIPO DE VEGETACIÓN CON BASE EN RZEDOWSKI (1990)

Tipo de vegetación	Área (km <sup>2</sup> )	%
Bosque mesófilo de montaña	17,886.86	0.92
Matorral xerófilo	732,817.84	37.62
Pastizal	159,110.23	8.17
Bosque espinoso	113,029.04	5.80
Bosque de coníferas y encinos	376,812.29	19.35
Bosque tropical perennifolio	193,726.05	9.95
Vegetación acuática y subacuática	23,023.99	1.18
Bosque tropical caducifolio	268,220.30	13.77
Bosque tropical subcaducifolio	63,127.27	3.24
Total	1,947,753.87	100

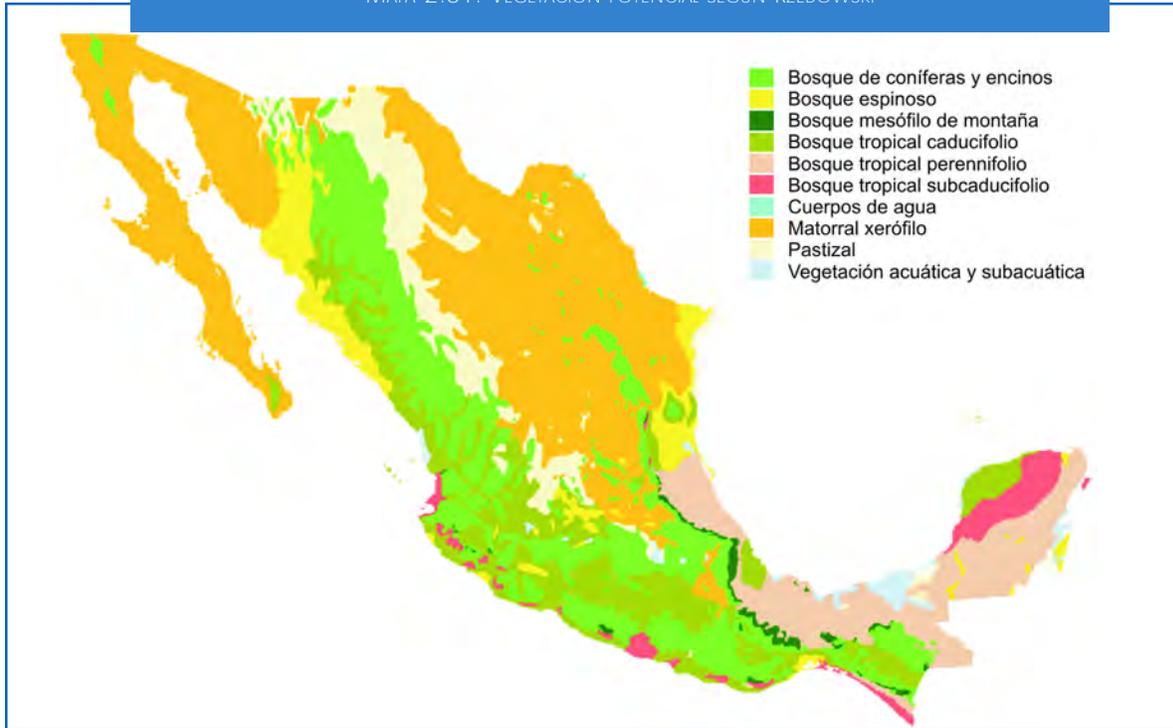
Fuente: CONABIO 1998.

los bosques de coníferas y encinos y por el bosque tropical caducifolio (cuadro 2.47).

El Inventario Forestal Nacional del año 2000, indica que actualmente los matorrales cubren la mayor proporción de la superficie del país con 28%, seguidos por los cultivos con 24%, las selvas 17%, los

bosques 15%, los pastizales con aproximadamente 10% y el resto lo cubren tres formaciones de menor proporción y otras coberturas (cuadro 2.48 y gráfica 2.42). A un nivel jerárquico menor el matorral xerófilo cubre la mayor superficie con el 27%, seguido por la agricultura de temporal, agricultura de riego y

MAPA 2.31. VEGETACIÓN POTENCIAL SEGUN RZEDOWSKI



Fuente: tomado de Arriaga *et al.* 2002.

CUADRO 2.48. ZONAS ECOLÓGICAS Y PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA FORMACIÓN EN MÉXICO

Formación	Superficie	
	km <sup>2</sup>	%
Cultivos	456,870	24
Bosques	328,507	17
Selvas	307,349	16
Matorral	554,518	28
Pastizal	188,473	10
Vegetación hidrófila	20,826	1
Otros tipos de vegetación	61,986	3
Otras coberturas	23,455	1
Total	1,941'984	100

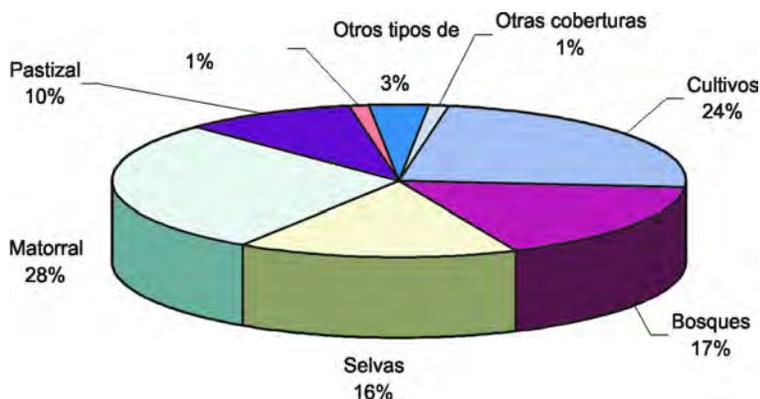
Fuente: Palacio-Prieto *et al.* 2000.

humedad, que juntas tienen más del 23%. La selva caducifolia y subcaducifolia presenta más del 10%, seguidos por las categorías de bosques templados, agricultura de riego, selva perennifolia y subperennifolia, y pastizales que van entre 2 y 7%. Por último,

el mezquital, el bosque mesófilo y las demás coberturas con superficies menores al 2% (gráfica 2.43).

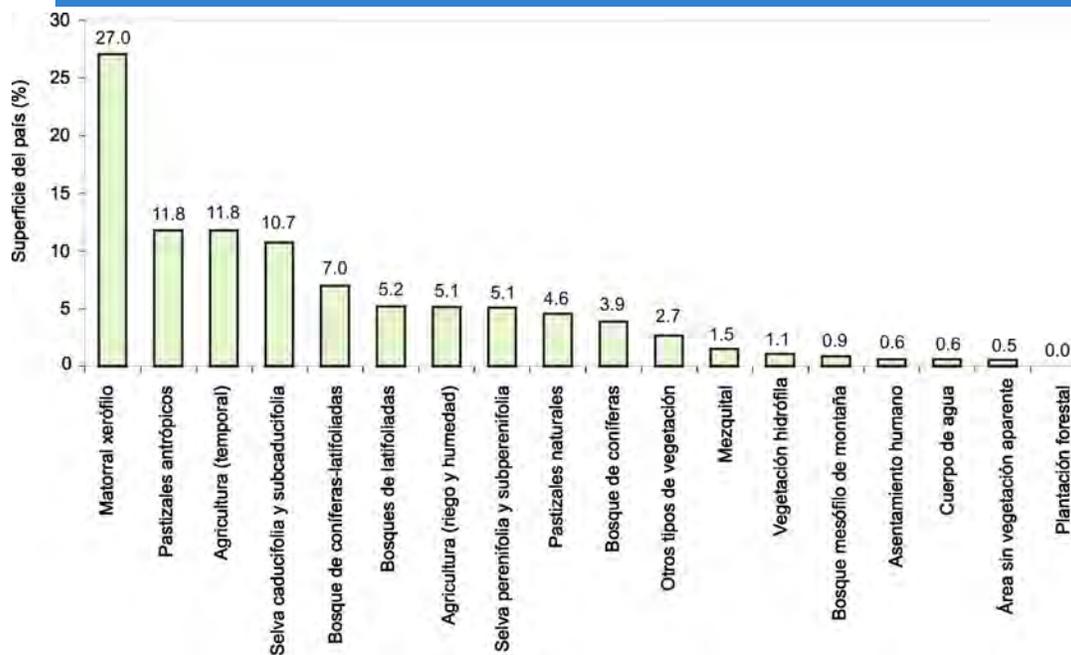
Los estados de Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz, se encuentran entre las entidades con mayor superficie de cultivos (en todos los casos una

GRÁFICA 2.42. PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA FORMACIÓN VEGETAL DE MÉXICO



Fuente: Palacio-Prieto *et al.* 2000.

GRÁFICA 2.43. SUPERFICIE RELATIVA DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO EN EL AÑO 2000



Fuente: Palacio-Prieto *et al.* 2000.

extensión superior a 20 mil km<sup>2</sup>). Entre los estados que mayor superficie de bosques y/o selvas poseen (áreas mayores a 30 mil km<sup>2</sup>) destacan Campeche, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Oaxaca y So-

nora (Palacio-Prieto *et al.* 2000). Por otra parte, las entidades que aún conservan vegetación natural en gran parte de su territorio son Coahuila, Yucatán, Quintana Roo y la península de Baja California.

A pesar de la transformación que se ha realizado de los ecosistemas, México todavía conserva una cobertura de vegetación natural de al menos 72% (Velázquez *et al.* 2002) (mapa 2.32), no obstante la calidad de esta cobertura en muchos sitios no es la adecuada, ya que una gran cantidad de ambientes se encuentran perturbados.

### Biodiversidad

México es extraordinariamente rico en su diversidad biológica. Es el país con más tipos de ecosistemas en todo Latinoamérica. Su territorio es ocupado entre el 10 y 12% de la biodiversidad mundial, y es uno de los centros de origen y domesticación del germoplasma alimentario. Su ubicación, dentro de dos provincias biogeográficas, su compleja topografía y la variedad de sus climas conforman un mosaico variado de condiciones ambientales que lo definen como un país megadiverso (Mittermeier *et al.* 1997).

Esta afirmación se demuestra al comparar las cifras nacionales de los registros de especies de los principales grupos, con respecto a las de otros países con alta biodiversidad (gráfica 2.44). Más de 4,500 especies de vertebrados, entre los que destacan 1,738 de peces marinos, 1,250 de aves, 797 de reptiles (que representan más del 12% de las especies conocidas en el planeta, de éstas 41% son endémicas), 522 de mamíferos (de los cuales 30% son endémicos) y 356 de anfibios (que presentan el mayor endemismo entre los vertebrados con el 50%), conforman parte de la riqueza biológica de México (Ceballos y Simonetti 2002, Flores-Villela y Marquez-Canseco 2003, Navarro 2002) (gráfica 2.45).

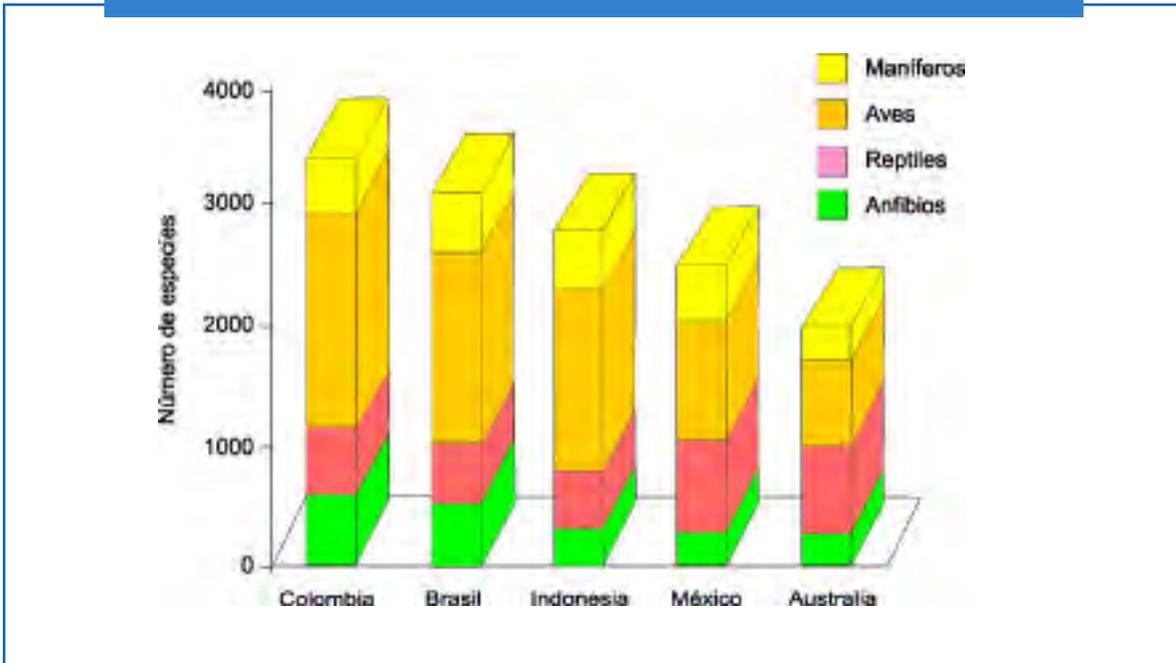
El número total de especies descritas es de casi 65,000, cifra muy por debajo de las más de 200,000 especies que, en una aproximación conservadora, se estima habitan en el país (CONABIO 1998). Estos datos generales son complementados cuando observamos la exclusividad que tiene el territorio para muchas especies. La presencia de endemismos en algunas plantas indica la posibilidad de que México puede

MAPA 2.32 COBERTURA VEGETAL DE MÉXICO EN EL AÑO 2000



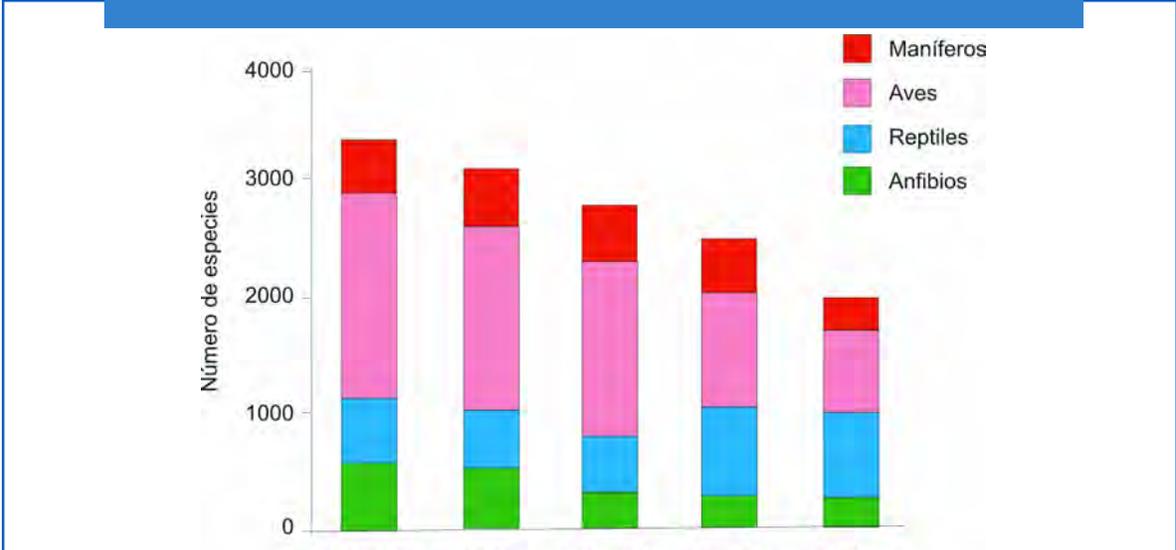
Fuente: Palacio-Prieto 2000.

GRÁFICA 2.44. DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MÉXICO CON RESPECTO A OTROS PAÍSES



Fuente: Arriaga *et al.* 2002.

GRÁFICA 2.45. DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MÉXICO



Fuente: CONABIO 1998.

ser el centro de origen y evolución de algunas familias de plantas.

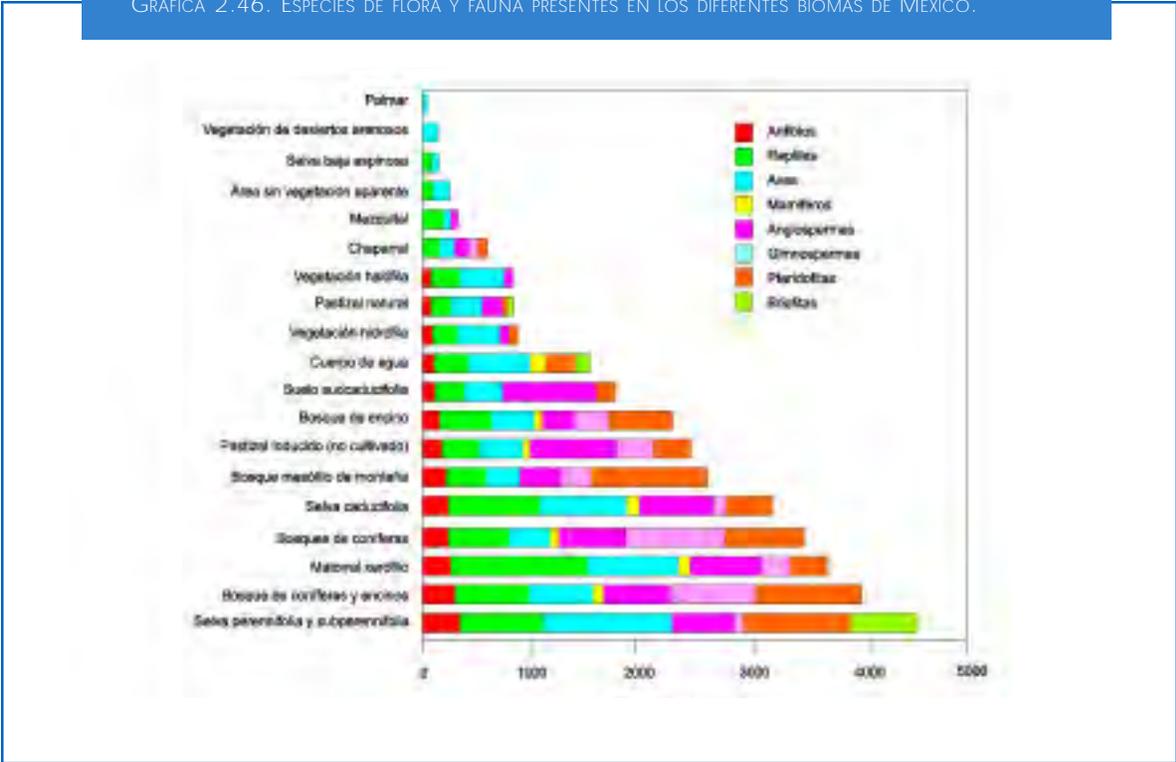
La distribución de los vertebrados en los diferentes biomas, muestra que la mayor concentración de especies se localiza en las selvas altas perennifolias, en su mayoría representados por reptiles, anfibios y aves, en los matorrales xerófilos, en las selvas caducifolias y en las selvas perennifolias y subperennifolias (gráfica 2.46). Para el caso de las plantas, la mayor concentración de especies inventariadas se localiza en los bosques de coníferas y encinos, en las selvas perennifolias y subperennifolias, en los bosques de coníferas y en los mesófilos de montaña, en ese orden (SEMARNAT 2003d).

La flora mexicana consta de más de 23,000 especies con un nivel de endemismo superior al 40%, entre las que destacan familias como las cactáceas con 850 especies y un endemismo del 84%; las orquídeas con 920 especies, de las cuales 48% son endémicas; y los pinos con 48 especies y 50% de endemismo (CONABIO 1998). 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.

Es también México el área más importante de migración invernal para muchas de las especies de aves provenientes de los Estados Unidos de América y Canadá, albergando 30% de todas las especies de aves de ambos países cada año, las cuales permanecen de seis a nueve meses en el país. Otras especies migratorias como mariposas, peces, ballenas, murciélagos y tortugas pasan por el país estacionalmente. La mariposa monarca, *Danaus plexippus*, es el insecto más importante que emigra de norte a sur cada año, arribando una población estimada en 200 millones de mariposas que se agrupan en 30 colonias ubicadas en pequeñas áreas de bosque de oyamel en la región del eje neovolcánico transversal. Las ballenas que se reproducen en Ojo de Libre y Laguna San Ignacio, en la península

GRÁFICA 2.46. ESPECIES DE FLORA Y FAUNA PRESENTES EN LOS DIFERENTES BIOMAS DE MÉXICO.



Fuente: SEMARNAT 2003.

de Baja California, son ejemplos adicionales de estos recursos compartidos internacionalmente.

### Recursos forestales

Las áreas forestales de México cubren aproximadamente el 72% del territorio nacional, equivalente a 141.7 millones de hectáreas. De éstas, 56.8 millones corresponden a la superficie arbolada constituida por bosques y selvas, representando más del 25% de la superficie nacional (Palacio-Prieto *et al.* 2000).

El Inventario Nacional Forestal de gran visión 1991 estimó un volumen total de madera en áreas forestales de 2,799 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales cerca de 1,000 millones corresponden a recursos forestales tropicales. El incremento anual de bosques templados (fuente de 95% de la madera industrial de

México) ha sido calculado en 25 millones de m<sup>3</sup> por año (SARH 1992). Extrapolando los datos de volumen en pie para el trópico puede estimarse un incremento anual en los bosques tropicales de 13.5 millones de m<sup>3</sup>, lo que combinado con el rendimiento en los bosques templados resulta un total de 38.7 millones de m<sup>3</sup> para todo el país. El Inventario Nacional Forestal periódico más reciente data de 1994. De acuerdo con este inventario en México había para ese año 1,831 millones de metros cúbicos de madera en rollo en los bosques y 972 millones en selvas. Los tipos de vegetación con más cantidad de madera son los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas (65%), las selvas altas y medianas (35%) (SEMARNAT 2003d). Los bosques de coníferas son la vegetación más rica en cuanto a la cantidad de madera por unidad de superficie (más de 103 m<sup>3</sup> por hectárea) (SEMARNAT 2003d).

CUADRO 2.49. SUPERFICIE DE PLANTACIONES ESTABLECIDAS EN MÉXICO CON FINES COMERCIALES AL AÑO 2002

Objetivo/producto	Nombre científico	origen	Turno	Superficie plantada (ha)
Celulósicos	<i>Eucalyptus grandis</i>	E	7-10 años	20,000
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	E	7-10 años	
	<i>Eucalyptus</i> spp	E	10-12 años	
	<i>Eucalyptus globulus</i>	E	7-10 años	
	<i>Gmelina arborea</i>	E	8-10 años	
	<i>Mela azederach</i>	E	8-10 años	
	<i>Pinus caribaea</i>	E	0-12 años	
	<i>Pinus caribaea</i>	E	15-20 años	
	<i>Tectona grandis</i>	E	5-20 años	
	<i>Eucalyptus globulus</i>	E	10-12 años	
	<i>Pinus</i> spp	N	12-15 años	
Madera aserrada	<i>Cederla odorata</i>	N	20-25 años	25,000
	<i>Swietenia macrophylla</i>	N	20-25 años	
	<i>Tabebuia rosea</i>	N	20-25 años	
	<i>Pinis</i> spp	N	20-25 años	
Tableros aglomerados y contrachapados	<i>Eucalyptus</i> spp	E	10-12 años	4,000
	<i>Pinus caribaea</i>	E	20-25 años	
	<i>Eucalyptus</i> spp	E	10-15 años	
	<i>Cederla</i> spp	N	3-4 años	
	<i>Cederla odorata</i>	N	30-35 años	
	<i>Swietenia macrophylla</i>	N	30-35 años	
Árboles de navidad	<i>Charnaecyparis</i> spp	E	3-4 años	1,000
	<i>Pinus ayacahuite</i>	N	5-8 años	
	<i>Pinus cembroides</i>	N	5-8 años	
	<i>Pinus radiata</i>	E	5-8 años	
	<i>Abies religiosa</i>	N	7-10 años	
Total				50,000

E = exótica. N = nativa. Los datos que se presentan corresponden al 2002.  
Fuente: SEMARNAT 2003b

El Inventario Nacional Forestal 2000 reporta 255.6 km<sup>2</sup> de plantaciones forestales (Palacio-Prieto *et al.* 2000). Estimaciones del Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales comerciales (PRODEPLAN) reportan una superficie total de 500 km<sup>2</sup> a finales del año 2002 (SEMARNAT 2003b). Esta superficie plantada incluye especies introducidas y de origen nacional (cuadro 2.49). Asimismo, existe información de programas nacionales de reforestación que se han hecho con fines de restauración y conservación. La superficie plantada que se calcula es del orden de 71 mil hectáreas, sin embargo, no existe un inventario confiable de áreas existentes. En cuanto al volumen existente en plantaciones, éste se calcula en alrededor de 2.5 millones de metros cúbicos en desarrollo, puesto que la gran mayoría de las superficies plantadas aún están lejos de entrar en fase de cosecha final (SEMARNAT 2003b).

Las áreas forestales representan un recurso de gran importancia para el país, además de ser un reservorio de servicios ambientales para el mundo. Las áreas forestales tienen una gran importancia desde el punto de vista biológico, ya que son ecosistemas depositarios de especies, resguardadores de material genético y proveedores de servicios para el hombre. Ambientalmente son elementos estabilizadores de suelos, importantes componentes para la regulación de los ciclos hidrológicos, moderadores climáticos, así como importantes sitios de captura de carbono. En los sectores rurales son fuente de una amplia gama de productos de subsistencia y de intercambio comercial en un mercado tanto local como regional. Comercialmente los bosques son el origen de productos maderables y no maderables para consumo nacional o de exportación y además, la base para el turismo y las empresas de recreación.

## Impacto

### Deforestación y cambio de uso de suelo

La deforestación o degradación de la cubierta vegetal se refiere a la remoción o destrucción de la vegetación existente en un área determinada (PNUMA 2003b). México muestra una de las tasas de deforestación más altas a escala mundial (OCDE 2003). A pesar de contar todavía con una gran extensión de zonas boscosas, las áreas silvestres han disminuido considerablemente en las últimas cinco décadas y los bosques se han reducido hasta en 50%, concentrándose la mayor deforestación en el trópico húmedo (Velázquez *et al.* 2002). No existe duda de que la continua deforestación, estimada conservadoramente en 7 mil km<sup>2</sup> por año (de las cuales 5,100 eran bosque tropical), está eliminando parte importante del patrimonio natural (Velázquez *et al.* 2002). Al comparar los datos de los tipos de vegetación potencial con el Inventario Forestal Nacional del año 2000 (Palacio-Prieto *et al.* 2000), se observa que la mayor pérdida de cobertura vegetal se presentó en el matorral xerófilo con el 11% seguido por la selva caducifolia y subcaducifolia, la selva perennifolia y subperennifolia y el bosque de coníferas y encinos con el 6%, 5% y 3% respectivamente (cuadro 2.50).

De acuerdo con la FAO (FAO 2003b), en 1990 la superficie total de bosques en México era de 61.5 millones de hectáreas, para el año 2000 la superficie disminuyó a 55.2 millones. Estas cifras indican que la disminución anual de bosques en una década, fue de 631 mil hectáreas (disminución anual de 1.1%). De acuerdo con esta cifra, durante ese periodo se perdieron 5.5 millones de hectáreas de bosques y selvas (785 mil hectáreas por año).

En los últimos 30 años los cambios en la cobertura del terreno muestran dos tendencias: las coberturas con vegetación predominantemente primaria tienden

CUADRO 2.50. PERDIDA DE COBERTURA VEGETAL RESPECTO A LA COBERTURA POTENCIAL

Tipo de Vegetación	Potencial en %	INF 2000 en %	Perdida en %	Perdida en km <sup>2</sup>
Bosque de Coníferas y Encinos	19.35	16.03	3.32	65,661.58
Bosque Mesófilo de Montaña	0.92	0.89	0.03	530.68
Matorral Xerófilo	37.62	27.05	10.57	207,545.08
Selva Caducifolia y Subcaducifolia	17.01	10.72	6.29	123,133.25
Selva Perennifolia y Subperennifolia	9.95	5.10	4.85	94,591.42
Pastizal	8.17	9.71	+ 1.54	
Vegetación Acuática y Subacuática	1.18	1.07	0.11	2,198.15

Fuente: tomado de Palacio-Prieto *et al.* 2000.

a decrecer y la tasa de pérdida de éstas se acentúan en la última década. Al contrario, las coberturas producto de la acción humana, como los cultivos y pastizales inducidos o cultivados, tienden a incrementarse (Velázquez *et al.* 2001) (gráfica 2.47). La tasa de cambio difiere entre distintos periodos, sin embargo las selvas son el tipo de vegetación con mayor tasa de cambio, seguidas por la vegetación hidrófila y por los pastizales naturales (Velázquez *et al.* 2001) (gráfica 2.48). Las tendencias de cambio actual indican que las selvas son los ecosistemas que presentan mayor probabilidad de cambiar a pastizales (13%) y a cultivos (10%), seguidos por la vegetación hidrófila, cuya probabilidad de convertirse en pastizal es de 11% y por último, los bosques con una probabilidad de 7% para pastizales y 4% a cultivos (Velázquez *et al.* 2002) (figura 2.4).

Esta pérdida de cobertura vegetal está conduciendo a la conversión de terrenos forestales a terrenos con usos menos productivos y con externalidades ambientales negativas. El resultado de este proceso es una base forestal degradada y subutilizada que incluye la conversión de bosques y áreas naturales frágiles a usos agrícolas y ganaderos no sustentables, con pérdida de suelo y regímenes de humedad como resultado de la sobreexplotación de recursos maderables y no maderables

que se traduce en una disminución de la productividad del bosque y de las áreas naturales.

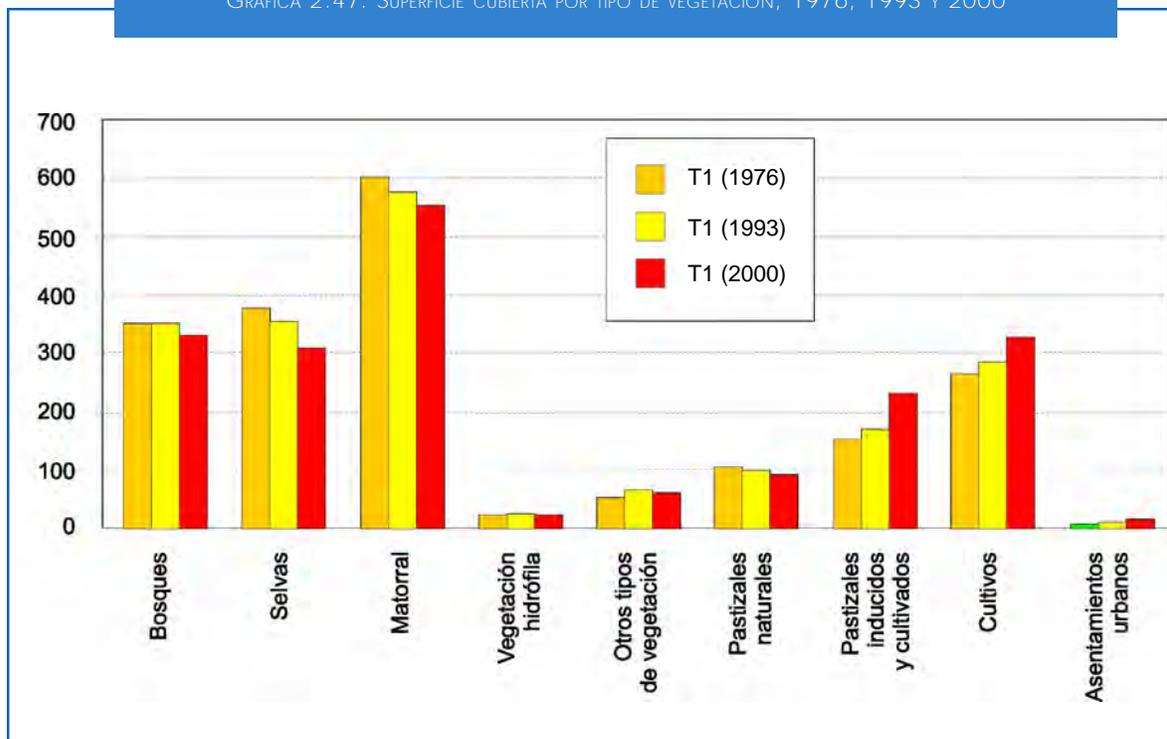
Los análisis de la dinámica en el cambio en el uso de suelo muestran que aún cuando se detuviera por completo el cambio en el uso de suelo por la ganadería o agricultura nuestros recursos se verían seriamente reducidos. Para detener este proceso sería necesario reducir en un 80% las actividades humanas ligadas a este deterioro (SEMARNAT 2003d)

## Pérdida de diversidad biológica

### Especies extintas

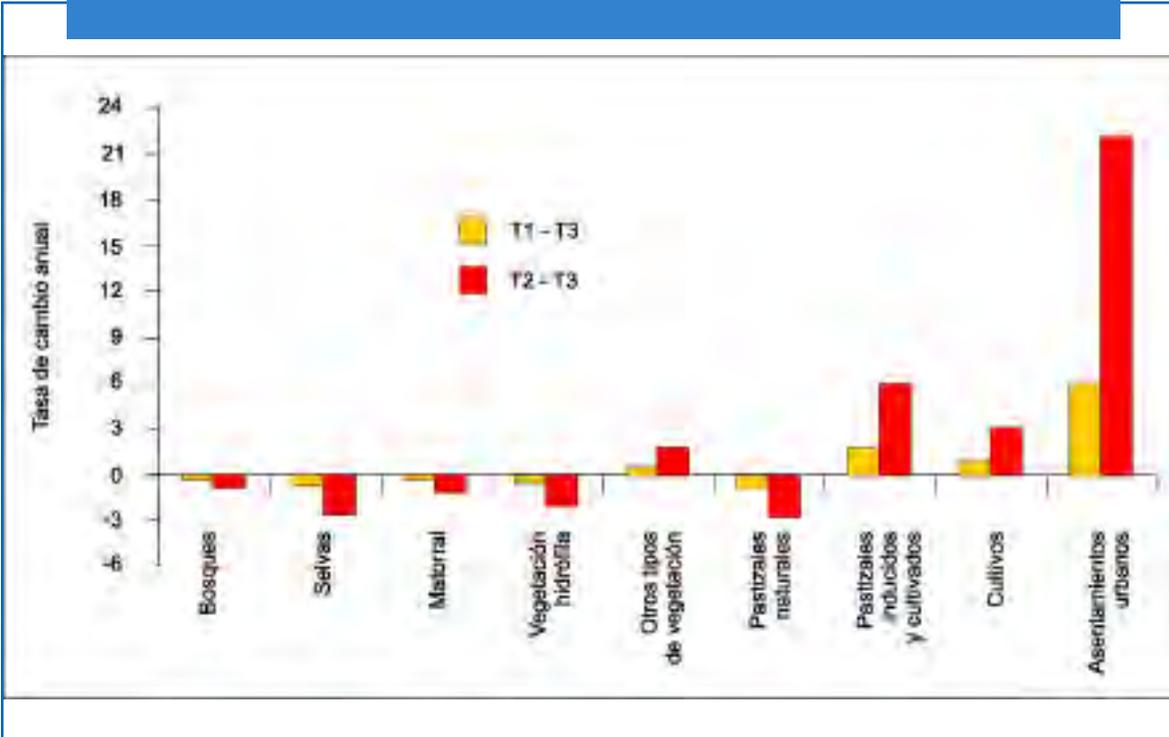
El mayor número de especies de vertebrados extintos o desaparecidos corresponde a peces de agua dulce, con al menos 19 especies. Con respecto a los anfibios y reptiles, sólo se tiene el registro de una especie extinta de anfibio, mientras que para los reptiles no se ha reportado ninguna extinta. Las aves son otro grupo de vertebrados muy afectado, ya que se tiene documentada la extinción o desaparición de ocho especies debido, en su mayor parte, a la cacería, a la destrucción de sus hábitats y a la introducción de especies

GRÁFICA 2.47. SUPERFICIE CUBIERTA POR TIPO DE VEGETACIÓN, 1976, 1993 Y 2000



Fuente: Velázquez *et al.* 2001.

GRÁFICA 2.48. TASA DE CAMBIO ANUAL PARA DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN, 1976-1994 Y 1974-2000



Fuente: Velázquez *et al.* 2001.

exóticas. Desde 1600 a la fecha, se ha registrado la extinción de 15 especies de plantas y 32 de vertebrados (cuadro 2.51), que representan el 5.2% de las extinciones del mundo de los últimos 400 años (CONABIO 1998). Asimismo, la NOM-059-SEMARNAT-2001 incluye 30 especies dentro de la categoría “probablemente extinta en medio silvestre” (gráfica 2.49). En esta categoría se incluyen todas aquellas especies nativas de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de los cuales se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano (SEMARNAT 2002a).

Se calcula que 75% de las 484 especies registradas como extintas en el mundo desde el siglo XVII hasta la fecha, han sido especies endémicas de islas (WCMC 1992), cuya extinción en 67% de los casos se debe completa o parcialmente a especies introducidas (Diamond 1989).

Aunque sólo el 2% de las aves endémicas continentales a México se consideran extintas, cuando se analiza específicamente el caso de las aves endémicas de islas, la proporción aumenta con una

estimación de especies extintas del 12%. Asimismo, menos de 1% de las especies y subespecies de mamíferos continentales se encuentran probablemente extintos, mientras que 20% de los mamíferos

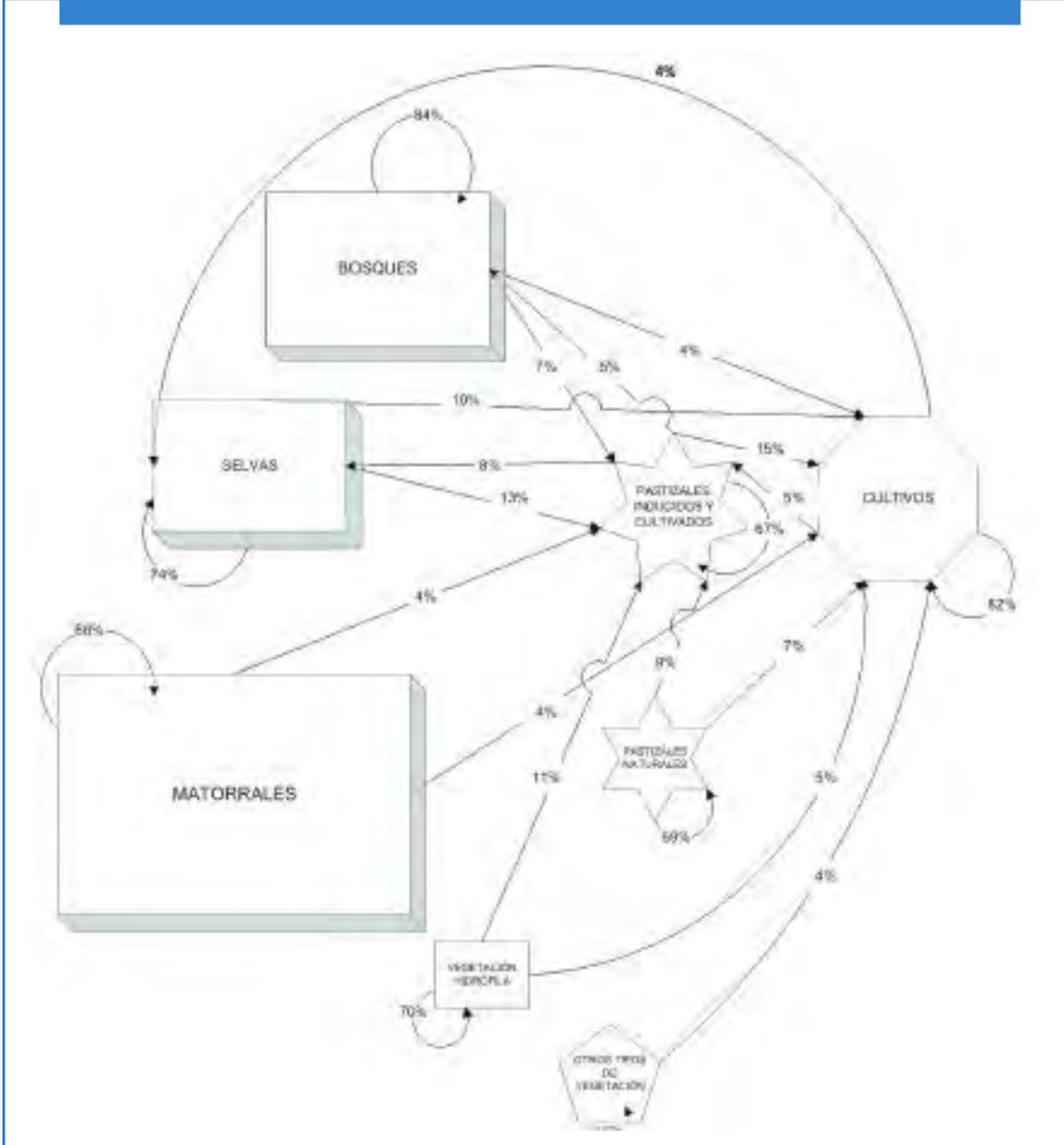
CUADRO 2.51. NÚMERO DE ESPECIES DE PLANTAS Y VERTEBRADOS QUE SE HAN EXTINGUIDO DESDE EL AÑO 1600 EN EL MUNDO Y EN MÉXICO

Grupo	Especies extintas	
	Mundo	México
Plantas	595 <sup>1</sup>	15 <sup>2</sup>
Peces	923	19 <sup>3</sup>
Anfibios	5 <sup>3</sup>	1 <sup>4</sup>
Reptiles	21 <sup>3</sup>	0 <sup>4</sup>
Aves	108 <sup>3</sup>	8 <sup>5</sup>
Mamíferos	89 <sup>3</sup>	4 <sup>5</sup>
Total	910	47

1. WCMC 1992. 2. Vovides y Medina 1994. 3. UICN 1996. 4. UICN 1998. 5. Ceballos 1993.

Fuente: CONABIO 1998.

FIGURA 2.4. PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN ENTRE LAS DIVERSAS FORMACIONES PARA EL PERIODO 1976 Y 2000



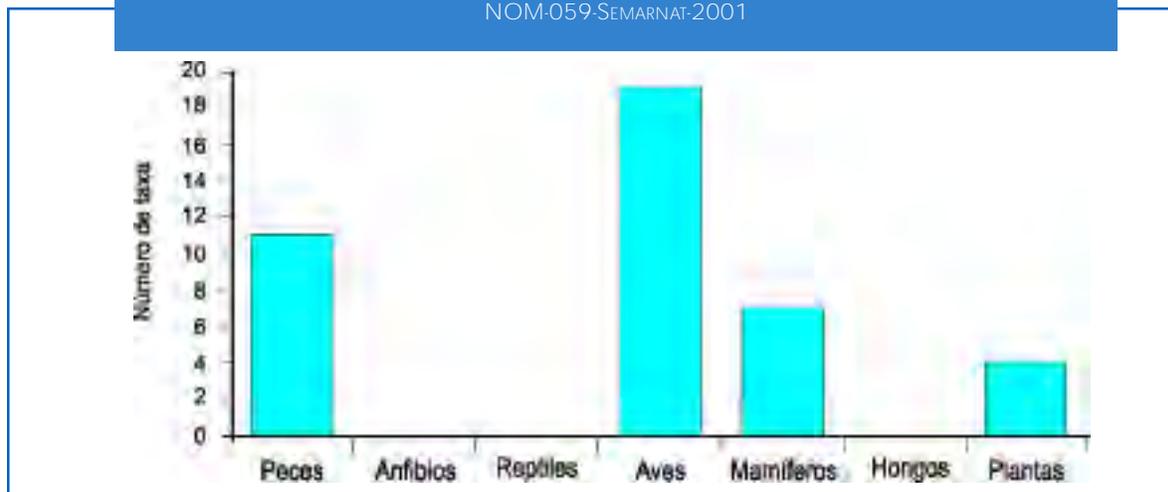
Fuente: Velázquez *et al.* 2002.

endémicos de islas mexicanas han desaparecido (Sánchez *et al.* 2000).

En la isla Guadalupe las cabras han acabado con gran parte de la vegetación original de la isla y su presencia es la principal causa de la extinción del enebro endémico *Juniperus californica* y de la dramá-

tica reducción de la población de encino (*Quercus tormentella*), también endémico. Desde 1900, 26 especies de plantas vasculares se han extinguido, cinco de las cuales eran endémicas, y muchas más están severamente amenazadas (INE 2003a). El petrel de Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*) y el cara-

GRÁFICA 2.49. ESPECIES DENTRO DE LA CATEGORÍA PROBABLEMENTE EXTINTA EN MEDIO SILVESTRE SEGÚN LA NOM-059-SEMARNAT-2001



Fuente: SEMARNAT 2001b.

cara (*Polyborus lutosus*), ambos endémicos de la isla, se consideran extintos. También podrían estar extintas las subespecies endémicas de pájaro carpintero y de reyezuelo (Jehl y Everett 1985). El petrel de Guadalupe fue visto por última vez en 1912, en 1988 se reportaron entre 35 y 45 individuos del junco de Guadalupe (Howell y Webb 1992) pero sólo dos en 1989 (Mellink y Palacios 1990). La subespecie endémica de gorrión mexicano se encuentra en una situación similar a la del junco (Howell y Webb 1992).

De las varias especies de aves que anidan en la isla Isabel, la más afectada es la pericota (*Sterna fuscata*), que al anidar en el suelo es presa fácil. A consecuencia de los gatos, los nidos de estas aves se han reducido de 150 mil a 1000 en tan sólo 13 años (Valverde 1996 en CONABIO 1998).

En la isla Cozumel la población introducida de *Boa constrictor* puede estar poniendo en riesgo de extinción a diversas especies de vertebrados, entre ellos a los carnívoros endémicos de la isla: el coatí de Cozumel (*Nasua nelsoni*) y el zorrillo pigmeo (*Procyon pygmaeus*) (Cuarón *et al.* 2004).

### Especies amenazadas

En México, 2,541 taxa (incluye 2,221 especies y 320 subespecies) se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo (sin incluir las especies probablemente

extintas en medio silvestre). De estos taxa, 372 están en la categoría de mayor amenaza (en peligro, P), 841 en la de menor amenaza (amenazadas, A) y 1,328 sujetas a protección especial (Pr). Sin incluir a los invertebrados, el 55% de los taxa son endémicos al país. Once taxa de invertebrados son endémicos al país, cuatro no son endémicos y para 31 taxa no se indica su distribución (gráfica 2.50) (SEMARNAT 2002a).

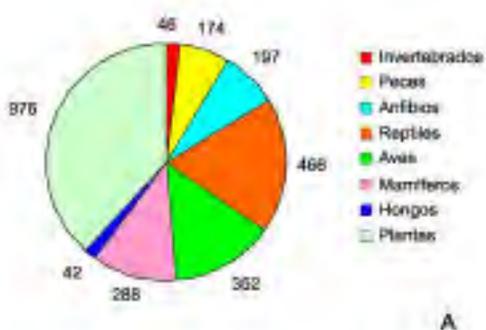
Si bien estos son los datos oficiales para el país, es importante resaltar que es posible que existan más especies en peligro de extinción, las cuales apenas se conocen y, por lo tanto, no se tiene información para evaluar su estado de conservación en el país.

De las especies con distribución en México, las Listas Rojas de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza, se listan 21 taxa como extintos, ocho extintos en estado silvestre y 547 taxa en alguna categoría de amenaza (este dato no incluye a las especies en la categoría de menor riesgo (LR). Si bien estos listados contienen a las especies amenazadas globalmente, nos pueden dar una idea de cómo se encuentran las especies en el país. De estas especies, 101 se consideran en peligro crítico, 173 en peligro y 273 vulnerables (figura 2.5) (UICN 2003a).

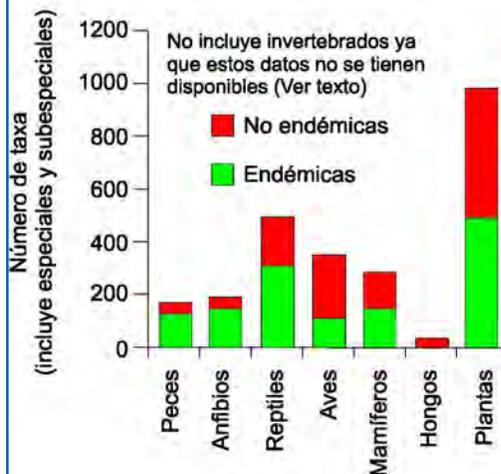
Muchas especies se encuentran amenazadas por el comercio internacional, 2,706 especies se encuentran dentro de los apéndices I y II de CITES (cuadro 2.52).

GRÁFICA 2.50. ESPECIES ENLISTADAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2001

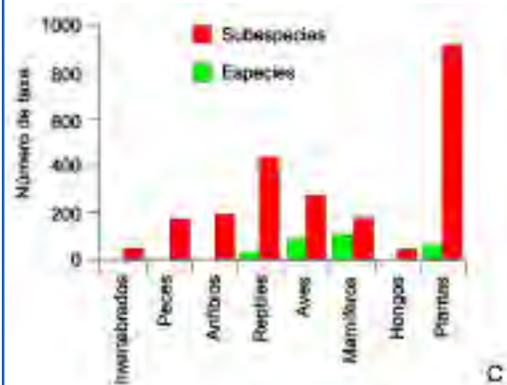
A. CANTIDAD DE TAXA ENDEMICOS Y NO ENDEMICOS



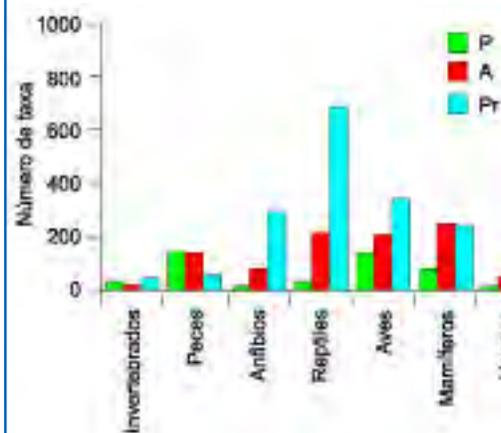
B. CANTIDAD DE ESPECIES Y SUBESPECIES ENLISTADAS



C. CANTIDAD DE ESPECIES Y SUBESPECIES ENLISTADAS

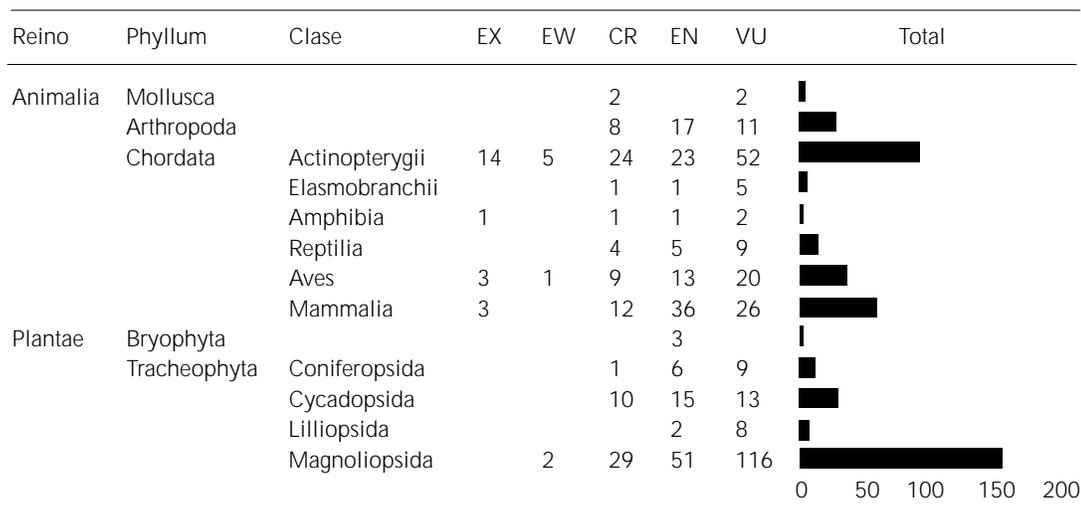


D. CANTIDAD DE TAXA POR CATEGORÍA DE RIESGO



Fuente: SEMARNAT 2001b.

FIGURA 2.5 NÚMERO DE ESPECIES CON DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO DENTRO DE ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO EN LA LISTA ROJA DE LA IUCN



Sólo se incluyen los grupos taxonómicos que contienen alguna especie en la Lista Roja

Las categorías de amenaza son: EX = Extinta; EW = Extinta en estado silvestre; CR = En Peligro Crítico; EN = En Peligro; VU = Vulnerable.

No se incluyen las especies en categorías de menor riesgo (LR).

CUADRO 2.52. NÚMERO DE ESPECIES MEXICANAS ENLISTADAS EN CITES (SÓLO APÉNDICE I Y II)

	Apéndice I	Apéndice II
Plantas	70	433
Animales	103	2,100

### Captura de carbono

Uno de los aspectos de importancia que justifica el mantener las masas forestales de buena calidad es la capacidad que tiene la biomasa forestal y de la materia orgánica para capturar carbono y con esto contrarrestar el calentamiento global. En algunos países se ha utilizado capital internacional y nacional para ayudar a financiar la conservación de sus bosques, por medio de la captura de carbono; México es signatario de la Convención Marco de Cambio Climático que fomenta la inversión internacional para la captura de carbono. Aunque México recibe algo de capital internacional para financiar este valor ambiental, todavía tendrá que continuar invirtiendo en este rubro con sus propios recursos. El costo para la comunidad internacional y para México, al no conservar los bosques y no revertir los procesos de deforestación hace que estemos perdiendo una oportunidad de conseguir recursos económicos para sitios en donde los recursos que se recibirían por concepto de captura de carbono serían superiores al agrícola en tierras marginales.

### Respuesta

#### Valores ambientales de los bosques

Los bosques son importantes para la captura de carbono, la protección de las cuencas, la calidad y flujo de agua, la conservación de suelos, el turismo, así como la generación de productos farmacéuticos y genéticos, entre otros. La estimación del valor del bosque ha mejorado considerablemente durante los últimos años, sin embargo, aún falta mucho por hacer. Aunque estos valores varían en su importancia, son generalmente muy altos y pueden exceder el valor de la madera en pie, aunque no siempre en términos económicos o de ingresos en efectivo ( cuadro 2.53).

CUADRO 2.53. VALOR ESTIMADO DE LOS BOSQUES DE MÉXICO

Tipo de bosque	Área (millones de ha)	Productos forestales maderables	Valores (millones de dólares EE.UU./ha/año)				Total
			Carbono	Protección de cuencas	Valores de opción	PIB forestal	
Tropical perenifolio	9.7	\$330	\$100		\$6.4 ha/año		435
Tropical caducifolio	16.1		\$56				56
Templado coníferas	16.9		\$103				103
Templado caducifolio	8.8	\$330	\$20				350
Total	51.5	n/d	\$279	\$2.3	\$331.7	\$60.2	\$944

Fuente: Banco Mundial:SEMARNAP 1993.

### Estrategias para el manejo y la conservación de la diversidad biológica

#### Estrategia Nacional de Biodiversidad

La preocupación de la sociedad mundial por los problemas ambientales, particularmente por la pérdida de la diversidad biológica desembocó en la llamada "Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo", realizada en Río de Janeiro en 1992, en la que se incorporó como una de sus actividades la firma del primer instrumento jurídico vinculante en el ámbito internacional: el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). Como compromiso derivado del CDB, México realizó, en 1998, el "Estudio de País", cuya finalidad fue plantear de manera sintética la situación actual relacionada con la diversidad biológica y ofrecer información sobre las estrategias de conservación, el uso y manejo de la biodiversidad, así como del marco jurídico e institucional en torno al tema. Además, se estableció las bases para determinar las prioridades nacionales y abrir paso a la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB). Esta estrategia se ha constituido en un proceso continuo de participación de todos los sectores de la sociedad mexicana, para que cada uno de estos sectores reconozca el papel que le corresponde en la tarea que significa garantizar la permanencia y continuidad de la diversidad biológica nacional, el problema de la conservación, el uso sustentable de la biodiversidad y el reparto equitativo de los beneficios derivados de dicho uso (cuadro 2.54).

#### Áreas naturales protegidas

El proceso de creación de áreas protegidas se inicia formalmente en México en 1876 con la protección de una zona de manantiales cercanos a la Ciudad de México. En 1917, se decreta el primer Parque Nacional, para posteriormente en la década de 1930 proteger las principales cuencas, así como las principales montañas convirtiéndolas en las primeras zonas protectoras forestales. A partir de los años setenta se inicia una nueva etapa donde la conservación se enfoca, por un lado, a proteger la biodiversidad y los servicios ambientales, y por el otro, a la incorporación expresa de las comunidades humanas en el modelo a través de las reservas de la biosfera. Esto ocurría al tiempo que se promovía como política pública la transformación de los ecosistemas en todo el país, y sobre todo la ganaderización de importantes extensiones de selvas. Durante las siguientes dos décadas, se reactiva la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP).

México se adhiere a los instrumentos de política internacional, como la **Agenda 21**, asumiendo importantes compromisos en materia de conservación de la biodiversidad, uso sustentable de recursos naturales y manejo de áreas protegidas. Durante el período de 1994-2000 se constituyó como un parteaguas en materia de conservación y manejo de ANP, al haber establecido condiciones institucionales, legales, de participación social, financieras, técnicas y operativas que permitieron proteger zonas del territorio nacional con ecosistemas originales poco alterados y se crea en el año 2000 la Comisión Na-

CUADRO 2.54. LÍNEAS VITALES DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE LA BIODIVERSIDAD

1. Protección y conservación	2. Valoración de la biodiversidad	3. Conocimiento y manejo de la información	4. Diversificación del uso
1.1. Conservación in situ 1.2. Rescate de elementos de la diversidad biológica 1.3. Bioseguridad 1.4. Especies exóticas y traslocación 1.5. Prevención y control de actos ilícitos 1.6. Seguimiento 1.7. Atención a emergencias	2.1. Importancia en la cultura nacional 2.2. Aportaciones de la biodiversidad 2.3. Actualización institucional	3.1. Investigación y estudios 3.2. Inventario y colecciones 3.3. Rescate y sistematización de conocimientos 3.4. Intercambio de información 3.5. Difusión 3.6. Educación Ambiental 3.7. Capacitación y formación académica 3.8. Gestión de la información sobre biodiversidad	4.1. Uso actual 4.2. Diversificación productiva 4.3. Criterios e indicadores 4.4. Comercialización y mercados

Fuente: CONABIO 2000.

cional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como órgano desconcentrado de la ahora Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y que tiene como objetivo conservar el patrimonio natural de México a través de las Áreas Naturales Protegidas y de los Programas de desarrollo regional sustentable en las regiones prioritarias para la conservación. A la fecha se tienen 149 ANP comprendidas en 6 categorías y que protegen 17.5 millones de hectáreas, de las cuales aproximadamente 76% corresponde a superficie terrestre y 24% a marinas (cuadro 2.55) (CONANP 2003a). En conjunto, se protege aproximadamente 9% del territorio nacional. La CONANP estima proteger mediante decreto aproximadamente 2.5 millones de hectáreas terrestres adicionales hasta el 2006 para alcanzar 10% del territorio nacional (gráfica 2.51).

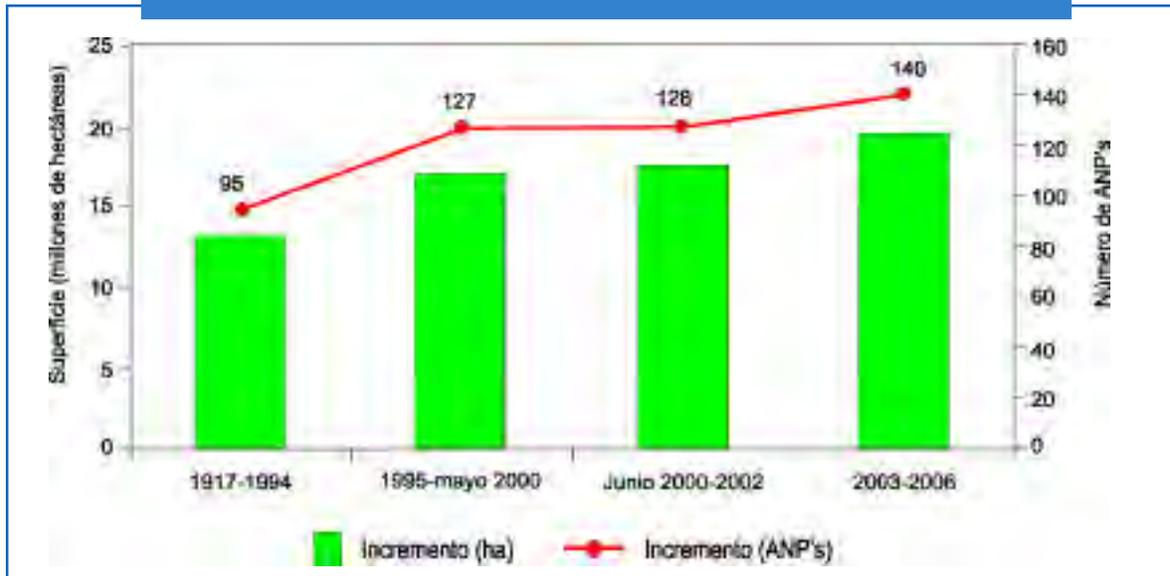
Con la finalidad de atender los problemas sociales en las ANP y participar en el combate a la pobreza de las comunidades asociadas a estos recursos naturales, en 1995 se diseñaron los programas de desarrollo regional sustentable (PRODERS), para localidades y municipios de alta o muy alta marginación. Las regiones se identificaron en áreas que presentan una alta y frágil biodiversidad, y al mismo tiempo, concentran poblaciones humanas en condiciones de pobreza y pobreza extrema. Estos programas son manejados en la CONANP como un instrumento de fomento directo al desarrollo comunitario que se aplica en todas las ANP y en aquellas regiones relevantes para la conservación que no necesariamente cuentan con un decreto de ANP. Asociado a este mecanismo, el Programa de Em-

pleo Temporal (PET) es un programa de subsidios del Gobierno Federal para la creación de puestos de ocupación temporal que permitan obtener ingresos a la población rural en pobreza extrema. La población beneficiada se ocupa en acciones y obras que fomentan la restauración, conservación, aprovechamiento de los recursos naturales y en general en la creación de infraestructura ambiental. Sin embargo, los recursos han sido insuficientes para atender la demanda generada (cuadro 2.56).

Con los recursos provenientes del PET y de los Proders, así como de otras fuentes, las ANP han impulsado procesos de transformación de los aprovechamientos de los recursos naturales en las comunidades asentadas y aledañas a las áreas decretadas. Se tienen identificados proyectos alternativos y las actividades que se desarrollan van desde ecoturísticas, sedentarización de la milpa con el establecimiento de cultivos de cobertura, hasta la instalación de unidades de manejo ambiental para el manejo de diversas especies de flora y fauna (Arriaga *et al.* 2002).

Para llevar a cabo todas las acciones de conservación que son competencia de la CONANP, es indispensable contar con suficientes recursos económicos. Esto no fue el caso hasta principios de 1995 ya que sólo se disponía de 10.9 millones de pesos de gasto de inversión que se ratifican en oficinas centrales, sin personal en el campo. El gran salto se logró en el año 2000, cuando los recursos fiscales ascendieron a 147 millones de pesos, es decir, 500% de incremento en

GRÁFICA 3. 51. PROYECCIÓN DE SUPERFICIE ACUMULADA DE ANP



Fuente: Tomado de Arriaga *et al.* 2002.

CUADRO 2.55. SUPERFICIE BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE MANEJO DE ANP EN 2003

Número de ANP	Categoría	Superficie (ha)
34	Reserva de la biosfera	10,479,534
65	Parque nacional	1,397,163
4	Monumento natural	14,093
2	Área de protección de recursos naturales	39,724
27	Área de protección de flora y fauna	5,558,714
17	Santuarios*	689
148	Totales	17,303,133

Fuente: CONANP 2003q.

términos reales (SEMARNAP 2000a). Actualmente, el presupuesto fiscal de la CONANP está entre 50 y 60% de lo que sería deseable en esta fase de su consolidación, sin embargo, con el compromiso de programas y sectores de gobierno y los presupuestos que ejerce la sociedad civil, ha permitido que la CONANP haya crecido y que su presupuesto anual sea de 226.7 millones de pesos (CONANP 2002). Sin embargo, existen otros financiamientos internacionales que buscan fortalecer a esta institución. Así, durante el año 1996 el Banco Mundial otorgó recursos económicos, a través del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environmental Facility), canalizados a través del fideicomiso privado Fondo de Áreas Naturales Protegidas

(FANP), a cargo del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), por la cantidad de 16.5 millones de dólares para ejercerse en diez áreas naturales protegidas. Esta exitosa alianza concretó un segundo donativo por 22.5 y 8.6 millones de dólares respectivamente para fondos patrimoniales de doce reservas y algunas actividades de fortalecimiento y sinergia institucional de la CONANP.

### Regiones prioritarias para la conservación

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se generaron como resultado de la necesidad de contar con un mar-

CUADRO 2.56. RECURSOS DEL PROGRAMA DE EMPLEO TEMPORAL (PESOS)

Año	Solicitado	Aprobado	ANP*	Porcentaje de demanda cubierta
1999	9,320,658	3,790,000	13	41
2000	24,799,769	5,153,012	16	21
2001	24,915,078	6,435,000	16	26
2002	19,441,184	9,138,000	26	52

\*Áreas Naturales Protegidas que operaron PET.

Fuente: CONANP 2003a.

co espacial de referencia para la planeación ambiental de México. Este proyecto de regionalización constituye un esfuerzo para la identificación de sitios importantes que requieren acciones prioritarias de conservación de la biodiversidad. Los criterios para la caracterización de las RTP fueron los siguientes: a) extensión del área; b) integridad ecológica; c) importancia como corredor biológico; d) diversidad de ecosistemas; e) fenómenos naturales; f) presencia de endemismos; g) riqueza específica, h) centros de origen y diversificación natural e i) centros de domesticación y/o mantenimiento de especies útiles (Arriaga et al. 2000a).

Se identificaron 151 regiones terrestres-continetales, las cuales comprenden más de medio millón de km<sup>2</sup> e incluyen 95% de la superficie de las áreas naturales protegidas decretadas por la federación (mapa 2.33).

Con el fin de generar instrumentos de planeación para la conservación de las aves, se definieron las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS). Se identificaron 170 áreas, mismas que se difundieron, invitando a más personas a participar para conformar 230 áreas nominadas que incluyen la descripción biótica y abiótica, complementados con listados (mapa 2.34). Estas áreas fueron identificadas de acuerdo con los siguientes criterios: a) presencia de especies con alguna categoría de riesgo; b) mantenimiento de poblaciones locales; c) presencia de especies restringidas a un bioma o hábitat único o amenazado; d) grandes concentraciones de individuos; y e) sitios importantes para la investigación ornitológica (Arizmendi y Márquez 2000).

Otro proyecto que busca contribuir en el manejo sustentable de los ecosistemas tropicales es el Corredor

MAPA 2.33. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS DE MÉXICO



Fuente: [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).

MAPA 2.34. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE AVES



Fuente: [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).

Biológico Mesoamericano. Este programa tiene como objetivo general la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, en cinco corredores biológicos del sureste de México, mediante la integración de criterios de biodiversidad en el gasto público y en prácticas de planeación y desarrollo locales. Los corredores seleccionados son la Selva Maya Zoque (norte de Chiapas); Sierra Madre del Sur (sur de Chiapas); Sian Ka'an-Calakmul (Campeche); Sian Ka'an-Calakmul (Quintana Roo) y Costa Norte de Yucatán.

#### *Aprovechamiento, conservación y manejo de vida silvestre*

Con el propósito de contribuir a la conservación de la biodiversidad y hacerla compatible con las necesidades de producción y desarrollo socioeconómico, en 1997 se 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 y jardines botánicos, entre otros. La mayor parte de las UMA registradas corresponden a criaderos, viveros y jardines botánicos. 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 (gráfica 2.52). Para el año 2002, a cinco años de la creación de este esquema, ya se tenían registradas cerca de 5,000 UMA en el país. Las UMA se encuentran distribuidas en prácticamente todos los ecosistemas mexicanos, tanto acuáticos como terrestres. La mayor cantidad de superficie bajo manejo en las UMA se encuentra en los matorrales xerófilos, seguido de los bosques de coníferas y encinos (gráfica 2.53). Resalta el hecho que para el año 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 las UMA como una forma de obtener provecho de superficies degradadas (SEMARNAT 2002c). 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, lo que permite vislumbrar la posibilidad de una efectiva conservación de estas especies.

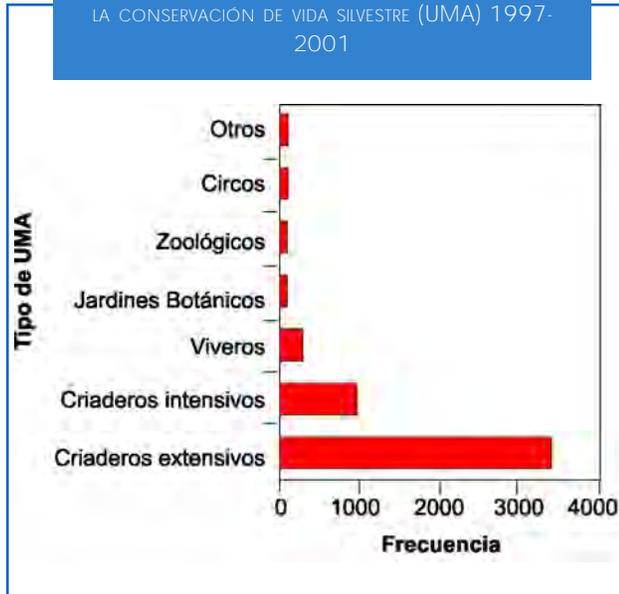
#### *Conservación de especies*

México cuenta con un Plan de recuperación de especies prioritarias en riesgo que se determinó a partir del análisis del estado de sus poblaciones y hábitat; de los criterios establecidos en la Ley General de Vida Silves-

tre; de las oportunidades actuales para poner en marcha un programa de recuperación, así como de la consulta a los comités técnicos consultivos para la recuperación de especies prioritarias, constituidos por representantes de los sectores académicos, no gubernamental y los tres niveles de gobierno. Para cada especie o grupo de especies prioritarias están en desarrollo, publicado o en preparación un programa de recuperación de sus poblaciones y hábitat (cuadro 2.57).

Además en 1994 el Instituto Nacional de Ecología de la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca publicó la Norma Oficial Mexicana, NOM-059-ECOL-1994, con el primer listado de especies amenazadas para el país. Dicha norma "determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial, y establece especificaciones para su protección" (SEMARNAP 1994). Asimismo, en el año 2001, fue revisada, modificada y actualizada en la nueva NOM-059-SEMARNAT-2001 que a diferencia de la norma anterior, tiene la bondad de contar con el llamado Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). Éste permite establecer los criterios que deben usarse para evaluar el estado de conservación de las especies y

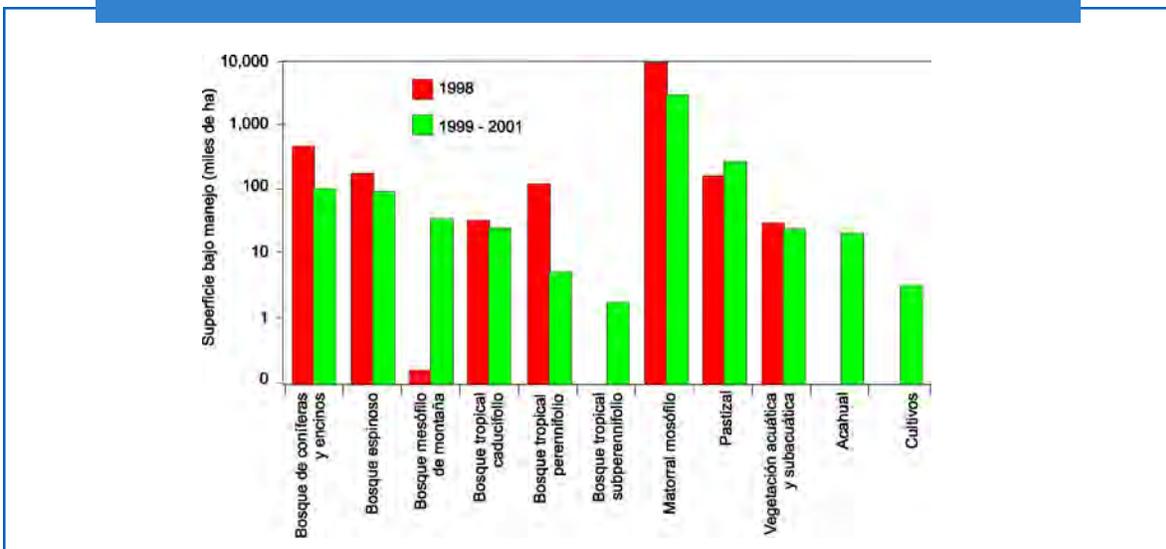
GRÁFICA 2.52. REGISTRO DE UNIDADES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE VIDA SILVESTRE (UMA) 1997-2001



Fuente: SEMARNAT 2003a.

asignarles así alguna de las 4 categorías de riesgo: probablemente extinta en vida silvestre, en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial. Los criterios usados por el MER son: a) amplitud de la distribución del taxón en México; b) estado del hábitat

GRÁFICA 2.53. SUPERFICIE BAJO MANEJO EN UMA SEGÚN TIPO DE VEGETACIÓN, 1998-2001



Fuente: SEMARNAT 2003d.

con respecto al desarrollo natural del taxón; c) vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón y d) impacto de la actividad humana sobre el taxón (SEMARNAT 2002a).

Otros programas para la conservación de las especies incluyen acciones para la conservación de sus hábitats. Un ejemplo de ello son los esfuerzos que se llevan a cabo para la erradicación de fauna introducida en varias islas del Golfo de California, algunos de ellos sumamente exitosos como el de Isla Rasa, donde ya se eliminaron las poblaciones de rata negra y ratón casero. Sin embargo, la preservación de las islas y sus especies depende también de la planificación de las actividades económicas y del desarrollo de programas de concientización, educación ambiental y restauración de los ecosistemas dañados (CONABIO 1998).

### Aprovechamiento, conservación y manejo forestal

Para apoyar el aprovechamiento diversificado y sustentable en México, se creó el Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR). El programa se diseñó para otorgar apoyos directos a los ejidos, comunidades y pequeñas propiedades, con el fin de impulsar el desarrollo sustentable de los productores forestales a través de la elaboración y ejecución de proyectos productivos. El PRODEFOR es operado coordinadamente con los gobiernos estatales, quienes aportan el 35% de los recursos financieros y el 65% restante lo aporta el gobierno federal. De esta manera se conforma un fondo anual que se invierte en cada estado a través de la Comisión Nacional Forestal y la dependencia estatal que maneje los programas forestales. Con este programa se pretende mejorar el manejo técnico de los recursos forestales de nuestro país,

CUADRO 2.57. ESPECIES PRIORITARIAS PARA LAS QUE SE CUENTA CON UN PROYECTO PUBLICADO Y UN COMITÉ TÉCNICO CONSULTIVO

Especie prioritaria	Proyecto publicado	Subcomité constituido
Jaguar <i>Panthera onca</i>		
Oso negro <i>Ursus americanus</i>		
Lobo gris mexicano <i>Canis lupus baileyi</i>		
Borrego cimarrón <i>Ovis canadensis</i>		
Berrendo <i>Antilocarpa americana</i>		
Perrito llanero <i>Cynomys mexicanus</i>		
Lagomorfos (8 especies)		
Pinnípedos (4 especies)		
Manatí <i>Trichechus manatus</i>		
Vaquita marina <i>Phocoena sinus</i>		
Cetáceos, Ballena gris, jorobada y azul		
Cocodrilos (3 especies)		
Tortugas marinas (7 especies)		
Cóndor de California <i>Gymnogyps californianus</i>		
Águila Real <i>Aquila chrysaetos</i>		
Psitácidos (10 especies)		
Palomas de interés cinético (5 especies)		
Cycadas o Zamias		
Cactus (Cactaceae)		
Orquídeas (Orchidaceae)		
Cirio <i>Fouquieria columnaris</i>		
Palo fierro <i>Olneya tesota</i>		
Dalia <i>Dahlia</i> sp.		
Agaves (Agavaceae)		
Palmas o Arecas (Palmae)		

Fuente: INE 2003a.

conservar y mejorar los recursos forestales, diversificar las actividades productivas, impulsar el desarrollo forestal y mejorar el nivel de vida de las familias rurales. Complementario a este programa en algunos estados del país se inició el Programa de conservación y manejo sustentable de los recursos forestales de México (PROCYMAF), que busca instrumentar la estrategia de manejo forestal sustentable descrita en el Plan Nacional Forestal a través de esquemas que permitan mejorar el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, a través de las necesidades que formulan las comunidades y ejidos forestales, con el fin de generar y aumentar las opciones de ingresos de los propietarios y poseedores con base en el buen manejo de sus recursos naturales. Hasta el año 2002, los proyectos PRODEFOR tuvieron una cobertura de alrededor de 2.9 millones de hectáreas con un total de 7,619 proyectos. En el caso de PROCYMAF, tan sólo en el año de 2002 se ejecutaron 433 proyectos cubriendo un total de 79 mil hectáreas (cuadro 2.58).

### Reforestación y plantaciones comerciales

Con el fin de recuperar las masas forestales perturbadas del país, el gobierno implementó a principios de los años 90 el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE). Durante 1995 se hizo un esfuerzo más coordinado para cumplir con el propósito de restaurar los terrenos degradados, por cambio de uso de suelo, incendios, plagas, o bien para reinstalar la vegetación con especies nativas de cada sitio. Este programa también buscaba la conservación y ampliación de la frontera forestal con proyectos agroforestales que integraran las prácticas agrícolas y silvícolas como parte de un proyecto integral de manejo de recursos naturales. Además en un inicio se buscó fomentar las plantaciones comerciales en el sector social con el fin de incrementar los ingresos de las comunidades. El PRONARE incrementó su reforesta-

ción año con año hasta que disminuyó a partir del año 2000 y actualmente cuenta con 603 viveros para la producción de planta (gráfica 2.54).

El PRONARE dio origen al Programa de Plantaciones Comerciales Forestales (PRODEPLAN), que se formuló con el fin de generar técnicas y especies apropiadas a las condiciones ambientales de cada región, para la restauración y conservación de los ecosistemas forestales, suelos e incremento de la cobertura forestal del país. Este programa iniciado en 1997 tiene como meta el apoyo a lo largo de 25 años del establecimiento de 875 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales, a fin de reducir las importaciones de productos forestales, creando al mismo tiempo alternativas de desarrollo sustentable y diversificación productiva en México. Esto mediante la reconversión al uso forestal de terrenos que alguna vez fueron desmontados con fines agropecuarios. En los últimos tres años la superficie forestal incorporada al PRODEPLAN asciende a las 100,000 ha (CONAFOR-SEMARNAT 2002) y ha apoyado a más de 100 proyectos en todo el país (gráfica 2.55).

### Procuración de protección al ambiente

El Programa de Procuración de Justicia Ambiental 2001-2006, a través de la Dirección General de Inspección Forestal (DGIF), tiene establecidos, como parte de las estrategias de acción: operativos a las zonas con conflictos, mecanismos financieros, vigilancia participativa, colaboración con estados y municipios, y capacitación. De esta manera la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realiza inspección forestal en 126.9 millones de hectáreas forestales y 63.8 millones de ha de bosques y selvas (PROFEPA-SEMARNAT 2001).

La PROFEPA ha identificado las denominadas "áreas críticas forestales" y las "áreas con resistencia a los actos de la autoridad ambiental". Estas áreas son

CUADRO 2.58. SUPERFICIE INCORPORADA AL PRODEFOR Y PROCYMAF

Año	PRODEFOR		PROCYMAF	
	Superficie (ha)	No. de Proyectos	Superficie (ha)	No. de Proyectos
Hasta 2001	2,412,267	6,923	S/d	S/d
2002	484,314	696	79,273	433

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR 2002.

GRÁFICA 2.54. SUPERFICIE FORESTADA EN MÉXICO, 1993-2001



Fuente: SEMARNAT-CONAFOR 2002.

sitios de alta frecuencia y gravedad de los ilícitos forestales. Además se han definido las zonas y los procesos críticos que han constituido la más alta prioridad de inspección y vigilancia.

En materia forestal, se han concentrado esfuerzos en 100 áreas críticas, caracterizadas por la alta incidencia de ilícitos forestales y deforestación acelerada (PROFEPA-SEMARNAT 2001). Entre estas áreas destacan nueve que, además del agudo deterioro ambiental, presentan problemas considerados como de ingobernabilidad por el riesgo que representa ejercer los actos de autoridad en dichas zonas, debido a la presencia de bandas delictivas asociadas a otro tipo de ilícitos, por lo que su recuperación ha requerido un esfuerzo coordinado con diversas Secretarías de Estado y la fuerza pública de los tres niveles de gobierno (mapa 2.35).

Durante el año 2001 se realizaron 32 operativos especiales en 10 estados de la República Mexicana con un total de 10,429 m<sup>3</sup> de madera en rollo asegurada. Además se realizaron 7,020 inspecciones forestales en todo el país, 12% más en relación con las del año 2001 y en 5,450 de éstas se encontraron irregularidades, que representan 79%. Debe destacarse que 2,756 inspecciones se efectuaron en áreas críticas, lo que muestra un claro direccionamiento de éstas a zonas o procesos críticos, los cuales representan una alta prioridad en el cuidado de estos recursos (PROFEPA-SEMARNAT 2001).

Las acciones de la PROFEPA en materia de Vida Silvestre incluyen inspección y vigilancia en sitios de

comercialización, centros de exhibición (zoológicos, acuarios, circos, herbarios, jardines botánicos, colecciones científicas y privadas), centros de reproducción y propagación controlada, actividades cinegéticas y redes de tráfico ilegal (gráfica 2.56). Además se desarrollan actividades de inspección de vida silvestre en 65 puntos del territorio nacional: 18 puertos, 25 aeropuertos internacionales y 22 puntos fronterizos. En el año 2001 se realizaron 43,507 inspecciones de carácter fitosanitario, 3,851 a ejemplares, productos y subproductos de vida silvestre y 152,081 revisiones a pasajeros en tránsito (SEMARNAT-PROFEPA 2001).

Las acciones de inspección y vigilancia se realizan en todo el país con especial atención en las áreas críticas, en donde con mayor frecuencia ocurren ilícitos, tales como, los aprovechamientos cinegéticos, aprovechamiento de aves canoras y de ornato, el comercio no autorizado de especímenes, partes y derivados de flora y fauna silvestre y el aprovechamiento de ejemplares, productos y subproductos de tortugas marinas.

Los principales mecanismos de apoyo financiero a las acciones de inspección y vigilancia forestal y de áreas naturales protegidas son: a) los de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a través de sus Programas para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales (PRODEPLAN); para el desarrollo forestal (PRODEFOR); nacional de reforestación (PRONARE) y el Proyecto de conservación y manejo sustentable de recursos forestales en México (PROCYMAF), y b) los que se pueden derivar del Programa de empleo temporal (PET).

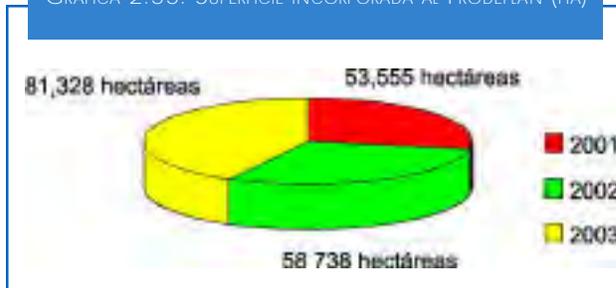
### Convenios internacionales

México ha asumido, ante foros nacionales e internacionales, la responsabilidad de la protección de los recursos naturales del país. También ha reconocido la necesidad de encontrar soluciones mediante una cooperación internacional sustentada en los principios de soberanía, igualdad entre naciones, equidad en la responsabilidad y precaución ante los problemas futuros (CONABIO 1998).

Entre los convenios de cooperación para proteger la diversidad biológica podemos mencionar: a) Convenio sobre diversidad biológica; b) acuerdo

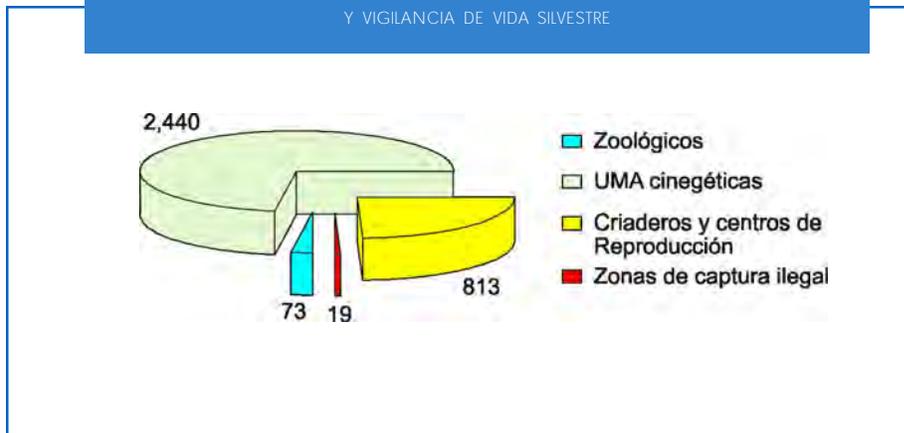
intergubernamental de Conservación del Delfín; c) Comisión Ballenera Internacional; d) Comité Trilateral México-Canadá-Estados Unidos de América para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre y los Ecosistemas; e) Acuerdo de Cooperación para la Conservación de la Vida Silvestre; f) Acuerdo Tripartita para la Conservación de Humedales y sus Aves Migratorias; g) Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) y h) Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional como Hábitat de Aves Acuáticas.

GRÁFICA 2.55. SUPERFICIE INCORPORADA AL PRODEPLAN (HA)



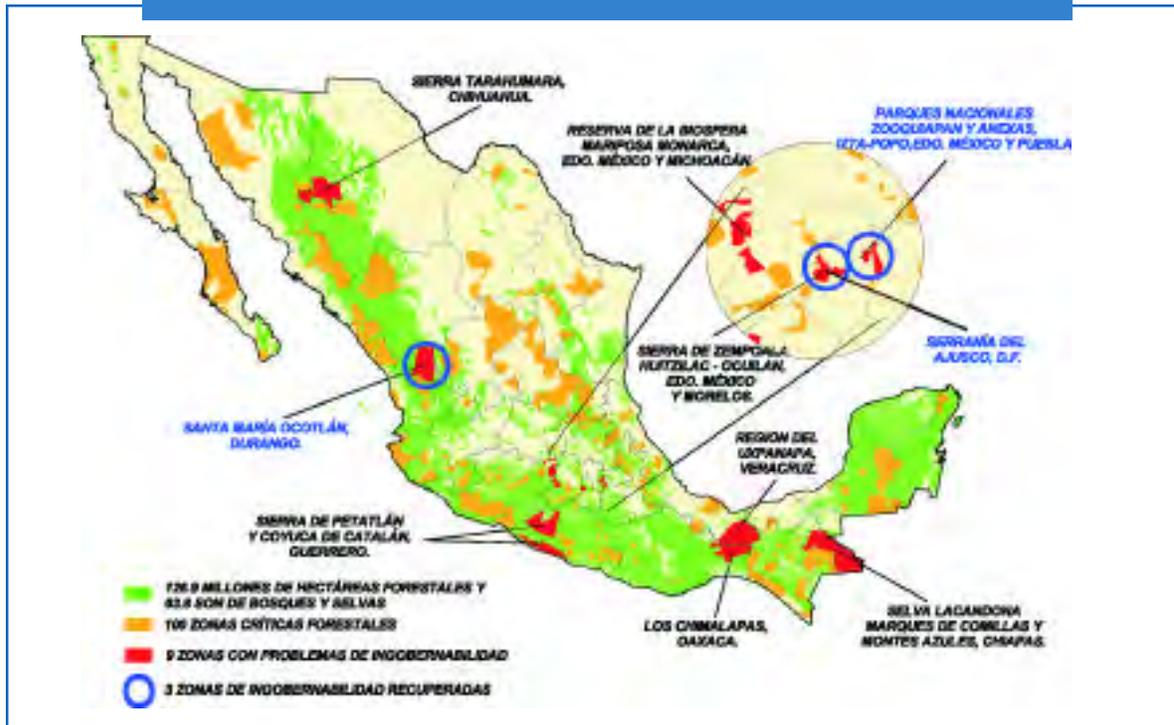
Fuente: CONAFOR-SEMARNAT 2002.

GRÁFICA 2.56. UNIVERSO DE ATENCIÓN DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE VIDA SILVESTRE



Fuente: [www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx).

MAPA 2.35. ZONAS CRÍTICAS Y DE GOBERNABILIDAD FORESTAL

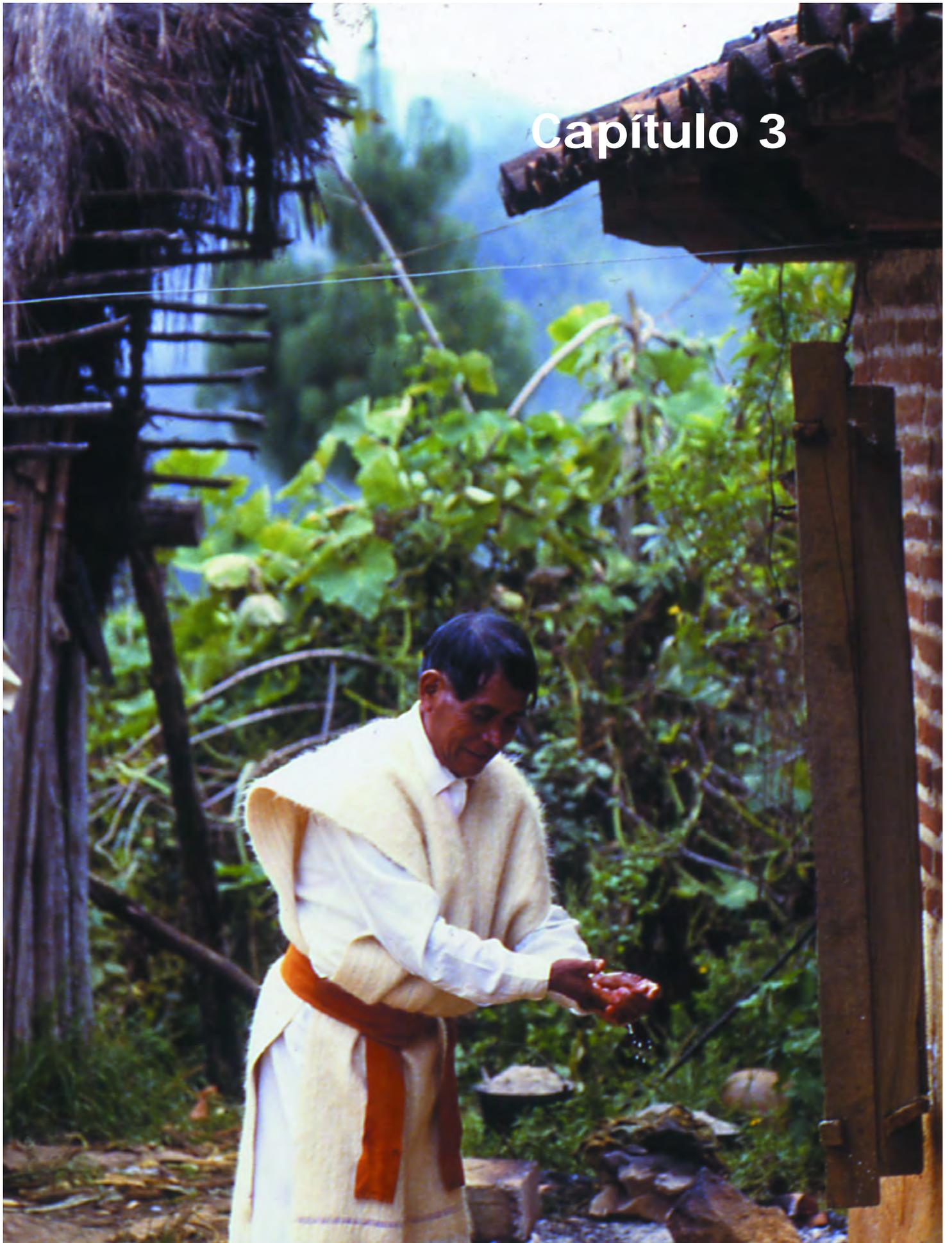


Fuente: [www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx)





# Capítulo 3





## Salud, vulnerabilidad humana y desastres ambientales

### Salud ambiental

Este capítulo integra la información disponible en el país para conocer la carga de enfermedad atribuible a factores ambientales. De acuerdo con el *Plan Nacional de Salud 2001-2006* se estima que el 35% de la carga total de enfermedad tiene su origen en factores ambientales y el 15% en exposiciones ocupacionales (PNS, SSA 2000). De acuerdo con la literatura médica, las causas ambientales de las enfermedades son aquellas que no son genéticas, sin importar la posible influencia de las condiciones sociales, la dependencia de la decisión individual y si ocurren por el contacto con los medios ambientales (aire, agua, suelo, etc.).

Es conveniente considerar que los genes existentes en la actualidad son el resultado de la interacción con el medio ambiente de épocas anteriores y, por lo tanto, todas las enfermedades podrían reconocerse como enteramente ambientales. Sin embargo, de acuerdo con la definición del Programa de Acción en Salud Ambiental de la Secretaría de Salud, se excluyen de las causas ambientales todas aquellas que son resultado de la decisión individual, como podrían ser el tabaquismo activo, la medicación, entre otras (PRASA 2002).

### Los efectos del ambiente en la salud. Marco conceptual

La relación entre la salud humana y el ambiente es compleja, cada uno de los riesgos tradicionales, básicamente aquellos derivados de un deficiente saneamiento básico, así como de los riesgos modernos, está asociado con una variedad de aspectos del desarrollo económico y social. Existen numerosas aproximaciones de las rutas causales de la relación ambiente-salud. El marco de referencia planteado por Corvalán y colaboradores (1999) concuerda con la metodología PEIR (Presión, Estado, Impacto, Respuesta), que se aplica en el presente reporte. Esta metodología manifiesta que aunque la exposición a un contaminante u otro peligro ambiental pueda ser la causa inmediata de algún efecto adverso en la salud, la fuerza conductora y las presiones que originan la degradación ambiental pueden ser los puntos más efectivos de control (figura 3.1).

Es necesario considerar que múltiples efectos se pueden presentar como efecto de una sola presión, así como un solo efecto es generalmente producto de múltiples fuerzas conductoras. Por ejemplo, las infecciones respiratorias agudas (IRA) en niños son resultado de diversas fuerzas conductoras, tales como pobreza, políticas de energéticos para uso doméstico, de vivienda y de agricultura, entre otras.

Por riesgo ambiental atribuible se entiende el porcentaje de una categoría de condición mórbida o enfermedad que se espera sea eliminada al reducir el factor de riesgo a su mínima expresión. Considera la prevalencia de la exposición como la fuerza de la asociación. La razón por la que los porcentajes asociados con los factores de riesgo usualmente suman más de 100% es porque no son completamente independientes y, de hecho, actúan con interacciones y sinergias entre ellos para producir el efecto (Smith *et al.* 1999).

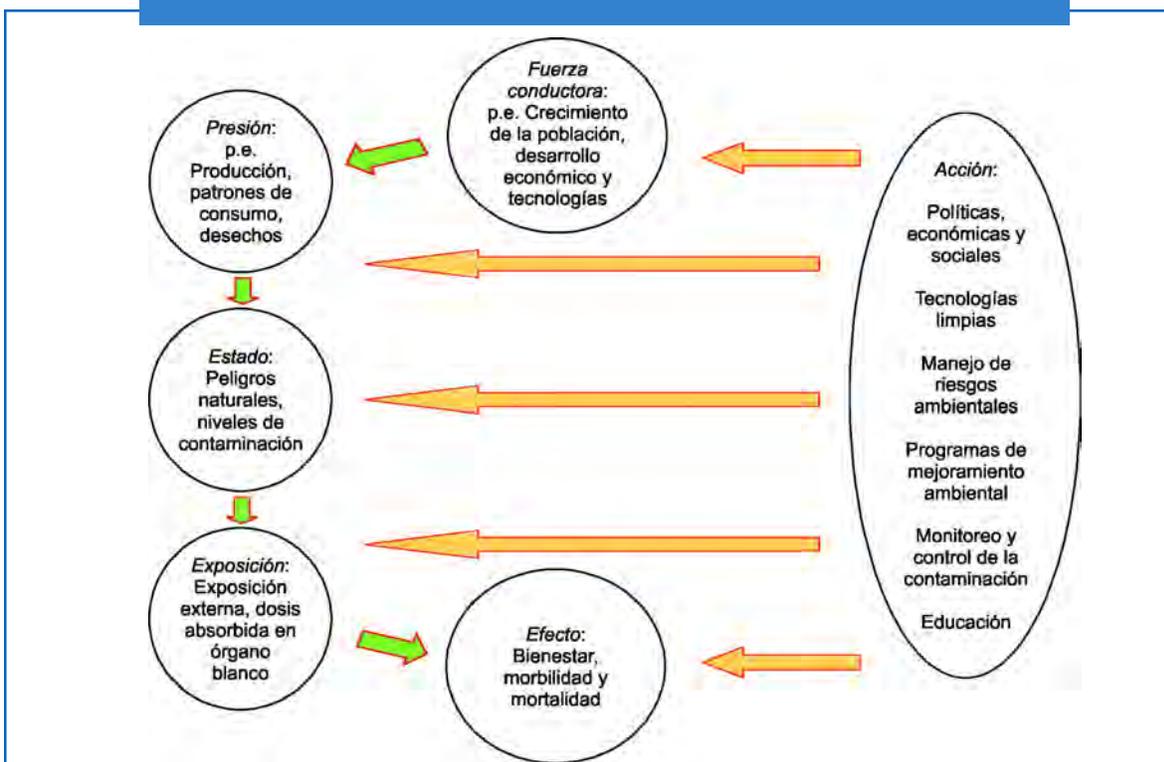
En este mismo sentido, surge la pregunta más general en cuanto a la proporción de la enfermedad que se explica o tiene por causas a diversos factores ambientales. Smith y colaboradores (1999) examinaron todas las categorías de enfermedad responsables de por lo menos el 1% de la carga de enfermedad mundial y estimaron el porcentaje global de cada categoría que es atribuible al ambiente (cuadro 3.1).

### Medidas de salud

En la toma de decisiones y determinación de jerarquías para definir las necesidades de salud ambiental es importante evaluar los riesgos en términos de sus impactos en la mortalidad y discapacidad, de tal forma que sea posible determinar la carga total de la enfermedad en la población. Algunas enfermedades resultan en una gran proporción de muertes, mientras otras son más importantes por su carga de discapacidad. El cáncer de pulmón, por ejemplo, tiene un impacto muy importante en cuanto a muerte prematura, sin embargo, su efecto de discapacidad es mínimo.

Para combinar efectos de morbilidad y mortalidad, y tomar en cuenta duración y discapacidad, los indicadores epidemiológicos se han sofisticado hacia la conformación de indicadores compuestos, denominados "medidas de resumen", que incorporan y representan la salud de una población en una sola cifra. Ejemplos de estos indicadores son los años de vida saludable perdidos (AVISA), indicador que conjuga el número de años de vida perdidos con los años de vida perdidos por discapacidad debido al padecimiento en cuestión. Otras medidas incluyen QALY y HALY que ajustan los años perdidos por calidad de vida y salud, respectivamente.

FIGURA 3.1 MARCO CONCEPTUAL CUSA-EFECTO



Fuente: Corvalán *et al.* 1999.

CUADRO 3.1. PORCENTAJE ATRIBUIBLE A FACTORES DE RIESGO AMBIENTALES PARA CATEGORÍAS DE ENFERMEDADES SELECCIONADAS

Patología	% Atribuible a causas ambientales
Infecciones respiratorias agudas (IRA)	40 - 60
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	33 - 50
Enfermedad isquémica cardiaca	8 - 10
Enfermedad cerebrovascular	8 - 10
Tuberculosis	20 - 25
Enfermedades diarreicas	80 - 90
Neoplasias malignas	20 - 25
Anomalías congénitas	5 - 10
Accidentes de tráfico	25 - 30

Fuente: Smith *et al.* 1999.

CUADRO 3.2. NECESIDADES PRIORITARIAS DE SALUD DE ACUERDO A MORTALIDAD Y AÑOS DE VIDA SALUDABLE PERDIDOS

Causas	Mortalidad ajustada por edad	Años de vida saludable perdidos (AVISA)
Cardiopatía Isquémica	1	6
Diabetes Mellitus	2	4
Neumonía	3	3
Enfermedad cerebrovascular	4	11
Cirrosis Hepática	5	8
Homicidio	6	1
EPOC	7	19
Diarrea aguda	8	7
Desnutrición proteínico – calórica	9	9
Nefritis y Nefrosis	10	14
Accidentes de vehículo de motor	11	2
Cardiopatía hipertensiva	12	21

\*Los números indican su posición dentro de las necesidades prioritarias de salud en México.

Fuente: Lozano 1996.

Es importante notar que el uso de diferentes medidas puede dar diferentes respuestas. Esto se pone de manifiesto al emplear los indicadores de mortalidad, como de años de vida saludable perdidos para determinar las principales necesidades prioritarias de salud, utilizando los datos de 1994 (cuadro 3.2). Al ordenar las enfermedades en función de la mortalidad se refleja el peso puesto en las enfermedades no transmisibles, que se presentan en edades avanzadas; en cambio, la definición de prioridades en función de la columna de AVISA considera el tiempo como unidad de medida, que simultáneamente controla el efecto de la edad y discapacidad, razón por la cual las enfermedades de la infancia o del rezago epidemiológico recuperan importancia (Lozano 1996).

De este ejemplo se puede observar que las medidas, por su carácter integrador, permiten acercarse más a la evaluación del peso que el estado mórbido tiene para la sociedad, siendo una guía importante para la toma de decisiones.

## La situación de la salud ambiental en México

### Panorama de salud ambiental en México

Además de las IRA, varias otras condiciones de salud son aceptadas universalmente como condiciones que están relacionadas con exposiciones ambientales por

la evidencia que existe en poblaciones humanas. El cuadro 3.3 resume las propuestas para México.

México presenta un perfil de salud ambiental intermedio entre los países más desarrollados y los países menos desarrollados, en lo que a carga de enfermedades por causas ambientales se refiere (cuadro 3.4). La mortalidad causada por muchas de estas enfermedades, como por ejemplo infecciones respiratorias agudas o diarreicas, ha disminuido en la última década debido a la inversión en educación y atención médica. Sin embargo, la incidencia de estas enfermedades sigue creciendo, indicando una necesidad continua de abordar sus causas.

La baja proporción observada de la carga de enfermedades relacionadas con el saneamiento básico es atribuible principalmente a la urbanización e inversión en servicios, tecnología médica, difusión y educación en salud. Por otro lado, las proporciones por accidentes de tráfico y EPOC son más altas que el promedio mundial que para otros países en desarrollo. Estos padecimientos son muy importantes para México y la contribución del componente ambiental ya ha sido señalada por otros autores. En el caso de los accidentes de tráfico, por ejemplo, se debe principalmente a las políticas que han llevado a las grandes concentraciones urbanas, el diseño de las ciudades y las políticas de transporte urbano.

En los cuadros 3.3 y 3.4 se puede observar que las enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, como pueden ser las IRA, EPOC, diarreas

CUADRO 3.3. CONDICIONES DE SALUD RELACIONADAS CON EXPOSICIONES AMBIENTALES

Condiciones de salud	Agua	Aire extra e intra	Residuos	Metales y físicos	Sustancias químicas	Energía	Globales
Infecciones respiratorias agudas		X					X
Diarreas	X		X			X	X
Enfermedades transmitidas por vector						X	
Intoxicaciones agudas químicas	X				X	X	
Alteraciones neuromental		X	X	X	X	X	
Cáncer	X	X			X		
Cardio-respiratorias crónicas		X				X	
Deficiencias inmunológicas/ desarrollo			X	X	X	X	
Reproductivas				X	X	X	

Fuente: Santos-Burgoa *et al.* 2003.

y cáncer, contribuyen significativamente a la carga de enfermedades y mortalidad en México.

Una de las enfermedades estrechamente relacionadas con la contaminación ambiental, específicamente con la calidad del aire, es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), que incluye al grupo de enfermedades que causan obstrucción de la circulación del aire, entre ellas bronquitis crónica y enfisema. En México, esta enfermedad ocupa el quinto lugar en términos de la carga de enfermedades del país, y en el año 1998 representó 206,932 AVISA perdidos.

Otro grupo de enfermedades relacionado con la contaminación del aire son las IRA; éstas representaron 438,711 AVISA perdidos en la población general en 1998. Las IRA ocuparon el segundo lugar entre las causas de mortalidad infantil, octavo en la población general y séptimo en la población postproductiva en el año 2001 (SSA 2003). La mortalidad por IRA ha presentado un descenso aproximado de 70% en niños durante la última década, mientras que la morbilidad ha aumentado casi dos veces durante este mismo periodo (gráficas 3.1 y 3.2). El aumento de morbilidad por IRA puede reflejar no solamente un aumento en el número de personas expuestas y la vulnerabilidad de los grupos mayormente afectados, sino también un mejor registro de las enfermedades y mejores respuestas por parte de los servicios de salud, que han permitido disminuir la mortalidad por esta causa.

Las exposiciones a sustancias tóxicas y radiaciones tienen un papel importante en la etiología de cáncer. Existen múltiples fuentes de exposición que van desde la ingesta de conservadores de alimentos, la exposición pasiva a tabaco, las exposiciones ocupacionales y ambientales a xenobióticos y, también, la radiación

natural. Con respecto a las neoplasias malignas (cáncer), se estima que entre el 20 y 25% de la carga de enfermedad debida a todos los tipos de cáncer es atribuible a causas ambientales (Smith *et al.* 1999). Se estima que para el año 1998 más de 173,904 AVISA se perdieron por neoplasias malignas.

Con respecto al cáncer de pulmón, que constituye cerca de 1/8 de todos los tipos de cáncer a nivel mundial, en México se estimaron 60,662 AVISA perdidos en el año 1998 (SSA 2002a). El cáncer de pulmón se presenta predominantemente en los grupos de edad de mayores de 45 años y, en México, se estima que el 45% de las muertes por esta causa es atribuible al tabaquismo, el cual no es un factor ambiental como lo definimos para los propósitos de este reporte. En cuanto a las leucemias, se estima que son las que representaron una mayor pérdida, excediendo aproximadamente 100,000 AVISA perdidos en el año 1998.

Finalmente, en cuanto a las enfermedades diarreicas, se reconoce mundialmente que se atribuyen en 80 o 90% a factores ambientales, justamente como saneamiento básico e higiene. Así, en México se estima que en 1998 las enfermedades diarreicas se asociaron con la pérdida de 291,481 AVISA, afectando en 86% a niños menores de 5 años (Smith *et al.* 1999). Las gráficas 3.3 y 3.4 muestran las tendencias de mortalidad y morbilidad por enfermedades diarreicas en menores de 5 años.

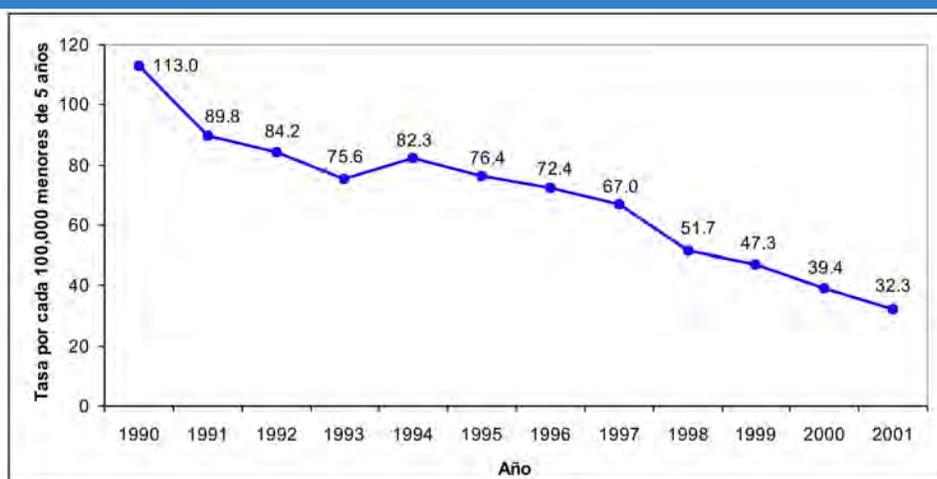
Las tendencias que se observan en las gráficas 3.3 y 3.4 reflejan los esfuerzos de las autoridades en cuanto al incremento de la cobertura de agua para uso y consumo humano de calidad bacteriológica a partir de 1991 (CNA 1999a). Aún así, el trabajo preventivo sigue siendo necesario para la disminución

CUADRO 3.4. CARGA DE MORTALIDAD Y MORBILIDAD: AVISA PERDIDOS POR CAUSAS ESPECÍFICAS 1990

Enfermedad o causa de muerte	Mundial <sup>1</sup>	Países menos desarrollados	Países más desarrollados	México (1994 y 1996) <sup>2</sup>
Infecciones Respiratorias Agudas	8.5%	9.4%	1.6%	3.0%*
Diarreas	7.2%	8.1%	0.3%	1.8%
Condiciones Perinatales	6.7%	7.3%	1.9%	7.7%
Cáncer	5.1%	4.0%	13.7%	5.4%
Depresión	4.7%	4.3%	7.7%	1.6%
Desnutrición (efectos directos)	3.7%	4.1%	0.9%	1.9%
Enfermedades isquémica del corazón	3.4%	2.5%	9.9%	4.5%
Enfermedades cerebro-vascular	2.8%	2.4%	5.9%	2.9%
Tuberculosis	2.8%	3.1%	0.3%	0.6%
Accidentes de Trafico	2.5%	2.2%	4.4%	6.3%
Anomalías congénitas	2.4%	2.4%	2.2%	N.D.
Malaria	2.35	2.6%	0.0%	N.D.
Condiciones Maternales	2.2%	2.4%	0.6%	1.7%
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	2.1%	2.1%	2.1%	3.0%
Suicidio	1.4%	1.2%	2.3%	0.5%
Alcohol (efectos directos)	1.2%	0.8%	4.0%	1.6%
Pérdida global total AVISA (millón)	1379	1218	161	N.D.
Población (millón)	5260	4120	1140	90

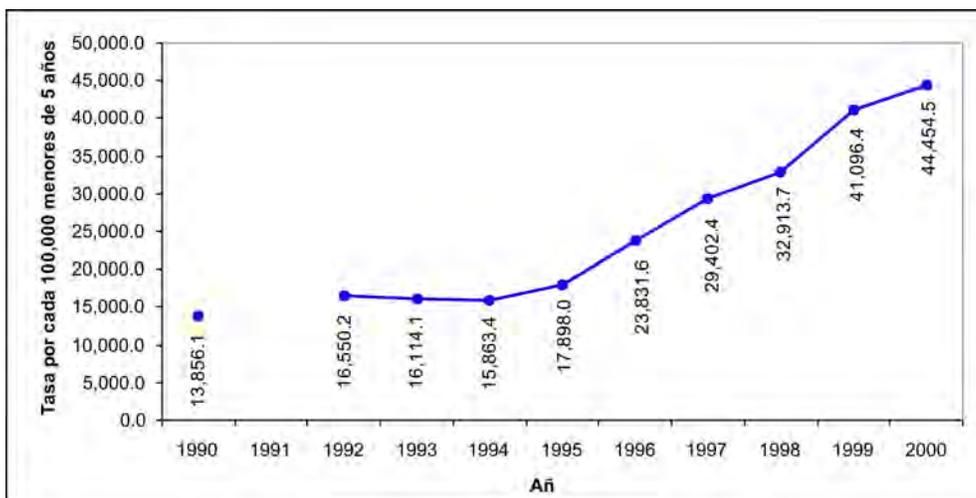
1. Smith y cols 1999. 2. Lozano 1996. \* De vías respiratorias bajas.  
Fuente: SSA 2003.

GRÁFICA 3.1. MORTALIDAD POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS EN MENORES DE 5 AÑOS EN MÉXICO, 1990-2001



Fuente: SSA 2003.

GRÁFICA 3.2. TENDENCIA DE MORBILIDAD POR IRA EN NIÑOS, 1990-2000



Fuente: SSA 2003.

GRÁFICA 3.3. TENDENCIA DE MORTALIDAD POR ENFERMEDADES DIARREICAS EN NIÑOS, 1990-2001



Fuente: SSA 2003.

CUADRO 3.5 PRINCIPALES CAUSAS DE MORTALIDAD, 2001

Orden	General		Infantil (< 1 año)		Edad posproductiva (65 años y más)	
	Descripción	Tasa <sup>1</sup>	Descripción	Tasa <sup>1</sup>	Descripción	Tasa <sup>1</sup>
1	Diabetes mellitus	48.96	Ciertas infecciones originadas en el período natal	872.42	Enfermedades isquémicas del corazón	686.97
2	Enfermedades isquémicas del corazón	44.61	Infecciones respiratorias agudas bajas	135.19	Diabetes mellitus	609.85
3	Cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado	25.24	Malformaciones congénitas de corazón	122.96	Enfermedades cerebrovasculares	396.15
4	Enfermedades cardiovasculares	25.20	Enfermedades infecciosas intestinales	75.63	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	285.04
5	Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	17.87	Desnutrición calórico proteica	33.95	Cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado	165.49
6	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	15.66	Anencefalia y malformaciones similares	14.34	Enfermedades hipertensivas	160.25
7	Accidentes de tráfico de vehículo con motor	13.51	Infecciones respiratorias agudas altas	11.65	Infecciones respiratorias agudas bajas	149.24
8	Infecciones respiratorias agudas bajas	12.87	Síndrome de Down	10.69	Desnutrición calórico proteica	128.21
9	Nefritis y nefrosis	10.29	Defectos de la pared abdominal	9.83	Nefritis y nefrosis	124.69
10	Enfermedades hipertensivas	9.99	Espina bifida	9.45	Tumor maligno de tráquea	86.89

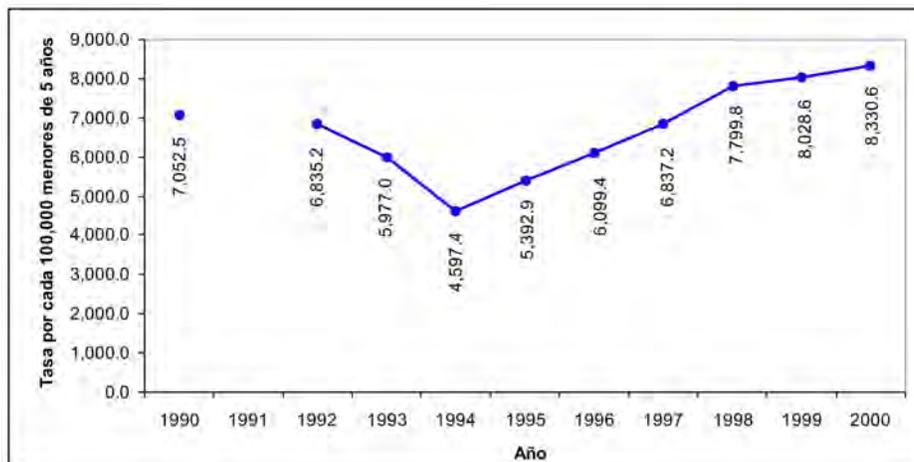
1. Tasa por 100.  
Fuente: SSA 2003.

CUADRO 3.6 AVISA PERDIDOS POR ENFERMEDADES ESPECÍFICAS

Patología	AVISA (1998)	Porcentaje atribuible a causas ambientales
IRA	438,711	40-50
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	206,932	33-50
Enfermedad isquémica cardíaca	426,897	8-10
Enfermedades diarreicas	291,481	80-90
Tuberculosis	100,517	20-25
Neoplasias malignas	> 173,904	20-25
Anomalías congénitas	558,860	5-10

\* Agrupación para IRA según lo propuesto por Smith *et al.* 1999.

GRÁFICA 3.4. TENDENCIA DE MORBILIDAD POR ENFERMEDADES DIARREICAS EN NIÑOS, 1990-2001



Fuente: SSA 2002a.

de la incidencia, aumentando la población atendida con agua para uso y consumo humano de calidad bacteriológica, el alcantarillado, así como la promoción de otras medidas de saneamiento básico en los hogares y guarderías, tales como el lavado de manos frecuente, especialmente antes de consumir alimentos y después de ir al baño.

### *Los medios ambientales y sus efectos en la salud*

#### *Agua*

El agua es indispensable para la sobrevivencia humana. Sin embargo, su calidad físico-química y biológica puede asociarse con efectos en la salud de la población. Las enfermedades transmisibles por la contaminación microbiológica del vital líquido son a menudo de una gravedad moderada (infecciones oculares, óticas, gastrointestinales), pero también pueden llegar a ser letales (cólera, tifoidea, etc.). En cambio, la contaminación química del agua por arsénico, flúor, plomo, algunos plaguicidas, entre otros agentes, se ha asociado con efectos a largo plazo como cáncer, efectos endócrinos, inmunológicos o neurológicos.

El saneamiento básico e higiene deficientes, principalmente falta de acceso a agua para uso y consu-

mo humano de calidad bacteriológica y manejo adecuado de excretas, se asocian con la contaminación microbiana, probablemente proveniente de las heces fecales humanas y animales, que se filtran o derraman de los sistemas sépticos. Según el Censo General de Población y Vivienda INEGI 2000, 72.6 millones de habitantes (74% del total de la población) cuentan con servicio de drenaje y 79.5 millones de habitantes cuentan con agua entubada (SSA 2001). Así, se estima que en México para el año 2000, alrededor de 11.3 millones de personas estuvieron expuestas a agua microbiológicamente contaminada (SSA 2002). Existe una mayor cobertura en cuanto a estos servicios en las zonas norte y centro del país, en contraposición con la zona sur y algunos estados del sureste.

La contaminación química del agua puede incluir una gama de agentes provenientes de desechos urbanos, escorrentías agrícolas e industriales, erosión, disolución de minerales naturales y deposición atmosférica. El mapa 3.1 presenta la información proporcionada por las autoridades de salud ambiental de la Secretaría de Salud de 17 estados para los parámetros químicos que se encuentran fuera de norma para el agua para uso y consumo humano (modificación de la NOM-127-SSA1-1994) para el año 2001.

Actualmente se reconoce al arsénico como el más serio contaminante inorgánico en el agua para beber. En general, las mayores concentraciones de

MAPA 3.1. AGENTES QUÍMICOS FUERA DE NORMA EN EL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO



Fuente: SSA 2002e.

arsénico se encuentran en las aguas subterráneas como resultado de la influencia de las interacciones del agua y las rocas, y de la mayor tendencia en los acuíferos a la movilización y la acumulación del arsénico. Las formas inorgánicas de arsénico dominan en el agua, tanto superficial como subterránea, y son las más tóxicas. De todas las fuentes de arsénico en el medio ambiente, su presencia en el agua representa el mayor riesgo para la salud humana.

Se estima que en el país la población potencialmente expuesta a arsénico (por su lugar de residencia) vía consumo de agua de las fuentes de abastecimiento es de 1.1 millones de habitantes (SSA 2002), con niveles que van, en algunas regiones de 0.09 a 0.59 mg/L, y, en otras, de 0.37 a 1.0 mg/L (el límite máximo permisible establecido en la modificación de la NOM-127-SSA1-1994 es de 0.05 mg/L). Algunas de las regiones en México en las que existe dicho problema se encuentran en los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila, San Luis Potosí, Durango, Nuevo León, Hidalgo, Puebla y Morelos.

Estudios realizados en México y en otros países han mostrado que el consumo de agua contaminada con arsénico se asocia con incrementos en la mortalidad fetal tardía, neonatal y posneonatal; con un incremento en el riesgo de presentar lesiones en la piel (queratosis, pigmentación o ulceraciones), y mortalidad por cáncer de vejiga. Desde los años sesenta se reconocieron, por parte de la comunidad científica, los problemas de salud asociados con la exposición crónica a arsénico en pobladores de la costa suroeste de Taiwán (Tseng *et al.* 1968), siendo ahora el punto de referencia clásico en la identificación de la enfermedad del "pie negro" y algunos tipos de cáncer, asociados con la ingesta de arsénico (Chen *et al.* 1985). Sus efectos se han estudiado en Chile, India, Estados Unidos y varias regiones de México.

En México, en la Comarca Lagunera, se ha reportado una prevalencia significativamente elevada de lesiones en la piel en poblaciones expuestas a arsénico (Cebrián *et al.* 1983), encontrándose que, de la

población bajo estudio, el 17.6% padecía de hipopigmentación, 12.2% de hiperpigmentación, 11.2% de queratosis palmoplantar, 5.1% de queratosis papular y 1.4% de cáncer. Se observó, asimismo, que en todos los casos la prevalencia de las lesiones en la piel aumentó de acuerdo con la edad de los individuos, lo que sugiere que el tiempo de exposición puede ser determinante.

Por otra parte, el flúor es otro agente químico, que a concentraciones relativamente bajas en el agua, puede tener efectos en la salud de la población que la consume. En algunas regiones del país la extracción de agua de pozos cada vez más profundos se asocia con concentraciones elevadas de cloruros, carbonatos, silicatos y fluoruros. Así, en Chihuahua, Sonora, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro y Campeche, entre otras entidades, se han reportado concentraciones de fluoruros que van de 1.5 a 42.0 mg/L (siendo el límite máximo permisible establecido en la modificación de la NOM-127-SSA1-1994 de 1.5 mg/L), estimándose que entre 5 y 19.7 millones de personas están expuestas a concentraciones de flúor en agua para uso y consumo humano fuera de norma (Díaz Barriga *et al.* 1997, SSA 2002).

Entre los efectos asociados con la ingesta de flúor se encuentra la fluorosis dental, que se manifiesta al haber exposición durante el desarrollo de los dientes, y consiste en la hipomineralización del esmalte dental, y porosidad superficial en el esmalte (Fejerskov *et al.* 1990). La fluorosis tiene como primeras manifestaciones clínicas el manchado de los dientes y la osteosclerosis del esqueleto, y la exposición crónica se ha asociado con daño al sistema nervioso. En los estados del país que se mencionan se han registrado problemas de fluorosis dental y en el sistema esquelético de la población. Se ha reportado que en San Luis Potosí en las zonas en las que el flúor superaba niveles de 2 ppm la prevalencia de fluorosis dental era de 98% (Grimaldo *et al.* 1995).

Otros contaminantes químicos del agua de interés para la salud humana son los compuestos inorgánicos de mercurio, plaguicidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y residuos de productos farmacéuticos. A pesar de que hay evidencias de sus efectos potenciales a la salud, como en el caso del mercurio con respecto a su potencial carcinogénico, o de los posibles trastornos endócrinos de algunos plaguicidas, aún no son suficientes ni concluyentes. La caracterización del comportamiento de estos químicos en el agua (a través de la determinación de su especiación, biodisponibilidad, toxicidad, reactividad, transporte y destino), aunada a los estu-

dios toxicológicos y epidemiológicos es indispensable para profundizar en el conocimiento de los riesgos que pueden tener en la población potencialmente expuesta.

Por último, en lo referente a la contaminación física del agua, muestreos realizados por la Secretaría de Salud en algunas entidades del país indicaron que la radiación alfa rebasaba los límites máximos permisibles (0.86-1.85 Bq/L) en Aguascalientes, Chihuahua y Guanajuato. Existen evidencias a nivel internacional sobre la asociación entre la exposición a este tipo de radiaciones y el cáncer (SSA 2002).

### Aire

Los contaminantes del aire tienen distinto potencial para producir daño a la salud humana, lo cual depende de sus propiedades físicas y químicas, de la dosis que se inhala, del tiempo y frecuencia de exposición, y también de las características de la población expuesta. En México, se estima que más de 27 millones de personas están expuestas a atmósferas contaminadas (SSA 2002). El ozono y las partículas son los contaminantes que tienen mayor importancia y a los que se les ha prestado mayor atención en los últimos años, tanto por los efectos potenciales en la salud, como por la frecuencia con la que exceden las normas de calidad del aire. La exposición a la contaminación del aire puede asociarse con trastornos a la salud, como enfermedades respiratorias crónicas y agudas, disminución de la capacidad respiratoria, cáncer pulmonar, ataques de asma, y enfermedades cardíacas, entre otras. Entre los síntomas agudos que se asocian con la exposición a contaminantes atmosféricos se incluyen la tos, dolor de cabeza, malestar en la garganta, irritación y lagrimeo de los ojos, por mencionar algunos.

Existen múltiples investigaciones que describen un incremento en la mortalidad total, sin incluir muertes accidentales, asociado con la exposición a partículas, ozono y sulfatos, lo cual se presenta principalmente en individuos con padecimientos cardiovasculares y/o respiratorios; no obstante, varios análisis también han encontrado asociación entre exposición a partículas suspendidas y mortalidad en la población infantil. A continuación, se discutirán los impactos específicos a la salud humana que se encuentran asociados con la exposición a la contaminación del aire y algunas fuentes importantes en zonas urbanas y rurales, tanto en ambientes extramuros, como intramuros.

## Principales contaminantes en zonas urbano-industriales

Los contaminantes atmosféricos se han clasificado en contaminantes criterio, que incluyen a aquellos que se miden rutinariamente en las estaciones de monitoreo de algunas ciudades y centros industriales, y en tóxicos atmosféricos, que son compuestos orgánicos volátiles, metales y otras sustancias que pueden tener efectos sistémicos e incrementar el riesgo de cáncer. En general, estos contaminantes se emiten durante procesos incompletos de combustión, por vehículos automotores y procesos industriales y mecánicos (ver la sección sobre aire).

## Ozono

El ozono es un gas oxidante y muy reactivo, que causa daño al tejido pulmonar, pudiendo reducir la función pulmonar y hacer que los pulmones sean más sensibles a la exposición a otros contaminantes. La exposición a ozono puede causar daños a la salud humana en personas enfermas y también en personas sanas. Las poblaciones más vulnerables son los niños, los adultos mayores, y aquellos que padecen problemas respiratorios. Los efectos generalmente asociados con incrementos en la exposición a ozono son las IRA, tos, flemas, silbilancias, atrofia de mucosa nasal, irritación de ojos, disminución de la función ventilatoria, y visitas a salas de emergencias por ataques de asma.

La posibilidad de que el ozono pueda inducir un incremento en la tasa de mortalidad es aún tema de discusión entre los científicos. De los seis estudios de serie de tiempo realizados en la Ciudad de México para evaluar los efectos de la contaminación del aire en la mortalidad, solamente uno (Borja-Aburto 1998) encontró que el ozono era un predictor significativo de la mortalidad cardiovascular, pero no significativo para mortalidad general. En modelos que han utilizado datos de la Ciudad de México se sugiere que un 10% de reducción en las concentraciones ambientales anuales de ozono podrían prevenir 300 muertes prematuras cada año y dos millones de días de restricción menor de actividad al año (Evans *et al.* 2002).

## Partículas suspendidas

Las partículas menores de 10  $\mu\text{m}$  se conocen como fracción inhalable o  $\text{PM}_{10}$ . Dentro de las  $\text{PM}_{10}$  se encuentra la fracción respirable o fina,  $\text{PM}_{2.5}$ , constituida por partículas menores a 2.5  $\mu\text{m}$  y la fracción gruesa, que tiene un diámetro de entre 2.5 y 10

$\mu\text{m}$ . A diferencia de las partículas mayores a 10 micrómetros, las  $\text{PM}_{10}$  penetran directamente al aparato respiratorio y dependiendo de su tamaño se depositan en diferentes regiones del mismo. En general, las partículas finas logran llegar a vías respiratorias inferiores, es decir, a la región alveolar. En cambio, la fracción gruesa se deposita en la región nasofaríngea y en la traqueobronquial.

Los efectos de las partículas suspendidas se han evaluado desde principios del siglo XX cuando ocurrieron los episodios de contaminación en Londres, el Valle del Mosa, Dinora, etc., en los que su asociación con incrementos en la mortalidad fue muy evidente. Concentraciones menores, como aquellas presentes en muchas de las zonas urbano-industriales de la actualidad, se han asociado con hospitalizaciones y visitas a servicios de urgencias por causas respiratorias y cardiovasculares, IRA, EPOC, así como con muertes prematuras.

Los estudios que han encontrado una asociación entre mortalidad y partículas suspendidas se han realizado en más de 100 ciudades, entre ellas la de México. La mayor parte de ellos han encontrado una asociación entre mortalidad y la fracción fina; sin embargo, evidencia reciente, incluido un estudio en la Ciudad de México, sugiere que la fracción gruesa también puede estar asociada con este indicador de efecto (Castillejos 2000). Este hallazgo se puede deber a diferencias en la composición de la fracción gruesa encontrada en la Ciudad de México versus aquella de otras ciudades en las que la asociación no fue significativa. A pesar de que a la fecha no se conocen los compuestos, propiedades o características responsables de la toxicidad de las partículas, algunas evidencias apuntan a una mayor toxicidad de las partículas asociadas con fuentes móviles o con la combustión de carbón, y no con partículas asociadas con materiales de la corteza terrestre (Laden *et al.* 2000).

Se estima que el riesgo de muerte total prematura aumenta entre 1 y 2.5% por cada 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  (Evans *et al.* 2002). Evans y colaboradores calculan que una reducción del 10% de  $\text{PM}_{10}$  conllevaría reducciones de entre mil y tres mil muertes prematuras anuales y una disminución de 10,000 casos de bronquitis crónica.

Por último, cabe resaltar que a la fecha no se ha encontrado un umbral para los efectos de  $\text{PM}_{10}$  ni de  $\text{PM}_{2.5}$ , que se han evidenciado tanto en ciudades relativamente limpias, con niveles de partículas por debajo de los límites permisibles establecidos en las normas de calidad del aire, como en ciudades con niveles que rebasan frecuentemente dichas normas.

### Otros contaminantes criterio

El monóxido de carbono (CO) es un contaminante sin color ni olor que se emite durante procesos de combustión incompleta. La exposición a este contaminante reduce la capacidad de la sangre para llevar oxígeno a los tejidos, por lo que puede resultar en la intoxicación de los órganos. En cantidades pequeñas, la exposición a CO puede causar dolores de cabeza y náusea. Exposiciones a concentraciones elevadas se han asociado con muerte prematura y un estudio en México encontró una asociación entre la exposición a CO y la muerte causada por infartos (Escamilla *et al.* 2000). No obstante, se considera que las evidencias no son concluyentes en esta asociación.

Otro contaminante que se emite principalmente durante la combustión de combustibles fósiles, tales como gasolina y diesel, es el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). La exposición a este gas se ha asociado con daños temporales en la respiración en niños y adultos asmáticos que realizan actividades al aire libre. La exposición aguda de individuos asmáticos a niveles elevados de SO<sub>2</sub> al realizar ejercicio moderado puede causar reducciones en la función pulmonar, lo que puede acompañarse de síntomas como estornudos, opresión en el pecho y falta de aire (Evans *et al.*, 2002). Otros efectos que se han asociado con exposiciones crónicas a SO<sub>2</sub> aunadas con niveles elevados de partículas en el ambiente, incluyen enfermedades respiratorias como bronquitis y enfisema pulmonar, enfermedades de las membranas mucosas del tracto respiratorio, alteraciones en las líneas de defensa pulmonares, y agravación de enfermedades cardiovasculares preexistentes. En la Ciudad de México, se encontró que una exposición a 50 ppb de SO<sub>2</sub> en niños menores de 16 años estaba asociada con un incremento del 5% en visitas a emergencias por sintomatología de asma (Romieu *et al.* 1995).

En un estudio reciente se encontró que la exposición crónica a SO<sub>2</sub> está relacionada con la muerte prematura (Krewski *et al.* 2000). Sin embargo, en estudios realizados en México, la exposición aguda a SO<sub>2</sub> no se ha asociado con mortalidad (Evans *et al.* 2002).

Adicionalmente a los impactos directos en la salud de la población, el SO<sub>2</sub> es un precursor de partículas suspendidas secundarias, es decir, las emisiones de SO<sub>2</sub> pueden transformarse en ácido sulfúrico y sulfatos, que tienen impactos a la salud humana similares a los de las partículas suspendidas.

Finalmente, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas de color café, muy reactivo, que es un precursor importante del ozono y de la lluvia ácida. La exposición a NO<sub>2</sub> puede causar irritación pulmonar,

bronquitis y neumonía, así como disminución de la resistencia a infecciones respiratorias. Además, se ha encontrado que la exposición a este contaminante puede aumentar los síntomas de asma en niños, tos, gripe, dolor de garganta y ausentismo escolar. Varios estudios realizados en la ZMVM han encontrado asociación entre exposición a NO<sub>2</sub> y un incremento en visitas hospitalarias por IRA, tanto en menores de 15 años, como en adultos mayores (Tellez-Rojo *et al.* 1997, Torres-Meza 2000).

### Tóxicos en la atmósfera

El aire de las grandes zonas metropolitanas está frecuentemente contaminado con cientos de compuestos. Muchos de ellos no son contaminantes criterio, sino compuestos orgánicos volátiles, metales y otras sustancias que podrían incrementar potencialmente el riesgo de cáncer y otros efectos sistémicos en la salud. La Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) ha identificado 188 contaminantes tóxicos, entre los que se encuentran el 1,3-butadieno, el benceno, el formaldehído, y productos de la combustión incompleta (incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos), que son los principales contribuyentes del riesgo cancerígeno.

Se han realizado pocos estudios a nivel mundial y, en el caso de México, aparentemente, sólo se ha llevado a cabo un estudio para estimar la exposición y las concentraciones en la ZMVM (Serrano-Trespalcacios 1999). En dicho estudio se encontraron para el benceno, que es un reconocido carcinógeno humano, concentraciones promedio de 7 µg/m<sup>3</sup>; para 1,3-butadieno y formaldehído, clasificados como "probables" carcinógenos humanos, se encontraron niveles promedio de 1 y 3 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Además, se encontraron concentraciones de cadmio y níquel de 5 y 13 ng/m<sup>3</sup>, respectivamente, que pueden contribuir en forma moderada a los riesgos de cáncer en la ZMVM. Combinando las evidencias toxicológicas y los niveles medidos en la ZMVM de los tóxicos mencionados, así como de las emisiones de diesel, Evans *et al.* (2002) calculan que una disminución anual del 10% en las concentraciones de estos compuestos en la ZMVM podría resultar en una reducción de 100 casos de cáncer al año.

### Contaminación atmosférica en zonas rurales

En el área rural las fuentes más importantes de contaminación son los hornos alfareros y ladrilleros, la quema de campos de cultivo y la quema de biomasa

para cocinar y calentar el hogar. En los hornos ladrilleros se utilizan como combustibles las llantas, aceites y residuos industriales, emisiones que resultan ser altamente contaminantes, por tratarse de hidrocarburos, partículas suspendidas, CO, y óxidos de azufre. Un estudio (Blackman *et al.* 2000) encontró que las emisiones de las 350 ladrilleras en la región Ciudad Juárez/El Paso resultan en altas concentraciones ambientales de PM<sub>10</sub>, que se pueden asociar con 17 muertes, más de 100 casos de bronquitis crónica y 436 mil síntomas respiratorios anualmente.

La alfarería constituye una de las fuentes primarias de exposición al plomo en zonas suburbanas y rurales por el uso de óxido de plomo para hacer el vidriado para la cerámica. Además, la población alfarera se expone a otros contaminantes como partículas, HC y CO por las emisiones resultantes de la quema de combustibles utilizados en los hornos para quemar la loza, como leña, carbón, llantas, plásticos, residuos combustibles, estiércol, bagazo, celulosa y combustibles fósiles.

En México la combustión de leña o carbón es de particular relevancia por estimarse que en nuestro país la leña aporta entre el 8% y el 10% de la energía final y entre el 36% y el 45% de la energía del sector residencial (SENER 2002, Díaz-Jiménez 2000, Masera 1993, Sheinbaum 1996). Así, en 1990 uno de cada tres mexicanos utilizaba leña para cocinar, 91% de los habitantes en el área rural y 11% en zonas urbanas, y, para el año 2000, alrededor de 28 millones de personas la utilizaban para cocinar en fogones abiertos y otros dispositivos sin chimeneas conectadas al exterior (Díaz-Jiménez 2000). Se presentan diferencias importantes en las diversas regiones del país en cuanto al porcentaje de la población que utiliza biomasa para cocinar o calentar sus viviendas, siendo predominante en la zona sur del país (SSA 2001).

La contaminación de aire intramuros puede ser un factor de riesgo importante en términos de salud pública, ya que la población que utiliza leña al interior de la vivienda está expuesta durante muchos años a sustancias para las cuales existe evidencia de toxicidad, incluidos compuestos carcinogénicos, tóxicos para las mucosas y precursores de cáncer. Existen evidencias consistentes sobre el incremento significativo del riesgo de IRA en menores de cinco años, EPOC y cáncer de pulmón; asimismo, se ha documentado un incremento en la incidencia de infecciones en las vías respiratorias superiores, otitis media, asma, cáncer de tracto nasofaríngeo y de la laringe, tuberculosis pulmonar, insuficiencia ponderal del recién nacido y mortalidad de lactantes, así como cataratas e infecciones oculares. Aquellos que utilizan leña para cocinar se exponen durante tres a

siete horas diarias y los que la utilizan para calentar sus viviendas, pueden llegar a exponerse 24 horas del día. Mediciones al interior de la vivienda realizadas en zonas rurales mexicanas indican que las concentraciones llegan a ser en promedio de 550 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, y de entre 2 y 50 ppm en 24 horas para CO, siendo niveles que rebasan por mucho los estándares nacionales e internacionales de calidad del aire extramuros (Riojas *et al.* 2001).

### Suelo y residuos tóxicos

El suelo es una ruta de exposición importante para una serie de contaminantes ambientales como son los metales pesados, y compuestos químicos de origen antropogénico, como los compuestos orgánicos persistentes (COP) y los plaguicidas. El abandono o depósito de todo tipo de contaminantes en el suelo ha sido durante décadas una solución efectiva y barata para deshacerse de residuos, muchos de ellos tóxicos. A partir del depósito de un contaminante en el suelo se puede desencadenar una serie de procesos de movilización del mismo que dependerá tanto de las características fisicoquímicas del contaminante, como de las características geoquímicas del suelo.

El aire y el agua son muchas veces los agentes dispersantes de la contaminación presente en un suelo y pueden constituir las rutas de exposición para la población. Otras veces, la exposición a los contaminantes del suelo se produce por ingestión directa de éste, como es el caso en la actividad mano-boca que tiene especial importancia en la población infantil. También, de manera indirecta, los contaminantes presentes en un suelo pueden ser absorbidos y acumulados por la vegetación y, después, pasar a la fauna que consume esta vegetación. Cuando las sustancias contaminantes son bioacumulables la concentración del contaminante se amplifica a medida que se asciende en la cadena trófica, alcanzando finalmente a la población humana a través de los alimentos. Por último, el suelo puede constituir un sitio propicio para el desarrollo de agentes biológicos infecciosos si se utiliza como depósito de desechos representando riesgos importantes para la salud (INSP 1993).

### Metales pesados

Los metales pesados pueden estar presentes en el suelo de manera natural o ser el producto de la acumulación de desechos de actividades industriales. La

exposición a metales se ha asociado con efectos en la salud, como son: cáncer (arsénico), problemas gastrointestinales, disfunción del sistema nervioso y daño cerebral (mercurio y plomo) y enfermedades renales y hepáticas (cadmio) (UNEP 2004).

En México, la contaminación del suelo por metales se origina principalmente por la actividad minera e industrial. Por ejemplo, en Zacatecas hay contaminación por mercurio y plomo; en Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, y Morelos por plomo; en Hidalgo por manganeso, el cual existe de forma natural en el área. En el estado de Hidalgo un primer estudio en población de 14 a 80 años residente de zonas aledañas al sitio en el que se lleva a cabo la extracción y beneficio de manganeso, se encontró que aproximadamente 25% de los habitantes del poblado más próximo estaba afectado en sus componentes cognitivos y 8% en su función motora (ISAT 1998).

### Plomo

El plomo es un metal que ha tenido usos múltiples en la industria mundial. A partir de la reducción gradual del contenido de tetraetilo de plomo en las gasolinas en la ZMVM, de 1988 a 1998, las concentraciones de este metal en la atmósfera se redujeron de 3.5 a 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PROAIRE 2002-2010). En la actualidad, en México, las principales fuentes de exposición de la población incluyen alimentos o bebidas preparados y/o almacenados en utensilios de loza vidriada cocinada a bajas temperaturas (menores de 990 °C); alimentos contaminados por el uso de aguas negras para riego en los suelos de cultivo de tubérculos y raíces comestibles; residuos de industrias mineras y plantas de tratamiento de agua; y, emisiones de las industrias petroquímica, textil, metalúrgica, manufacturera de baterías, etc. (SSA 2002).

En el caso de la loza vidriada, el óxido de plomo se puede solubilizar al entrar en contacto con alimentos ácidos como vinagre, cítricos, jitomate, etc., quedando disuelto en los alimentos y bebidas que se consumen. De acuerdo con el Fondo Nacional para las Artesanías (FONART) la actividad alfarera se practica en 20 estados del país, existiendo aproximadamente 5 millones de alfareros ubicados en 122 comunidades. Los usuarios potenciales de la loza son las comunidades que la producen y también el resto de la población, por su aspecto artesanal y atractivo colorido.

Poblaciones que habitan en zonas cercanas a industrias con emisiones de plomo, incluso plantas industriales que ya están fuera de operación y cuyos

residuos se han dejado in situ sin un tratamiento adecuado, presentan niveles de plomo en sangre por arriba del límite máximo permisible de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . Tal ha sido la situación de localidades tales como Torreón, Coahuila, Monterrey, Nuevo León, y Chihuahua, en donde se tomaron muestras de plomo en sangre y se encontraron niveles promedio de 17.3, 15.2 y 41.3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , respectivamente (SSA 2002).

El plomo es una neurotoxina, con un amplio rango de efectos tóxicos sobre múltiples sistemas del organismo; la exposición aguda a concentraciones elevadas produce intoxicación severa que se manifiesta con encefalopatía de alta letalidad. La exposición crónica puede asociarse con un incremento en el riesgo de deficiencias neuropsicológicas, nefropatía, neuropatía periférica, anemia y alteraciones de la reproducción. Los efectos neurofisiológicos que se han asociado con la presencia de niveles bajos de este metal en la sangre se pueden manifestar como trastornos en el aprendizaje, hiperactividad, problemas conductuales, alteraciones en el crecimiento y disminución de la capacidad auditiva (Needleman y Bellinger 1991). Así, se ha reportado una disminución de entre 4.6 y 7.4 puntos de coeficiente intelectual (IQ) por cada incremento de 10  $\mu\text{g}$  de plomo por decilitro de sangre en niños, lo que puede tener un impacto importante a nivel poblacional (Canfield et al. 2003, SSA 2002).

Hasta la fecha no se ha encontrado función alguna de este metal en el organismo humano, tampoco se ha encontrado un umbral por debajo del cual no se presenten efectos y, por último, estudios recientes indican que algunos de sus efectos neurológicos son irreversibles. Dado lo anterior, la recomendación en términos de salud pública sería reducir las principales fuentes de exposición a plomo para lograr una disminución, al mínimo posible, de las concentraciones de plomo en sangre en la población.

### Contaminantes orgánicos persistentes

Entre los compuestos químicos conocidos como compuestos orgánicos persistentes (COP) se encuentran potentes plaguicidas (como DDT y clordano), productos químicos con fines industriales (bifenilos policlorados) y otros que son emitidos como subproductos no deliberados de la combustión y procesos industriales (dioxinas y furanos). Por definición, los COP coinciden con las siguientes propiedades: 1) son altamente tóxicos, 2) son persistentes en el ambiente, 3) se evaporan y desplazan a grandes distancias, y, 4) se bioacumulan. Debido al extenso uso que

muchos de estos compuestos tuvieron en el pasado, son contaminantes tóxicos para el ser humano que se encuentran frecuentemente en el suelo de sitios contaminados.

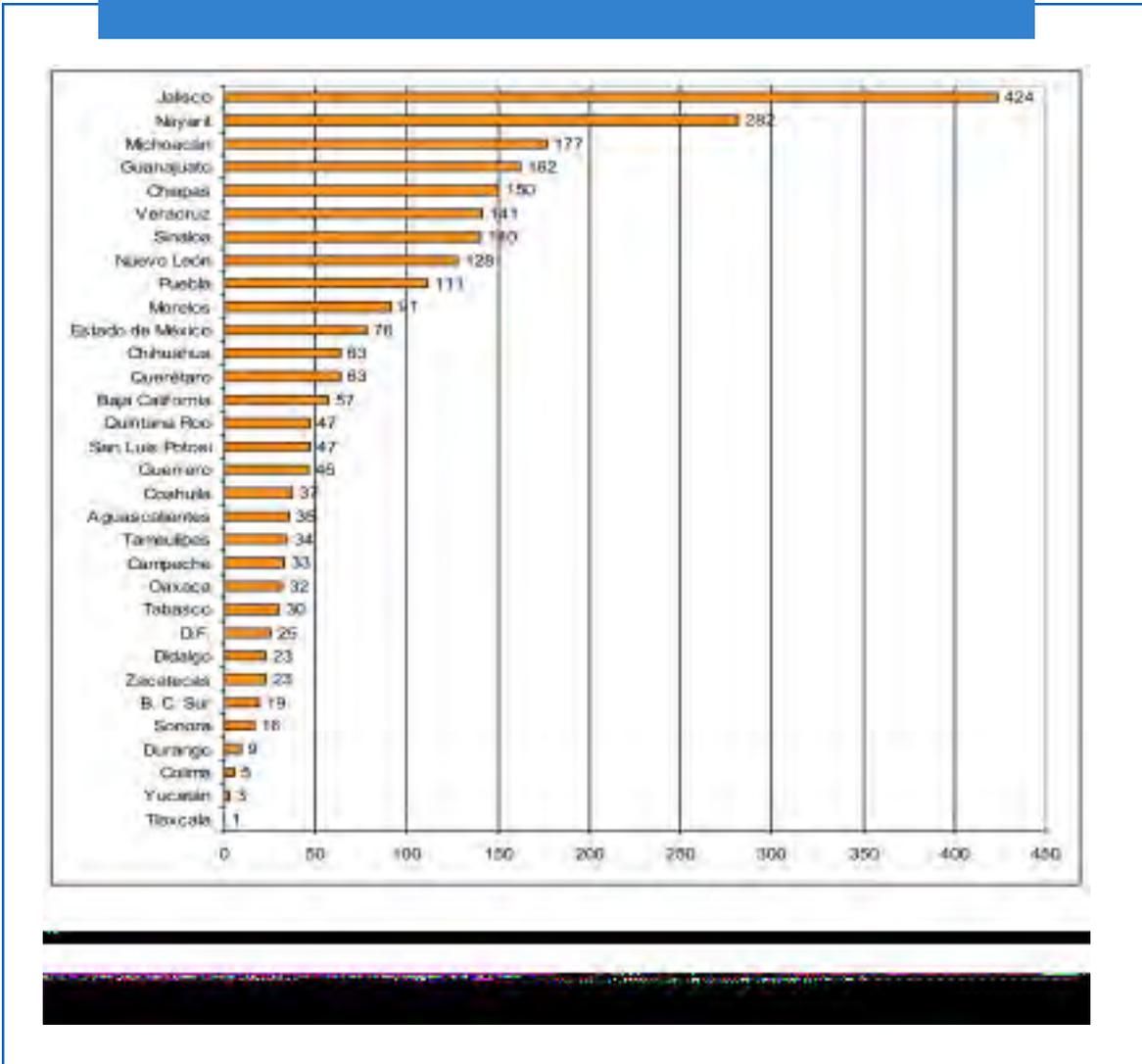
### Plaguicidas

Los plaguicidas son los productos tóxicos más ampliamente usados en México y en el mundo para lograr la producción de alimentos. Actualmente se

utilizan alrededor de 15,000 toneladas de plaguicidas en México, cifra que muestra un ligero incremento en los últimos cinco años (SEMARNAT). Así, en nuestro país de 1999 al 2000 las importaciones de plaguicidas crecieron en 28.2% (Subcomité de Comercio y Fomento Industrial 2001).

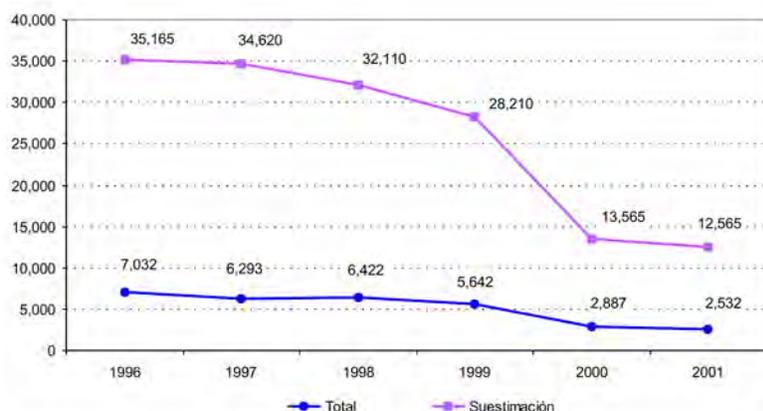
En México no se registran adecuadamente las intoxicaciones por sustancias tóxicas, solamente se cuenta con información para las causadas por plaguicidas, y al igual que en América Latina, el registro incluye primordialmente a las intoxicaciones agudas,

GRÁFICA 3.5. CASOS DE INTOXICACIONES POR PLAGUICIDAS



Fuente: SSA 2002e.

GRÁFICA 3.6. ESTIMACIÓN DE SUBREGISTRO DE INTOXICACIONES POR PLAGUICIDAS



Fuente: SSA 2002a.

tanto en trabajadores como en población general (SSA 2002). Como se muestra en la gráfica 3.5 los estados de Jalisco y Nayarit ocupan el primero y segundo lugar en la notificación de casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas en el país.

Aunque se observa una disminución en la tendencia de casos de intoxicación por plaguicidas reportados en el periodo que abarca de 1993 al 2001, ésta se ha presentado de manera muy irregular por entidad federativa, lo cual puede ser un indicador de subregistro (SSA 2002a). Se estima que el subregistro para México, es de aproximadamente cinco veces, lo que quiere decir que por cada caso que se registra, cinco casos no se incluyen en el registro. La gráfica 3.6 presenta una estimación del subregistro en nuestro país.

### DDT y clordano

México ha tenido avances significativos en materia de eliminación y reducción de riesgos por exposición a compuestos orgánicos persistentes como el DDT y el clordano. Estos avances se han dado dentro del marco del programa de manejo adecuado de sustancias químicas de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte a través de Planes de Acción Regional de América del Norte (PARAN) específicos para estas dos sustancias.

Se reconoce que la exposición al DDT afecta principalmente al sistema nervioso y que la ingesta accidental de grandes cantidades de DDT causa excitación, temblores y convulsiones. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)

determinó que el DDT puede posiblemente producir cáncer en seres humanos, y la EPA clasifica al DDT, DDE y DDD como probables carcinógenos humanos.

El principal objetivo del PARAN sobre DDT es reducir la exposición de los seres humanos y el medio ambiente al DDT y sus metabolitos, mediante la reducción gradual y la eliminación final de su uso para el control del paludismo, así como la eliminación de los usos ilegales. México redujo en 80% el uso de DDT entre 1997 y 1999 (de 525 toneladas a sólo 15 toneladas) y lo suspendió por completo en 2000, dos años antes de lo estipulado en el objetivo provisional del PARAN. México colabora ahora con los siete países de Centroamérica en un proyecto sobre DDT con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente que permitirá compartir la experiencia mexicana en el control del paludismo sin DDT (CCA 2003).

El objetivo del PARAN sobre clordano es reducir la exposición de los seres humanos y el medio ambiente al clordano, mediante la reducción gradual de sus usos registrados. La exposición al clordano afecta al sistema nervioso, sistema digestivo y al hígado en seres humanos. La ingesta de grandes cantidades de clordano puede producir convulsiones y causar la muerte. La IARC ha determinado que no es posible clasificar al clordano en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. Sin embargo, en ratones cuyo alimento se trató con niveles bajos de clordano se observó un mayor riesgo de cáncer del hígado.

El clordano sólo se utilizaba para el control de termitas. El PARAN presenta un método integral de control de plagas y aboga por la gestión controlada

de las existencias del producto y la eliminación gradual de su uso en América del Norte. El clordano ya no se produce en América del Norte, los remanentes se han agotado y la venta del ingrediente activo ya no está autorizada (CCA 2003).

### Generación de información sobre los riesgos ambientales

El conocimiento específico del estado de salud de la población y de los impactos causados por los factores ambientales requiere básicamente de tres estrategias bien integradas. La primera se basa en el desarrollo del conocimiento universal y local sobre los impactos a la salud por exposición a factores ambientales a partir de la investigación. La segunda estrategia consiste en la recolección de la información factual local, regional, nacional o global, sobre la población, las exposiciones a condiciones, procesos o sustancias peligrosas y las enfermedades y causas de muerte, a partir de los sistemas de registro, que son esencialmente gubernamentales. Finalmente, la tercera se basa en la evaluación, sistematización y análisis de la información colectada, a través del análisis de riesgos y de la conformación de indicadores de salud.

### Información disponible a partir de investigación

En México el porcentaje del PIB invertido en ciencia y tecnología es de cerca del 0.4%, estimado en 2002 a 25,374.2 millones de pesos (CONACYT 2003). Del presupuesto total ejercido en salud para la población no asegurada se dedica un 0.03% a actividades de investigación científica y tecnológica en la materia. Aunque se carece actualmente de una cifra oficial de qué porción de este presupuesto asignado a salud guarda relación con factores ambientales, estos datos pueden dar un panorama de la magnitud de la inversión en investigación en salud en su totalidad.

### Sistemas de registro

En cuanto a los sistemas de registro, en México se han desarrollado numerosos sistemas de registro y bases de datos que pueden ser útiles en materia de salud y ambiente, entre estas se encuentran:

- . Censo Nacional de Población (INEGI)
- . Mortalidad (anual) (INEGI y SSA)
- . Sistema Único de Información para la Vigilancia

Epidemiológica (DGE/SSA)

- . Sistema Epidemiológico y Estadístico de Defunciones
- . Sistema de Notificación Semanal de Casos Nuevos
- . Registro Histopatológico de Neoplasias Malignas
- . Sistema Nacional de Información Ambiental (INEGI y SEMARNAT)
- . Encuesta Nacional de Nutrición (SSA)
- . Encuesta Nacional de Caries y Fluorosis Dental (CNVE)

Algunos otros sistemas, menos regulares y más específicos, son en algunos casos esfuerzos incipientes que carecen de una periodicidad determinada. Entre ellos están:

- . Diagnostico de Salud Ambiental (DGSA/SSA)
- . Análisis de años de vida perdidos (DGIED/SSA)
- . Análisis de años de vida con discapacidad (DGIED/SSA)
- . Sistema Integrado de Clorinación de agua /entidad (DGSA/SSA)

Se cuenta con bancos importantes de registros e información, pero pocos esfuerzos se han consolidado sobre la vigilancia continua de las concentraciones de contaminantes en el ambiente, exposiciones ambientales y sus efectos en la salud. Una excepción la constituyen los trabajos de la Comisión Ambiental Metropolitana en relación con la información sobre los contaminantes indicadores de la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, así como los esfuerzos en otras ciudades para sistematizar los monitoreos de contaminantes criterio, como sucede en Guadalajara, Monterrey, Puebla, Ciudad Juárez, entre otras. Además se lleva a cabo un esfuerzo intersecretarial, con el liderazgo de SEMARNAT, para dar a conocer a la población la calidad del agua recreativa en las principales playas del país.

### La vigilancia sanitaria ambiental y las evaluaciones de riesgo

Una de las herramientas básicas para la vigilancia sanitaria ambiental utilizada en varios países y reconocida por los organismos reguladores del comercio internacional es la evaluación de riesgo para la toma de decisiones. La evaluación de riesgo consiste en la identificación del peligro, evaluaciones de exposición y dosis-respuesta y la caracterización del riesgo. La información de estas evaluaciones puede ser muy útil para determinar necesidades y niveles de control.

En el caso de México, las evaluaciones de riesgo en las entidades gubernamentales de salud y de ambiente no se realizan de forma continua y permanente, por lo que la población está expuesta a riesgos potenciales que no han sido evaluados acorde a sus características específicas. Tal es el caso de sustancias químicas, plaguicidas, alimentos, procesos y servicios que en otros países con mayor desarrollo son objeto de evaluación, así como la vigilancia de efectos y la consecuente adecuación de los límites máximos de exposición a contaminantes del agua o a contaminantes aéreos en ambientes laborales y generales.

Existen varias limitantes para un mejor conocimiento de la salud ambiental en relación con la carga de enfermedad de la población y para el manejo de los riesgos ambientales. Las tres estrategias mencionadas con anterioridad presentan limitantes como la lentitud en la generación de conocimiento sobre las sustancias tóxicas y los efectos de exposiciones múltiples, tanto a nivel nacional como internacional. El proceso aún no consolidado de todos los esfuerzos para lograr una mayor cobertura de los datos de salud y la falta de acceso a la información desagregada que permita el análisis de la problemática actual en esta materia por parte de otras entidades gubernamentales y no gubernamentales.

### Vulnerabilidad humana

La mayor parte de los cambios del medio ambiente son ocasionados por la actividad humana, sin menoscabo de fenómenos naturales que pueden implicar altas concentraciones de sustancias tóxicas y toxinas de origen natural o eventos extremos como terremotos, desbordamientos o deslaves, entre otros. Esta es la premisa principal que ha fortalecido el enfoque homocentrista de los análisis del medio ambiente, bajo el cual nos hemos excluido como una más de las poblaciones animales. Por otra parte, la complejidad de la sociedad humana y, en particular, el papel preponderante de las actividades económicas en su organización y la desigual distribución de la riqueza y de los recursos naturales, ha sustentado análisis parciales en los cuales reiteradamente nos auto excluimos del resto de las poblaciones animales, soslayando la base biológica de nuestra vulnerabilidad.

Esta sección del presente capítulo hace un análisis integrado del papel de los seres humanos como actores principales de las fuerzas conductoras (presiones), describiéndonos también como una más de las poblaciones animales (estado) que experimentan, di-

recta e indirectamente, los efectos de las actividades antropogénicas y fenómenos naturales (impacto) y como únicos actores en la conducción de la respuesta. La vulnerabilidad de los humanos a las condiciones ambientales tiene dimensiones sociales, económicas y ecológicas (GEO 3), y esta vulnerabilidad radica principalmente en nuestra identidad biológica, representada en esencia por los genes y, de manera paralela, por nuestra forma de organización, asentamientos, apropiación del medio ambiente y distribución social de los recursos. Ha sido explicitado que todos somos vulnerables en cierto modo a las amenazas ambientales y que esto puede socavar el proceso completo de desarrollo sostenible en los países en desarrollo (Clark *et al.* 1998). Sin embargo, es importante señalar que, por diversas razones que se explican más adelante, existen poblaciones humanas más vulnerables que otras, como son: los niños/as; los adultos mayores, los indígenas, los pobres, las mujeres en edad productiva y reproductiva y ciertos grupos de trabajadores/as.

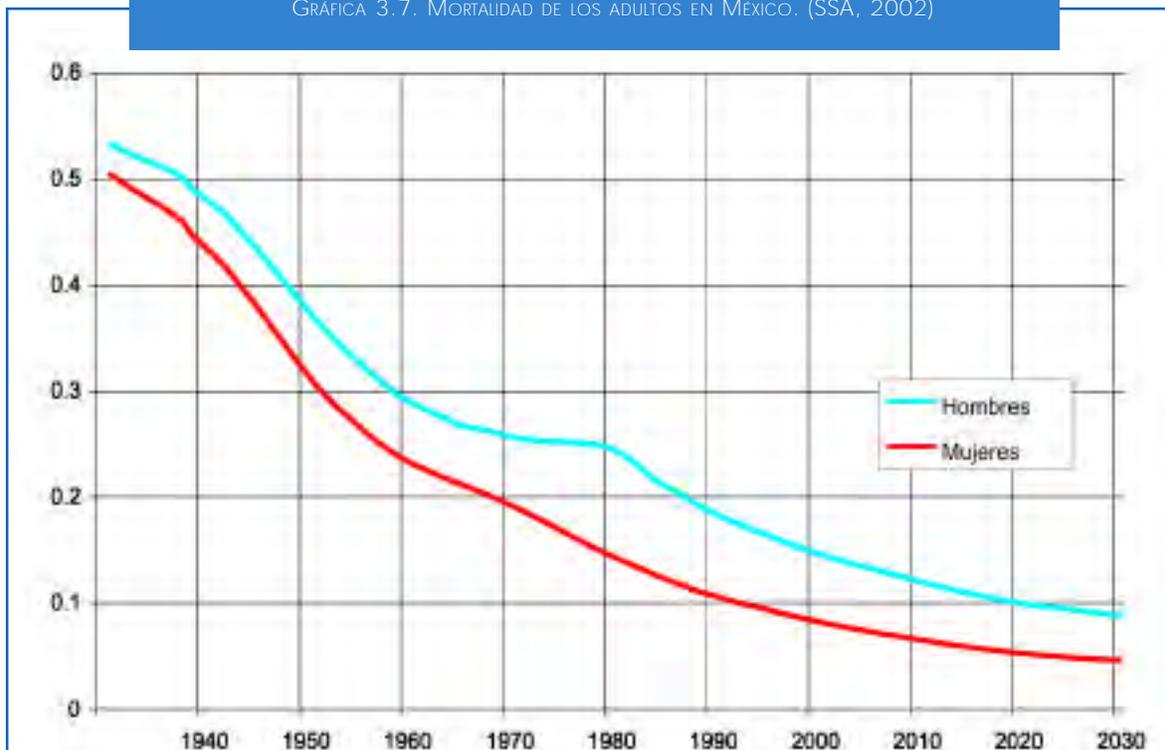
En este apartado se describe también la estructura de la población y la tendencia denominada "transición de riesgos", así como los grupos considerados vulnerables, conjuntando información del conocimiento universal y datos específicos de México. Se incluye además información que contribuye al reconocimiento de la vulnerabilidad humana ante los riesgos ambientales.

### Estructura de la población y transición de riesgos

México sigue presentando contrastes importantes en muchas dimensiones. La concentración urbana coexiste con la dispersión rural; el rápido envejecimiento de la población se acompaña de una alta proporción de personas jóvenes, y las desigualdades entre regiones del país y entre grupos poblacionales se han polarizado aún más. La estructura poblacional actual refleja la inversión de la pirámide, pues los grupos de población de 45 años y mayores sobrepasan el número de niños, y alerta sobre una población predominantemente mayor, que para el año 2025 representará el 75% de la población. El cambio de la pirámide poblacional se explica principalmente por un descenso sostenido en la mortalidad de los adultos (gráfica 3.7), así como por el abatimiento de la tasa de fecundidad (Lozano 2002).

A la vez que se ha dado este cambio en la pirámide poblacional, se ha presentado un cambio en los perfiles de morbilidad y mortalidad con una transición de riesgos. Así, en el país, los riesgos re-

GRÁFICA 3.7. MORTALIDAD DE LOS ADULTOS EN MÉXICO. (SSA, 2002)



Fuente: SSA 2003.

lacionados con el saneamiento básico y la pobreza, entre otros, van siendo desplazados y a la vez coexisten con los riesgos relacionados con el desarrollo, principalmente la industrialización y las concentraciones urbanas masivas, así como con el mejoramiento de la atención médica y la cobertura de los programas de salud pública. Estos riesgos se manifiestan en la vigencia de las enfermedades transmisibles, de la nutrición y de la reproducción, denominadas del rezago, a la vez que se presenta un incremento de las enfermedades no transmisibles y lesiones. El cuadro 3.5 presenta las principales causas de muerte en 1991, 2000 y 2001. Se puede observar como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y los tumores malignos pasan a formar parte de las diez principales causas de muerte, mientras que la desnutrición deja de estar entre este grupo de causas, y las afecciones perinatales bajan del tercero al séptimo lugar en importancia. Como se verá en otro apartado de este informe, se reconoce que tanto para las EPOC

como para los tumores malignos, las causas ambientales representan de 20 a 25% y de un 33 a 50% de riesgo atribuible, respectivamente.

#### Poblaciones vulnerables

Entendemos como vulnerabilidad humana la mayor sensibilidad de un ser humano a los efectos de factores adversos para su salud, en este caso factores ambientales adversos. Esta vulnerabilidad está determinada por condiciones de edad, género, estrato socioeconómico y ocupación, que generan una mayor debilidad del organismo ante el contacto o exposición a factores ambientales adversos.

#### Niños

Los niños son particularmente vulnerables a las condiciones ambientales deficientes, tal como la mala

CUADRO 3.7. PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE EN MÉXICO. ESTIMACIONES PARA 1991, 2000 Y 2001

1991		2000		2001	
Causa	%	Causa	%	Causa	%
Cardiopatía	7.5	Diabetes mellitus	10.3	Enf. del corazón	15.9
Diabetes mellitus	6.6	Cardiopatía isquémica	9.9	Tumores malignos	12.7
Afecc. perinatales	5.4	Enf. cerebrovasc.	5.8	Diabetes mellitus	11.9
Infec. Resp. bajas	5.1	Cirrosis hepática	5.4	Accidentes	8.0
Enf. cerebrovasc.	5.1	Afecc. perinatales	4.3	Enf. del hígado	6.3
Cirrosis hepática	4.5	EPOC	3.8	Enf. cerebrovasc.	5.8
Enf. diarreicas	4.5	Infec. Resp. bajas	3.6	Afecc. perinatales	4.1
Homicidio	3.7	Homicidio	2.8	Influenza y neum.	2.6
Accid. de tráfico	3.4	Accid. de tráfico	2.4	EPOC	2.5
Desnutrición	2.7	Desnutrición	2.2	Homicidio	2.3

Fuente: SSA 2002d.

calidad del aire o del agua, o presencia de sustancias químicas, entre otras. Esto se debe principalmente a su conducta, a los factores relacionados con su exposición y su fisiología, a la etapa de desarrollo en la que se encuentran, así como a su condición social (OPS 2003). En México, los menores de 18 años conforman cerca del 44% de la población total (INEGI 2000a), por lo que constituirán la fuerza productiva del futuro.

**Conducta/exposición:** los niños están más cerca del suelo debido a su estatura y a su desarrollo físico normal. Viven más cerca del suelo, se acuestan, gatean y se llevan las manos a la boca con frecuencia. Pasan más tiempo al aire libre que la mayoría de los adultos, y muchas veces sus juegos demandan bastante energía, por lo que necesitan inhalar más aire por peso corporal que los adultos. Cuando los ambientes abiertos están contaminados, los niños están más expuestos y tienen menos probabilidades de protegerse. Además, ingieren más alimentos y bebidas que los adultos en proporción a su peso, por lo que cuando éstos están contaminados, los niños ingieren mayor cantidad de contaminantes en relación con su masa corporal, y en consecuencia las dosis son mayores.

**Fisiología:** Los niños tienen una menor capacidad para metabolizar, desintoxicar y excretar sustancias tóxicas que los adultos y, por lo tanto, son más vulnerables a éstas. No todas las enzimas y compuestos que forman parte de las rutas metabólicas en los adultos están presentes en los recién nacidos, los riñones y la función renal tampoco están totalmente desarrollados. Las rutas metabólicas no funcionan aún completamente, propiciando algunas veces que se utilicen rutas que en la madurez no son las principales ni

las más eficientes. Por estas razones las sustancias xenobióticas tienden a pasar más tiempo dentro del organismo, ejerciendo su efecto tóxico. El tiempo de integración de dichas rutas es mayor en los niños prematuros que en los que nacieron con peso y en tiempo de gestación dentro del promedio, por lo que los primeros están en mayor riesgo al exponerse a tóxicos.

En México, el bajo peso al nacer afectó en el año 2000 al 7.56% del total nacional de recién nacidos vivos y en 13 de 32 entidades federativas se observaron porcentajes por encima de la media nacional (SSA 2003).

Los niños también experimentan un crecimiento y un desarrollo muy intensos desde la etapa fetal hasta los primeros años de vida y la adolescencia, y los contaminantes ambientales pueden afectar estos procesos de desarrollo. El sistema nervioso central, el inmunológico y el endócrino son particularmente vulnerables durante el crecimiento, que abarca desde la concepción hasta la adolescencia, y se consideran sistemas críticos debido a que cada uno de ellos va ampliando y madurando sus funciones conforme se desarrolla. Los efectos de los tóxicos sobre estos sistemas pueden alterar este proceso y producir daños irreversibles (Miller *et al.* 2002).

La vulnerabilidad de niños puede ser más grave durante la etapa perinatal. Hay evidencia que demuestra que los fetos pueden experimentar efectos por contaminantes ambientales aún más que sus madres. Ha sido demostrado en estudios (Perera *et al.* 1999) durante la etapa fetal el paso transplacentario de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH, por sus siglas en inglés) y de los constituyentes del humo del tabaco, los aductos PAH-DNA en la sangre materna y del recién nacido se

incrementan por la exposición ambiental y el feto es más sensible al daño genético que la madre. Los eventos prenatales se pueden asociar con el cierre del tubo neural, así como con la proliferación de neuronas y la migración de las neuronas corticales. Existe evidencia de que varias sustancias inmunotóxicas pueden causar efectos temporales en animales en período de gestación, mientras que causan efectos irreversibles en el feto. Entre las sustancias xenobióticas que pueden atravesar la placenta están el clordano, el benzo(a)pireno, el dietilsibestrol y las dioxinas, las cuales impiden el desarrollo del sistema inmunológico en la etapa fetal, resultando en la involución temprana del timo y la inmunosupresión de por vida (Holladay y Smialowicz 2000, Lai *et al.* 2000).

Las etapas de desarrollo embrionario y la niñez temprana se pueden considerar como ventanas de vulnerabilidad para la exposición a cancerígenos por su posible asociación con leucemia, linfoma, cáncer de cerebro y testículos (Reis *et al.* 1999). En México para el año 2000 la leucemia linfocítica fue el tipo de cáncer más frecuente en los grupos de edad de 1 a 14 años en ambos sexos. Por otra parte, durante la gestación, la mayor parte de los tóxicos que ingresan al cuerpo de la madre atraviesan la barrera transplacentaria y muchas veces alcanzan concentraciones aún mayores en el feto que en la madre.

El uretano, el cloruro de vinilo y las alquilnitrosoureas son sustancias con efectos cancerígenos demostrados, relacionados con exposiciones durante etapas críticas de desarrollo, por lo que algunos expertos han propuesto revisar las normas de calidad de aire con base en evaluaciones de riesgo que consideren la protección a la población infantil (Miller *et al.* 2002).

**Situación social.** La pobreza, la malnutrición y la llamada injusticia ambiental, que se refiere a las afectaciones negativas al ambiente causadas por actividades económicamente redituables para un particular que afectan el agua, el aire o la salud de comunidades que no han sido beneficiadas por la actividad o los productos de la acción contaminante, aumentan las probabilidades de exposición de los niños a las sustancias contaminantes y la susceptibilidad a sus efectos. La interacción entre pobreza, estado nutricional y exposiciones ambientales, ejerce un efecto adverso potenciado sobre la salud infantil. En México, el 18% de los niños menores de 5 años presenta una talla menor a la ideal, siendo el efecto talla tres veces más frecuente en las zonas rurales que en las urbanas y cuatro veces mayor en las zonas pobres del sur del país que en los estados del norte (SSA 2001).

Otro grupo vulnerable es el de las niñas y los niños que migran con sus familias como jornaleros agrícolas;

existen aproximadamente 1.400,000 niñas y niños en esta condición; 900,000 de ellos trabajando como jornaleros agrícolas en cultivos de agroexportación (SEDESOL 2000), lo que dificulta su asistencia constante a la escuela e implica, en general, que se encuentren expuestos a plaguicidas y condiciones inadecuadas de vivienda. Solamente en el grupo de entre 12 y 17 años se encontraban trabajando 3,526,000 niñas y niños en todo tipo de trabajo (INEGI 1996a), situación que perpetúa la pobreza y los expone a riesgos del ambiente laboral a edades tempranas.

## Mujeres

Otro grupo vulnerable estrechamente ligado al anterior son las mujeres. Existen dos condiciones básicas que determinan la vulnerabilidad de las mujeres ante las exposiciones a factores ambientales adversos, una de ellas determinada por su biología y la otra por la sociedad.

**Biología/Fisiología.** Las fluctuaciones hormonales en las mujeres son mucho más marcadas que en los hombres, los niveles de estrógenos y progesterona presentan altibajos importantes de manera continua en su vida adulta, en lo que se denomina ciclo menstrual. Dichas fluctuaciones se manifiestan más severamente durante su desarrollo, es decir en su adolescencia y en el período de la menopausia. Durante la primera mitad del ciclo menstrual, ambas hormonas presentan de manera consecutiva una elevación (primero los estrógenos y en una segunda etapa la progesterona) que viene acompañada de una actividad más intensa y eficiente del sistema inmune, mientras que en la segunda mitad del ciclo, en la etapa premenstrual la presencia de dichas hormonas disminuye, al igual que la actividad inmunológica. Existe evidencia sobre el aumento de riesgo de cáncer de mama en mujeres sometidas a altas dosis de radiaciones durante la pubertad, comparadas con aquéllas que se expusieron a dosis similares después de la pubertad (National Research Council 1999).

Los cambios hormonales importantes se presentan también durante y después del período de embarazo, mismos que conllevan al consecuente cambio en los patrones de eficiencia del sistema inmune, el cual se responsabiliza de la protección del organismo ante agentes externos, como pueden ser los contaminantes ambientales. La maternidad y el período de lactancia requieren de la movilización de minerales de reserva en el cuerpo de las madres. Cuando éstas han estado expuestas a metales como el plomo y éste se ha almacenado en los huesos, dichos contaminantes se movilizan afectando tanto a la

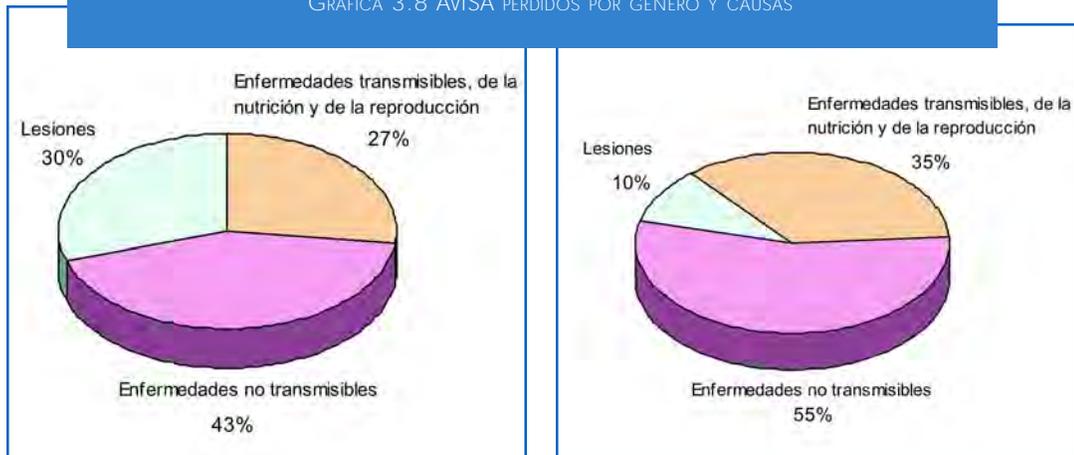
madre como al feto. Por otra parte, los factores estresantes propios de la vida contemporánea, sesgan la actividad de las glándulas suprarrenales, generando de una forma acelerada y sostenida la producción de adrenalina agotando prácticamente a las demás glándulas, sin dar el tiempo suficiente a la noradrenalina de actuar. Esto se traduce en un tipo de desgaste glandular que debilita la respuesta del organismo ante agentes externos. Aunque este fenómeno fisiológico de respuesta se presenta por igual tanto en mujeres como en hombres, las características mencionadas en el siguiente apartado subrayan factores estresantes específicos en las vidas de las mujeres.

**Organización social.** La desigualdad histórica entre los géneros es uno de los factores que ha definido la morbilidad y la mortalidad entre hombres y mujeres. Debido a su condición de género las mujeres enfrentan circunstancias desfavorables para el cuidado de su salud; su rol de género le define una posición social y un rol específico en la familia, en un marco de condiciones sociales de inequidad que las coloca en una situación de vulnerabilidad (Castro y Salazar 2000). Aunque las propias condiciones de fortaleza biológica de las mujeres se expresan en una esperanza de vida mayor que la de los hombres, las condiciones sociales adversas afectan su salud de manera que expresan mayor morbilidad (Szcz 1995).

La esperanza de vida no implica necesariamente una mejor calidad de la misma. De acuerdo a la determinación social de los roles, las mujeres son quienes más carga de trabajo tienen en los hogares y quienes menores ingresos laborales perciben en comparación con los varones. Las ocupaciones remuneradas y no remuneradas que las mujeres desempeñan

están determinadas a partir de la concepción social de su papel como mujeres. Estas son, al igual que los niños, quienes más tiempo pasan en el ambiente intramuros del hogar, además de que en México el 36% de las mujeres mayores de 14 años se desempeñan en alguna actividad laboral, en el 20% de los hogares son mujeres las jefas de familia y aproximadamente 20 millones se encuentran en edad reproductiva. Constituyen el 32% de la Población Económicamente Activa (PEA) (INEGI 2000), lo cual significa que están potencialmente expuestas a factores de riesgo propios del ambiente laboral. Es importante señalar a este respecto que existe una distribución del tipo de trabajo por género, es decir: que a partir de la construcción social de qué tipo de actividades son propias para las mujeres y cuales para los hombres, se determinan los puestos de trabajo que se les ofertan, considerándolo implícitamente, por lo general, como parte del perfil del puesto. Así las mujeres se ven ubicadas en trabajos repetitivos, monótonos y con pocas posibilidades de ascenso, entre otras características consideradas como determinantes de trabajos altamente estresantes. Las demandas excesivas, la dificultad para cumplir con las responsabilidades dentro y fuera del hogar, son al igual que otros factores psicosociales adversos, causantes de estrés y uno de los efectos del estrés crónico es la depresión del sistema inmune, lo cual potencialmente acentúa la vulnerabilidad de este grupo de población a las exposiciones ambientales adversas. Finalmente, la exposición a sobrecargas de trabajo, factores de riesgo físico, químico, biológico y ergonómico en los ambientes del trabajo y en el hogar, es otro aspecto importante a considerar en la definición

GRÁFICA 3.8 AVISA PERDIDOS POR GÉNERO Y CAUSAS



Fuente: Lozano 1996.

de este grupo poblacional como un grupo de mayor vulnerabilidad.

Estos factores, tanto sociales como biológicos, contribuyen a la alta vulnerabilidad de las mujeres. Por ejemplo, Lozano (1996) reporta que los años de vida perdidos por incapacidad en este grupo de población representaron cerca del 10% del total nacional de enfermedades (pérdidas de salud en la sociedad), en 1994. De esa cantidad, el 40% correspondía a muertes prematuras y el 60% a los años de vida vividos con discapacidad, siendo el 59% de los padecimientos que más afectan en esa edad los relacionados con enfermedades no transmisibles. El mismo autor reporta que los tumores de cérvix y de mama son la principal causa de muerte, pero ese lugar preponderante baja cuando el perfil se ordena de acuerdo con Años de Vida Saludable (AVISAS) perdidos ajustados por discapacidad, ya que este tipo de neoplasias implica pocos años de vida con incapacidad. La mortalidad femenina debida a todos los tipos de cáncer, aumenta a partir de los 25 años, mientras que en los hombres, a partir de los 45. En este sentido la proporción de defunciones en México para el año 2001 fue de 51.8% para las mujeres y 48.2% para los hombres (Kuri *et al.* 2003). En general, de acuerdo a lo reportado por Lozano (1996), las mujeres contribuyen con más años de vida saludable perdidos, debidos tanto a enfermedades transmisibles como a crónicas que los varones, según se ilustra en la gráfica 3.8.

## Pobres

La caracterización de la población así como el estudio de sus efectos es un tema complejo, que parte de diversas aproximaciones conceptuales y metodológicas (Boltvinik 2003) cuya discusión sobrepasa los alcances de este informe, sin embargo, lo que se puede asumir es que la pobreza, determinada por necesidades básicas insatisfechas, entre las que se encuentran la alimentación y las condiciones sanitarias elementales, es determinante de estados de salud precarios o deteriorados. Para el caso de la población mexicana, en los censos se ha establecido lo que se denomina índice de marginación, el cual establece cinco grados basado en once indicadores que incluyen aspectos de ingreso, servicio médico, educación y servicios públicos, y la vivienda. Se sabe que la pobreza es mayor en el área rural que en la urbana; en México hacia 1992 el porcentaje de pobres rurales era de alrededor de 2.7 veces el observado en los contextos urbanos, mientras que hacia el año 2000, la relación aumentó a 3.4 veces. En lo que respecta a las condiciones de salud, según

lo reportado por Lozano (1996), la gráfica 3.9 representa los años de vida saludable perdidos (AVISAS, un indicador compuesto) para las zonas rural y urbana del país, en el que se muestran diferencias importantes al analizar los AVISAS para causas específicas que se presentarán más adelante en otro apartado de este capítulo.

Otro indicador importante de salud es la esperanza de vida al nacer. En México, según datos del 2000 (SSA 2000), hay cinco de los 32 estados que se encuentran en un grado de marginación muy alto, al contrastar los datos de esperanza de vida con los de los cuatro estados que tienen un grado de marginación muy bajo, se evidencia una diferencia importante, entre ellos y con respecto a la media nacional (74.03), como se ilustra en el cuadro 3.8.

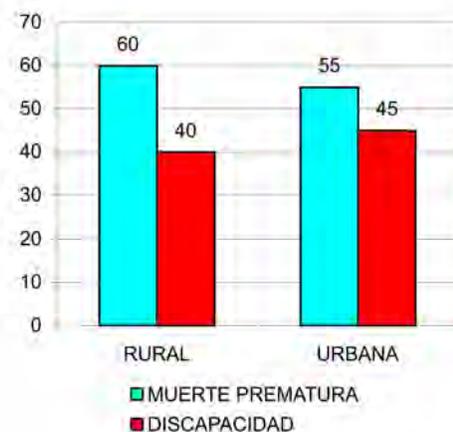
Por otra parte, cabe señalar que los municipios de alta marginación también son aquéllos en donde se asienta la mayor concentración de indígenas, por lo que en este apartado se darán datos tanto de estados o zonas de alta marginación como de poblaciones indígenas, que en su calidad de pobres, son igualmente vulnerables que los pobres no indígenas. Sin embargo, la vulnerabilidad de esta población a sufrir efectos negativos en su salud por exposiciones y deterioro ambientales radica en varias causas específicas relacionadas, como son:

- Falta de integración en el modelo de desarrollo económico y social predominante en el país.
- Condiciones de vivienda deficientes.
- Alta prevalencia de desnutrición que conlleva a desventajas orgánicas y fisiológicas.
- Dependencia directa de los recursos naturales para su subsistencia.

Ligado a estos aspectos, los indígenas desarrollan en muchos casos trabajos agrícolas de manera temporal, viajando y contratándose las familias completas. Una gran parte de ellos no hablan el español y viven en bodegas o habitaciones improvisadas en muchas ocasiones dentro de los campos de cultivo, lo cual resulta en altas exposiciones a plaguicidas. En México, tan solo en una zona de cultivo de tabaco en una temporada (1994-1995) se emplearon 33 mil jornaleros, de los cuales el 80% eran indígenas (Pacheco 1999: 112).

La mayoría de los indígenas en México habita en municipios de muy alta marginación en donde las enfermedades del rezago epidemiológico, es decir, aquéllas asociadas fundamentalmente con el saneamiento básico y la higiene, tienen una tasa de mortalidad 40% mayor que en los municipios de muy baja marginación (SSA 2003). Se estima que cerca del

GRÁFICA 3.9. AVISA PERDIDOS EN ZONAS RURALES Y URBANAS



Unidades: porcentaje de años perdidos por muerte prematura y por discapacidad en áreas rurales y urbanas. México, 1994. Rural: total: 6.2 millones. Urbana: total: 6.8 millones. Fuente: SSA 2002e.

CUADRO 3.8. ESPERANZA DE VIDA EN ESTADOS CON GRADO DE MARGINACIÓN MUY ALTO

Estado	Grado de marginación	Esperanza de vida en el estado
Chiapas	Muy Alto	72.29
Oaxaca	Muy Alto	72.52
Guerrero	Muy Alto	72.54
Veracruz	Muy Alto	73.09
Hidalgo	Muy Alto	73.18
Baja California	Muy Bajo	75.36
Distrito Federal	Muy Bajo	75.33
Nuevo León	Muy Bajo	75.02
Coahuila	Muy Bajo	74.87

Fuente: SSA 2000.

10% de la población infantil, considerando esta de 15 años y menos, es indígena, lo que equivale a aproximadamente 3.25 millones de menores marginados, pertenecientes a 63 grupos indígenas en el país (INEGI 2000a). En estos niños y niñas la tasa de mortalidad es 58% más alta que la del resto de la población infantil del país (SSA 2001, OPS 2003), lo que refleja la interacción entre las condiciones de marginación y la vulnerabilidad por pertenecer a ese grupo de edad.

Muchas mujeres en edad reproductiva pertenecen a grupos indígenas. Para este grupo en particular, es especialmente importante la práctica de la recolección y quema de leña al interior de la vivienda. Se

estima que ellas cargan toneladas de leña anualmente, lo cual tiene un efecto adverso sobre el sistema osteomuscular, sistema susceptible en las mujeres debido al comportamiento hormonal y a su relación con el aumento de la gravedad del efecto. Por otra parte, debido al consumo de biomasa para cocinar y calentar los hogares, las mujeres y los niños se exponen a concentraciones de monóxido de carbono, partículas suspendidas e hidrocarburos que exceden en varios órdenes de magnitud los límites máximos permisibles establecidos para estos contaminantes en ambientes extramuros.

En México, la población indígena asciende a más de 7 millones de personas en todo el país, según la

clasificación de INEGI, hecha con base en lengua indígena (INEGI 2000). Mientras que, según las medidas empleadas en el año 2000, 24 millones de personas se encontraban en condiciones de pobreza alimentaria, 31 millones en pobreza de capacidades y 53 millones en pobreza de patrimonio (Zúñiga y Gómez 2002).

### Trabajadores

La población trabajadora, particularmente en los sectores industrial y agroindustrial, se considera vulnerable por las potenciales exposiciones constantes o frecuentes a elevadas concentraciones de tóxicos, altos niveles de ruido y radiación entre otros factores de riesgo asociados con el ambiente laboral. No obstante, los estudios epidemiológicos consideran el sesgo del trabajador sano, que se refiere al hecho que los trabajadores que se mantienen en la producción son los sanos, ya que los que ven afectada su salud durante los años productivos salen de la fuerza de trabajo, por incapacidad, invalidez o muerte.

El trabajo tiene efectos positivos y negativos en la vida y salud de las personas. Las exposiciones a agentes físicos y químicos en el lugar de, o durante el desarrollo del trabajo, pueden resultar en una variedad de enfermedades ocupacionales. Actualmente, es en los países en desarrollo en los que se presentan mayores retos en la salud ocupacional, ya que en estos países no sólo se encuentra el 70% de la población mundial, sino que también han presentado un rápido crecimiento poblacional, industrial y económico en los últimos treinta años. Este proceso es acompañado por efectos sobre la salud relacionados con la exposición humana a peligros industriales (Christiani 2003). Los patrones dinámicos de empleo, considerando el empleo flexible, la rápida entrada de las mujeres al mercado de trabajo y el creciente empleo informal, representan en México un reto para el estudio, documentación y control de los daños a la salud relacionados con el trabajo. Particularmente la rotación y el empleo informal, representan para este grupo de población un factor de vulnerabilidad importante, ya que en unos se interrumpe la protección de la seguridad social mientras que en otros simplemente no se tiene ninguna protección, de tal forma que en ambos casos las exposiciones a agentes físicos químicos y biológicos no son controladas bajo condiciones de seguridad, y se superponen a cualquier otra exposición de origen ambiental.

En México la población ocupada asciende a 33.7 millones, que representa 34.6% de la población total.

De la población ocupada, el 71% labora en la economía formal, mientras que el 29% restante trabaja por su cuenta, en unidades productivas familiares sin goce de sueldo, y en otras actividades no especificadas.

Del total del personal ocupado en unidades económicas, el 31.6% (INEGI 2000) está conformado por mujeres. De acuerdo con una distribución diferencial por género y tipo de actividad, éstas se ubican en proporciones menores al 10% en los sectores de actividades pesqueras, de minería, de la construcción, y de transportes y comunicaciones, mientras que en los sectores de manufactura, de comercio y de servicios, su participación es alrededor del 40% (INEGI 1999). En el primer grupo, los daños a la salud más frecuentes son los accidentes, en gran proporción los fatales, mientras que en los sectores del segundo grupo, existe una variedad de exposiciones a todo tipo de factores de riesgo, tales como químicos, físicos, biológicos y ergonómicos y en el caso de los accidentes, una proporción mucho mayor de accidentes leves. Es importante resaltar que las estadísticas nacionales aportan mayor información en lo que respecta a accidentes, mientras que en el caso de las enfermedades de trabajo, esta es mínima, correspondiendo a menos del 1% del total de daños a la salud calificados como de trabajo (IMSS 2002). Sin embargo, es en este aspecto en el que existe una mayor relación entre los factores nocivos del ambiente de trabajo y los del ambiente general, como son las enfermedades resultantes de exposiciones a agentes físicos y químicos, cuyos límites pueden estar presumiblemente rebasados en el caso de personas doblemente expuestas. Por otro lado, cabe señalar que los trabajadores que realizan su actividad en zonas abiertas comparten con la población general la exposición a los agentes ambientales.

### Adultos mayores de 60 años

La vulnerabilidad de este grupo está determinada por su envejecimiento, que actualmente se reconoce en México como un problema de salud pública (SSA 2002). Este grupo tiende a adquirir una importancia vital en el país, debido a los cambios en el perfil demográfico que denotan precisamente un incremento de los grupos de edad avanzada, el cual se vincula con problemas de larga duración, difícil prevención y mayores costos. En México actualmente el 6% del total de la población es mayor de 60 años, lo que representa la existencia de 5.9 millones de habitantes en este grupo de edad (INEGI 2000). Condiciones biológicas y sociales contribuyen a un aumento de la vulnerabilidad en este grupo.

La preexistencia de padecimientos crónicos, así como la disminución en la eficiencia de los sistemas biológicos debida al paso de los años, determina en este grupo un mayor impacto de las condiciones ambientales adversas. Condiciones como el endurecimiento de las arterias, con la consecuente disminución de la irrigación pulmonar y cerebral, coadyuvan a una menor reparación y resistencia celular contra los contaminantes atmosféricos y los cambios de temperatura. De hecho, la eficiencia de todas las funciones biológicas se ve disminuida con la edad. El metabolismo, la eliminación de toxinas y tóxicos son más lentos en una persona mayor que en un joven de 20 años, de modo que las infecciones estomacales así como respiratorias llegan a tener un impacto mayor, incluso mortal en este grupo de población. Además, en el caso de exposición a tóxicos ambientales, por ejemplo, en el caso de personas mayores que viven en zonas contaminadas, se presenta asimismo un mayor tiempo de exposición a los contaminantes en cuestión. En la Ciudad de México, una comparación de los resultados de cinco estudios acerca del efecto de las partículas atmosféricas sobre la mortalidad prematura, mostró un incremento mayor de la mortalidad en los grupos de menores de 5 años y mayores de 65 (Molina y Molina 2002).

Los cambios demográficos vinculados a la reducción de la mortalidad, con el consecuente aumento de los años de vida de las personas han modificado la estructura por edades de la población. Se espera que aproximadamente ocho de cada diez niños y niñas que nacen anualmente sobrevivirán hasta los ochenta años (Aparicio 2002). La vulnerabilidad social, real y percibida de este grupo de población ha sido evaluada en estudios en los que se utiliza un Índice de Desarrollo Social (IDS), que incorpora las capacidades básicas esenciales para que las personas se desarrollen plenamente, e incluye salud, educación, protección social, nivel de vida y estructura familiar. De acuerdo con dicho índice, las personas mayores de 64 años son las más desprotegidas y vulnerables. Siete de cada diez personas de este grupo de edad viven en municipios de muy alta marginación, y en el caso de las mujeres la vulnerabilidad social se acentúa (Aparicio 2002).

Además de los grupos vulnerables ya descritos, es importante resaltar otras poblaciones vulnerables debido a la misma vulnerabilidad ambiental, es decir, poblaciones que están asentadas en lugares de alto riesgo ambiental, tales como zonas telúricas, volcánicas, laderas, particularmente en zonas que han sufrido deforestación, o áreas en las que el agua está contaminada por fuentes naturales como arsénico y flúor. Algunas de estas situaciones parti-

culares son abordadas en las secciones correspondientes a impactos en salud, y desastres naturales de este informe.

### *Desastres ambientales*

Los desastres ambientales, aun los denominados naturales, están influenciados por la actividad humana en una o varias de sus distintas etapas: desde la ocurrencia del desastre, hasta la intensidad del mismo o al alcance de su impacto en los ecosistemas, la salud humana y/o la infraestructura. Es por eso que los programas de prevención de desastres están diseñados para tener un efecto sobre los daños que causan, ya que toman en cuenta a los grupos más vulnerables que son las poblaciones humanas en mayor grado de riesgo, que suelen ser los pobres, los niños y los ancianos.

El territorio nacional se encuentra sujeto a innumerables fenómenos naturales: al estar dentro del cinturón de fuego del pacífico se ve afectado por una actividad sísmica y volcánica importante; su ubicación en una región intertropical lo hace objeto de huracanes, ciclones y lluvias torrenciales, tanto del Océano Pacífico como del Atlántico, estos fenómenos no sólo afectan las costas sino que incluso llegan a penetrar el territorio, causando inundaciones y deslaves.

De acuerdo con el CENAPRED (2001a), los fenómenos naturales en México han dejado daños, en las últimas décadas, con un costo promedio anual de 100 vidas humanas y cerca de 700 millones de dólares.

### *Fenómenos hidrometeorológicos*

Entre los fenómenos hidrometeorológicos destacan los huracanes, ciclones y tormentas tropicales, así como las sequías y los desbordamientos de cuerpos de agua interiores.

En el año 2001 se registraron diversos fenómenos hidrometeorológicos que ocasionaron daños por 2,417 millones de pesos, las pérdidas de vidas humanas ascendieron a 163 y la población afectada fue de 154,755 personas (CENAPRED 2002).

### *Lluvias e inundaciones*

De acuerdo con el CENAPRED (2002), en el año 2001, la presencia de los huracanes Juliette en los estados de Baja California Sur y Sonora, e Iris en los estados

de Oaxaca y Quintana Roo causaron daños que ascendieron a 1,760 millones de pesos. Aunado a esto, las lluvias torrenciales, deslaves y desbordamientos de ríos y presas en diversos estados de la república dejaron pérdidas económicas por 396.9 millones de pesos.

### Sequía

En 2001 las sequías en varios estados del país, principalmente Aguascalientes, Chihuahua, San Luis Potosí y Querétaro, ocasionaron daños por 254 millones de pesos. El área de cultivo afectada ascendió a 112,000 hectáreas. La ocurrencia de eventos de sequía guarda una relación con el deterioro ambiental y con el volumen de agua pluvial. Los efectos de las sequías repercuten tanto en la actividad económica como en la salud de la población afectada. En el periodo 1993-1995, la superficie afectada fue de 125 mil hectáreas, con 70 pérdidas de vidas humanas y 164,500 cabezas de ganado. (CENAPRED 1999).

### Heladas

Las temperaturas bajas y las heladas ocasionaron 36 muertes en las 836 poblaciones afectadas y una ocurrencia de 2,637 casos de enfermedades respiratorias. (CENAPRED 2002).

### Fenómenos geológicos

De estos fenómenos, México se ve afectado principalmente por sismos y una actividad volcánica importante. De 1995 al 2000, se han registrado entre 613 y 1,075 eventos sísmicos por año, de diferente magnitud (gráfica 3.10).

En el año 2001 se registraron 1,344 sismos, con magnitudes de 3 a 6 grados Richter, siendo los de mayor frecuencia los de 3 grados, con 704 eventos, los de 4 grados con 585 eventos, los de 5 grados con 32 eventos y los sismos mayores de 6 grados, con 6 eventos. (SSN 2004). Las pérdidas estimadas fueron de 29.3 millones de pesos, con una población afectada de 3,000 y 2,600 viviendas dañadas (CENAPRED 2002).

#### RECUADRO 3.1. FENÓMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS

- . En promedio penetran al territorio nacional cuatro ciclones destrucios, produciendo lluvias intensas con sus consecuentes inundaciones y deslaves.
- . La falta de regulación de los asentamientos humanos y la degradación ambiental se suman a los retrasos en acciones de ordenamiento hidrológico y de obras de protección, lo que incrementa el riesgo para la población.
- . Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos y flujos con sedimentos en las laderas de la montañas que han destruido infraestructura económica y social como viviendas, hospitales, escuelas y vías de transporte.
- . Las granizadas producen afectaciones en zonas de cultivo, obstrucciones del drenaje y daño a estructuras en las zonas urbanas.
- . Las sequías provocan fuertes pérdidas económicas a la ganadería y la agricultura por periodos de meses o años.
- . En México, la mayor pérdida de suelo se produce por la lluvia. los estados más afectados por erosión hídrica son México, Tlaxcala y Oaxaca.
- . Uno de los efectos de la erosión son los volúmenes de material que deben dragarse en ríos y puertos, la pérdida de capacidad de los embalses y los flujos de escombros cada vez más frecuentes y de mayor tamaño. Las siguiente cifras dan una idea de la gravedad del problema:
  - Se dragan aproximadamente 300 millones de m<sup>3</sup> al año en ríos y puertos.
  - En un año se pierden 1.1 billones de m<sup>3</sup> de capacidad en los embalses.
  - Se estima que anualmente se producen daños por 270 millones de dólares con la erosión de las márgenes de los ríos.
- . Los daños generados por fenómenos hidrometereológicos en el periodo 1980-1999 ascendieron a 4,547 millones de dólares y las muertes a 2,767 personas.

Fuente: CENAPRED 2002.

De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional (2004), durante el 2002 se registraron 1,688 eventos, siendo los de mayor ocurrencia los de 3 y 4 grados en la escala Richter. Asimismo, se registraron 40 eventos de 5 grados y 4 de 6 grados Richter.

En enero de 2003 se registró un sismo en el estado de Colima con una magnitud de 7.6 grados Richter. El informe del Servicio Sismológico Nacional indicó que al menos 29 personas perdieron la vida, más de 300 personas sufrieron heridas, cerca de 15 casas fueron dañadas o destruidas, cerca de 10,000 viviendas resultaron afectadas, así mismo se reportaron daños en los sectores de comunicación y de energía eléctrica. Las poblaciones con mayores daños fueron Colima, Villa de Álvarez, Pueblo Juárez, Coquimatlán y Zacualpan.

En México se han establecido redes para el registro y análisis de los temblores en las principales regiones sísmicas del país. También se cuenta con redes para el registro de sismos en torno a algunas presas y en diversos edificios. En la Ciudad de México opera desde hace cerca de diez años un sistema de alerta sísmica, que fue desarrollado por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico de la Fundación Javier Barros Sierra.

En el caso de la actividad volcánica, los volcanes con mayor número de eventos han sido el Volcán de Colima y el Popocatepetl.

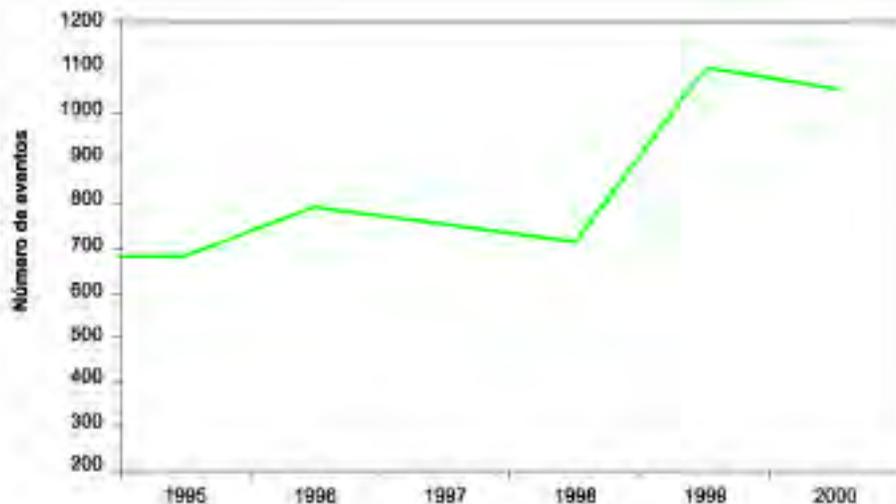
### Volcán de Colima

En los últimos 500 años el Volcán de Colima ha presentado actividad de tipo explosivo, con un número mayor a 30 erupciones, entre las que destacan las de los años 1585, 1606, 1622, 1690, 1818, 1869, 1890, 1903 y 1913. En noviembre de 1997 se presentaron eventos sísmicos y emisiones de vapor de agua y gas. En junio de 1998 tuvo lugar un evento explosivo a partir del cual aumentó la magnitud de los sismos en la región, hasta que en octubre de ese mismo año se presentó un enjambre sísmico. Las señales de actividad continuaron hasta que finalmente en diciembre ocurrió una erupción. La última señal de actividad se registró en mayo de 1999, cuando se presentaron grandes columnas de humo que alcanzaron alturas de 2,200 metros. En el año 2003 fueron desalojadas 216 personas por el derrame de lava de este volcán (CENAPRED 2001b).

### Volcán Popocatepetl

La historia eruptiva del volcán Popocatepetl se remonta aproximadamente a unos 23 mil años antes de nuestra era, cuando se registró una gran erupción tipo Santa Helena que destruyó el edificio volcánico previo. La última gran erupción explosiva se presentó en el año 800 d. C., desde entonces la actividad del Popocatepetl ha sido moderada, presentándose

Gráfica 3.10. Sismos registrados en la República Mexicana, 1995-2000



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional 2003.

### Recuadro 3.2. Fenómenos geológicos

- México está sujeto a sismos, erupciones volcánicas, tsunamis (terremotos), inestabilidad de laderas así como a hundimientos y agrietamientos locales y regionales.
  - La tercera parte de la población vive en zonas de muy alto riesgo y alto peligro sísmico, incluyendo los estados con los más altos índices de marginación (Guerrero, Oaxaca, Chiapas).
  - La zona de mayor potencial sísmico en el país se encuentra a lo largo de la costa de Guerrero en donde se estima que podrían ocurrir uno o dos terremotos de magnitud 7.5 a 8 en un lapso relativamente corto.
  - Sólo en los dos sismos de 1999 se dañaron 51,055 viviendas, 3,673 escuelas y 221 hospitales.
- Con respecto al peligro volcánico, la tasa de erupción media durante los últimos 500 años ha sido de 15 erupciones por siglo.
  - La inestabilidad de las laderas naturales y la presencia de flujos de lodo y escombros, hundimiento regional y local, pueden afectar prácticamente todo el territorio nacional.
  - Las condiciones en las laderas se gravan por la deforestación, el intemperismo, la erosión y por la alteración de las condiciones de drenaje y de equilibrio originales.
  - El riesgo y las consecuencias aumentan por la presencia de asentamientos humanos irregulares.
  - Los daños generados por fenómenos geológicos durante el periodo 1980-1999 ascendieron a 4,560 millones de dólares y 6,097 muertos.

Fuente: Secretaría de Gobernación 2001.

numerosos episodios de actividad volcánica, muchos de los cuales están documentados.

Desde 1993 el volcán Popocatepetl comenzó a mostrar una creciente actividad fumarólica y sísmica hasta llegar al 21 de diciembre de 1994, cuando se produjeron emisiones de ceniza, piedra y lava. La actividad fluctuante, aunque decreciente, persistió a lo largo de 1995. El 5 de marzo de 1996, el volcán inició un nuevo período de actividad con emisiones de ceniza comparables a las de diciembre de 1994. Después de septiembre de 1996, éstas fueron menos frecuentes, pero mayores en intensidad y con una tendencia a ser más explosivas. En diciembre de 1998 se presentó nuevamente actividad volcánica, con explosiones y grandes columnas de humo que provocaron lluvias de ceniza en las poblaciones cercanas.

A mediados de enero de 1999 se presentaron algunos eventos volcánico-tectónicos con magnitudes entre 2 y 3 grados Richter. En diciembre de 2000, el volcán registró emisiones de lava y actividad sísmica de baja intensidad que persistió hasta enero de 2001, para luego reaparecer en los meses de octubre y noviembre del mismo año. Después de estos sucesos y hasta la fecha se siguen presentando ocasionalmente exhalaciones de baja intensidad, acompañadas principalmente de vapor de agua y gas, y esporádicamente por emisiones de ceniza (CENAPRED: [www.cenapred.gob.mx/mvolcan.html](http://www.cenapred.gob.mx/mvolcan.html)).

Los daños por desastres meteorológicos, geológicos y provocados, en el período 1980 a 1999, dejaron un total de 10,114 muertos y pérdidas económicas por 10,390 millones de dólares. (CENAPRED 2001b). Los desastres ocurridos en México entre 1999 y 2001 ocasionaron 574 muertes y pérdidas por \$16,248 millones de pesos (CENAPRED 2002).

La mayoría de las industrias se ubican en el centro del país, lo que la convierte en una región con muy alto riesgo en el campo ecológico, por la gran densidad de población.

Las principales industrias generadoras de desechos industriales son las de alimentos, textiles, maderera, artes gráficas, química orgánica e inorgánica, no metálica básica, además de las ensambladoras.

México carece de un número suficiente de centro de procesamiento y confinamiento de desechos industriales, así como de plantas de tratamiento para los solventes y aceites. El transporte de sustancias químicas implica riesgos por accidentes o por errores humanos, los cuales pueden provocar derrames, fugas, incendios y explosiones, además de contaminación y daños a personas y bienes. La mayor presencia de accidentes carreteros que involucran sustancias químicas ocurre en los estados de México, Veracruz y Puebla.

Los daños generados por riesgos químico-tecnológicos en el periodo 1980-1999 ascendieron a 1,283 millones de dólares y 1,250 muertos.

CUADRO 3.9. DAÑOS OCASIONADOS POR LO DESASTRES METEOROLÓGICOS, GEOLÓGICOS Y PROVOCADOS

Tipo de evento	Muertos	Daños directos Millones de dólares	Daños indirectos	Total daños
Meteorológicos	2,767	4,402.3	144.9	4,547.2
Geológicos	6,097	4,043.7	516.4	4,560.1
Provocados	1,250	1,149.7	133.6	1,283.3
Total	10,114	9,595.7	794.9	10,390.6

Fuente: CENAPRED 2002.

### Fenómenos antropogénicos

Dentro de esta categoría se encuentran los fenómenos químicos, sanitarios y socio-organizativos. Como se mencionó anteriormente, los riesgos químicos tienen origen directo en la industrialización y en la explotación de recursos naturales tales como el petróleo. Los riesgos de origen sanitario agrupan los eventos relacionados con la contaminación del aire, agua y suelos, los que son propios del área de salud, esencialmente las epidemias, y los ligados a la actividad agrícola. Dentro de los riesgos socio-organizativos se encuentran accidentes y actos que son resultado de actividades humanas, tales como: accidentes carreteros, laborales, sabotaje, terrorismo, etc.

En el año 2001, los fenómenos antropogénicos dieron como resultado 113 y afectaron la integridad de 13,809 personas (CENAPRED 2002).

Algunas de las principales emergencias ambientales reportadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) ocurridas en el periodo de 1991 a 1996 se resumen en el cuadro 3.10. Las sustancias involucradas en emergencias ambientales durante el periodo 1996-2001 se especifican en el cuadro 3.9.

En 2002, las emergencias ambientales ocasionadas por el manejo de materiales peligrosos fueron 471, de las cuales 338 se registraron en el transporte, 114 en plantas industriales y 19 en otras áreas. El mayor índice de emergencias ambientales en plantas industriales se debió a la producción, con 52 eventos, y al almacenamiento, con 27. En el área de transporte, el mayor índice de emergencias ambientales se presentó en ductos, con 179 eventos, y en carreteras, con 141 eventos (PROFEPA 2004).

### RECUADRO 3.3. FENÓMENOS QUÍMICOS

- La mayoría de las industrias se ubican en el centro del país, lo que la convierte en una región con muy alto riesgo en el campo ecológico, por la gran densidad de población.
- Las principales industrias generadoras de desechos industriales son las de alimentos, textiles, maderera, artes gráficas, química orgánica e inorgánica, no metálica básica, además de las ensambladoras.
- México carece de un número suficiente de centros de procesamiento y confinamiento de desechos industriales, así como de plantas de tratamiento para los solventes y aceites.
- El transporte de sustancias químicas implica riesgos por accidentes o por errores humanos, los cuales pueden provocar derrames, fugas, incendios y explosiones, además de contaminación y daños a personas y bienes.
- En México, la mayor incidencia de accidentes carreteros que involucran sustancias químicas ocurre en los estados de México, Veracruz y Puebla.
- Los daños generados por riesgos químico-tecnológicos durante el periodo 1980-1999 ascendieron a 1,283 millones de dólares y 1,250 muertos.

Fuente. Secretaría de Gobernación 2001.

CUADRO 3.10. PRINCIPALES EMERGENCIAS AMBIENTALES OCURRIDAS EN MÉXICO

Fecha del evento	Nombre del evento	Ubicación	Sustancia involucrada	Causas	Daños
03/05/91	Anaversa	Córdoba, Ver.	Plaguicidas	Falla en el sistema de envasado, con derrame de producto e incendio.	300 personas intoxicadas y 1,700 evacuadas.
22/04/92	Guadalajara	Guadalajara, Jal.	Gasolina	Presencia de gasolina en la red de alcantarillado.	190 defunciones, 1,470 lesionados y cuantiosos daños materiales.
04/12/94	Presa de silva	San Francisco del Rincón, Gto.	Metales pesados, plaguicidas, colorantes y clostridium botulinum.	Concurrencia de toxicidad de metales pesados, plaguicidas y colorantes, ocasionando una mortandad inicial, la cual debido a factores ambientales y a la presencia de bacterias botulínicas, desencadenaron un fenómeno de botulismo.	Mortandad aproximada de 25,000 aves acuáticas y terrestres
16/02/95	Plátano y cacao	Ranchería Plátano y Cacao, mpio del Centro, Tabasco.	Gas amargo y gasolina	Explosión ocasionada por fallas aparentes en la soldadura de la tubería.	7 defunciones, 16 lesionados y 125 evacuados.
25/01-20/03/96	Mortandad de delfines y aves marinas	Alto Golfo de California	Trazador nk19	Empleo de trazador con fines de señalización.	Mortandad de 367 delfines, 8 ballenas, 51 lobos marinos y más de 200 aves marinas.
20/02/96	Fine Chemical	Mexico, D. F.	Mercaptano	Falla mecánica en un mezclador ocasionando calentamiento del mercaptano y rompimiento de tuberías con la consecuente liberación de la sustancia	26 personas hospitalizadas y 500 evacuadas.
07/05/96	Industria puente	México, D. F.	Hidrogeno	Explosión de un tanque de hidrógeno.	1 defunción, 3 intoxicados, 47 lesionados, 500 evacuados y cuantiosos daños materiales.
26/07/96	Cactus	Reforma, Chis.	Etano plus licuado	Fuga de hidrocarburos líquidos durante trabajos de mantenimiento ocasionando explosión e incendio	6 defunciones, 9 lesionados y cuantiosos daños materiales

(Continúa)

CUADRO 3.10. PRINCIPALES EMERGENCIAS AMBIENTALES OCURRIDAS EN MÉXICO

Fecha del evento	Nombre del evento	Ubicación	Sustancia involucrada	Causas	Daños
11/11/96	San Juan Ixhuatepec	San Juan Ixhuatepec, Méx.	Gasolina	Derrame e incendio de gasolina en tanques de almacenamiento.	4 defunciones y 15 lesionados

Fuente: PROFEPA 2004.

### Incendios forestales

La prevención de incendios forestales se ha fomentado a través de tres líneas de acción: cultural (educación y divulgación), física o de ingeniería, y jurídica (leyes y reglamentos). La prevención cultural comprende las acciones tendientes a crear conciencia forestal, mediante la difusión del valor de los recursos forestales a través de los medios masivos de comunicación. La prevención ingenieril consiste en la eliminación de combustibles peligrosos, en la modificación de su composición, a fin de evitar la combustión o para evitar la propagación de incendios. Entre las prácticas más comúnmente utilizadas destacan la realización de quemas controladas, quema en retroceso, quemas por fajas, quema por los flancos, quema por manchones y quema en círculo. Con respecto a la prevención jurídica, ésta consiste en la difusión de la legislación aplicable en la materia, a manera de prevención o de sanciones o acciones coercitivas.

La superficie dañada por incendios forestales en el período de 1992 a 1998 en todo el país fue de dos millones de hectáreas, siendo 1998 el año con el mayor número de hectáreas afectadas con 849,632. El notable incremento de incendios en 1998 se debió en gran parte a las condiciones climatológicas adversas asociadas con el fenómeno "El Niño", combinadas con el uso no controlado del fuego en las áreas rurales (SEMARNAP 1998).

Las causas más frecuentes de los incendios forestales, registradas en el 2001 fueron: actividades agropecuarias 48%, causas intencionales 17%; fogatas 16%, fumadores 8%, actividades silvícolas 3% y otras causas 8% (CONAFOR 2004).

En el año 2003 se detectaron 12,115 incendios mediante el monitoreo de puntos de calor (MODIS). El tipo de vegetación afectada en el período del 1º de enero al 1º de junio de 2003 se muestra en la gráfica 3.11 (SMN 2004).

Para hacer frente a los desastres naturales y antropogénicos, la Secretaría de Gobernación publicó en el año 2001 el *Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres 2001-2006*, cuyos objetivos particulares son:

- Identificar y mejorar el conocimiento de amenazas y riesgos en el ámbito comunitario.
- Promover la reducción de la vulnerabilidad social y física de la población y de los sectores social, privado y público.
- Fomentar la corresponsabilidad, coordinación y comunicación de los tres ámbitos de gobierno, en los sectores social y privado y la población en general.
- Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para mitigar los riesgos.
- Aplicar una política y cultura de la autoprotección.
- Dar atención prioritaria a los grupos más vulnerables de la población (niños, mujeres, de la tercera edad, y con capacidades diferentes).

CUADRO 3.11. PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LAS SUSTANCIAS PRESENTADAS EN EMERGENCIAS

Sustancia involucrada	Porcentaje (%)
Petróleo crudo	42.08
Gasolina	7.83
Diesel	6.80
Combustóleo	5.39
Amoníaco	4.05
Gas L.P.	3.19
Gas natural	2.30
Aceites	2.27
Ácido sulfúrico	2.27
Solventes orgánicos	1.10
Subtotal	77.28
Otras sustancias	22.72
Total	100.00

Fuente: PROFEPA 2004.

El *Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres 2001-2006* establece seis objetivos y estrategias específicas de acción (cuadro 3.13).

De acuerdo con la SEGOB, el costo estimado de los proyectos, según tipo de riesgo, para el periodo 2001-2006 es aproximadamente de 55 millones de dólares, distribuido en 60 proyectos prioritarios, como se muestra en la cuadro 3.14.

En el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED 2001), se plasman las estadísticas de ocurrencia de eventos, población afectada, y población expuesta, aunque no se cuantifican las acciones ni los esfuerzos realizados por las instancias involucradas cuando se presentan dichos eventos. La información fluye actualmente de manera muy lenta, los datos publicados más recientes son de 1999 y en algunos casos de 1997.

México ha establecido instituciones y/o programas para prevenir y hacer frente a desastres naturales y/o antropogénicos. En abril de 2000 se aprobó La Ley General de Protección Civil, que establece las bases de la coordinación en la materia entre la Federación, las entidades federativas y los municipios. El capítulo II describe la organización y los objetivos y responsabilidades del Sistema Nacional de Protección Civil. El capítulo III indica las atribuciones del Consejo Nacional de Protección Civil.

CUADRO 3.12. CATÁSTROFES POR INCENDIOS

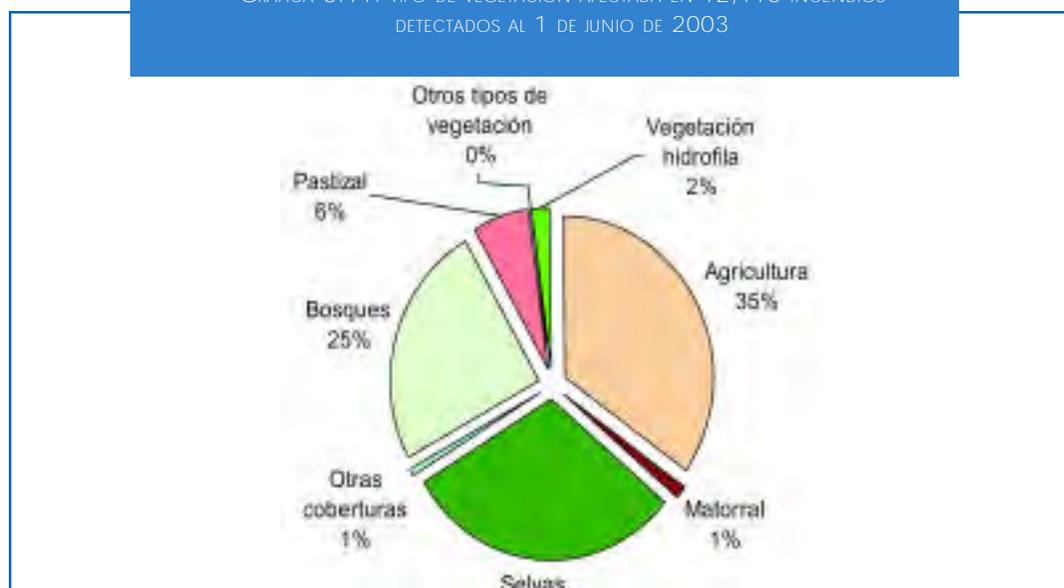
Año	Eventos	Superficie dañada (ha)
1992	2,829	44,401
1993	10,251	235,020
1994	7,830	141,502
1995	7,860	309,087
1996	9,856	248,765
1997	5,163	107,845
1998	14,445	849,632

Fuente: PROFEPA 2004.

### Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC)

El SINAPROC fue creado en 1986 y tiene como objetivo proteger a la población y a la sociedad ante la eventualidad de un desastre provocado por fenómenos naturales o humanos, a través de acciones que reduzcan o eliminen la pérdida de vidas, la afectación de la planta productiva, la destrucción de bienes materiales y el daño a la naturaleza.

GRÁFICA 3.11. TIPO DE VEGETACIÓN AFECTADA EN 12,115 INCENDIOS DETECTADOS AL 1 DE JUNIO DE 2003



Fuente: Sistema Meteorológico Nacional 2204.

CUADRO 3.13. PROGRAMA ESPECIAL DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES 2001-2006

Objetivos	Estrategias
Identificar y mejorar el conocimiento de amenazas y riesgos en el ámbito comunitario	a) Promover la elaboración de mapas de riesgo a nivel estatal y municipal b) Elaborar un modelo de pérdidas por desastres en México
Promover la reducción de la vulnerabilidad física	a) Fomentar el desarrollo y aplicación de reglamentos y normas de construcción más estrictos b) Evaluar y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura, con énfasis en aquella crítica para la Protección Civil
Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para mitigar los riesgos	a) Investigar sobre los fenómenos y las medidas para reducir sus efectos b) Establecer y operar sistemas de alerta temprana
Implantar una política y cultura de autoprotección	Difundir la información sobre los fenómenos y zonas de riesgo
Mejorar la eficacia preventiva y operativa del SINAPROC	Capacitar al personal y elaborar planes para la atención de emergencias y para la recuperación
Dar atención prioritaria a los grupos más vulnerables a desastres	Desarrollar estudios y proponer medidas específicas

Fuente: SEGOB 2001.

CUADRO 3.14. COSTO ESTIMADO DE RIESGO (2001-2006)

Nomenclatura	Agenda general de proyectos	No.	Costo estimado (miles de dólares)
RM	Proyectos orientados a la prevención y mitigación de riesgos múltiples	11	14,990
RG	Proyectos para la prevención y mitigación de riesgos geológicos	32	21,249
RH	Proyectos para la prevención y mitigación de riesgos hidrometeorológicos	5	14,171
RQ	Proyectos para la prevención y mitigación de riesgos químicos y ambientales	6	3,635
ES	Proyectos sobre estudios sociales y económicos	6	1,410
Total		60	55,455

Fuente: SEGOB 2001.

#### Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación

Sus principales atribuciones son: apoyar al Secretario de Gobernación en la conducción del SINAPROC; promover y coordinar las acciones de programas de protección civil en los ámbitos federal, estatal y municipal; promover una cultura y la capacitación en materia de protección civil; fomentar el desarrollo de estudios e investigaciones en la materia; evaluar los avances del Programa Nacional de Protección Civil; impulsar el desarrollo del Sistema Nacional

de Información para Protección Civil y de un Subsistema de Información de Riesgos; promover la difusión; así como coordinar el apoyo y asesoría de otras dependencias y entidades a través del SINAPROC.

#### Centro Nacional de Prevención de Desastres

Es un órgano desconcentrado y de apoyo técnico del SINAPROC. Fue creado en 1988. Tiene como misión "Prevenir, alertar y fomentar la cultura de la autoprotección".

tección para reducir el riesgo de la población ante fenómenos naturales y antropogénicos que amenacen sus vidas, bienes y entorno a través de la investigación, monitoreo, capacitación y difusión”.

#### Dirección General de Protección Civil

Sus atribuciones principales son: integrar, coordinar y supervisar el SINAPROC; establecer la coordinación necesaria con las dependencias y entidades federales para dirigir las tareas de prevención, auxilio, recuperación y apoyo; dirigir las actividades de los Centros de Información y Comunicación, y el Nacional de Operaciones.

#### Fondo de Desastres Naturales (FONDEN)

El FONDEN fue creado en 1996 para atender la población damnificada, así como los daños ocasionados por los siniestros, de modo que no se afecten o alteren los programas normales de las dependencias de la Administración Pública Federal. Tiene como finalidad fortalecer la coordinación y la cooperación entre la Federación y los gobiernos estatales y municipales para atender los desastres naturales.

Los recursos del FONDEN se hacen disponibles cuando los efectos de los desastres han superado la capacidad de respuesta de las dependencias y entidades federales, así como de las entidades federativas.

#### Plan DN-III-E

La Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) administra y opera el Plan DN-III-E para auxilio a la población civil en casos de desastre. Contempla el despliegue de las unidades, dependencias e instalaciones del Ejército y Fuerza Aérea en el país, para participar en la planeación y ejecución de actividades de auxilio en cada uno de los niveles de gobierno. Las actividades de auxilio a la población comprenderán las fases de prevención, auxilio y recuperación. En el Plan se contemplan las actividades exclusivas de la SEDENA, así como aquellas compartidas con otras dependencias y organismos públicos.

#### Secretaría de Marina

A través del Plan General de Auxilio a la Población en Casos y Zonas de Emergencia o Desastre “Marina”. Su misión es: “Auxiliar a la población civil en casos y zonas de emergencia o desastre, actuando por sí o conjuntamente con el ejército, fuerza aérea y con las dependencias del gobierno federal, los gobiernos estatales y municipales, los sectores privado y social, así como en coordinación con las autoridades de las unidades de protección civil correspondientes.





# Capítulo 4





## Respuestas de políticas

### Las políticas ambientales

#### Las políticas públicas como cursos de acción

El término políticas públicas tiene connotaciones variadas, tanto en el discurso político como en los textos académicos, por lo que su sola mención no tiene un significado unívoco. Para los fines de este informe, y para no abundar en el debate conceptual propio del quehacer académico, emplearemos una definición mínima de política pública: se trata de un curso de acción enfocado a la solución de un problema relevante para la colectividad. Dentro de esta definición caben tanto las políticas gubernamentales como las medidas tomadas por grupos sociales organizados.

Según la definición anterior, consideramos políticas ambientales al conjunto de cursos de acción que tiene como objeto incidir en la preservación del equilibrio ecológico, la prevención y control de la contaminación y el desarrollo sustentable. Algunas de ellas no plantean como problema público la degradación del recurso en sí, sino los efectos que tal deterioro causa en alguna materia de interés para la colectividad (la salud pública, por ejemplo). El objetivo no es identificar todas las políticas en materia ambiental, sino cómo han evolucionado sus objetivos y medios de acción, para así realizar un balance general de los resultados que se han tenido.

Ahora bien, el proceso de formulación e implementación de políticas públicas está condicionado por las capacidades y los recursos de los actores involucrados, pero también por el proceso político e institucional que establece restricciones de todo tipo y conforma la agenda pública a partir de la cual se diseñan los cursos de acción correspondientes. Esto supone un proceso dinámico y complejo. Para su análisis, cada elemento se describe y evalúa por separado, para después examinar con mayor facilidad el proceso entero.

Los objetivos de las políticas ambientales son: la conservación, distribución, prevención y control de la contaminación del agua; el saneamiento básico de los asentamientos humanos y su hábitat; la regulación ambiental de la industria y de las ciudades; la prevención y control de la contaminación atmosférica; el manejo ambiental de sustancias y residuos

peligrosos; la prevención y reducción de riesgos ambientales; el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; la conservación y restauración de suelos; y la protección de especies en peligro de extinción y de la biodiversidad.

Recientemente, se han incorporado elementos condicionantes de la gestión ambiental en función de resultados, relacionados con la administración pública, las relaciones intergubernamentales, el federalismo, la gobernabilidad, la planeación regional, el status municipal, la gestión metropolitana, el desarrollo urbano, el comercio exterior y la cooperación internacional (Gil 2004).

Dada la naturaleza conflictiva y diversa del escenario ambiental, el análisis no puede reducirse al estudio de la política sectorial adoptada en la legislación y la administración pública, sino que debe incluir los procesos y estructuras institucionales que si bien no están concebidos como propiamente ambientales, sí han incidido en el manejo de los recursos naturales.

### Respuesta del Estado

#### Marco jurídico

En México la legislación ambiental partió, al igual que en otros países, de las llamadas legislaciones de primera generación, caracterizadas por ser de tipo reactivo, esto es, enfocadas a hacer frente a las consecuencias negativas derivadas de los modelos iniciales de desarrollo industrial y de la introducción al comercio y liberación al ambiente de una gran variedad y volumen de materiales peligrosos, centradas en el comando y control, así como en los llamados controles al final de los procesos o al final del tubo.

Esta normativa se fue reemplazando por una segunda generación tendiente a introducir enfoques preventivos, asumiendo, en la relación costo-beneficio, que es preferible prevenir que remediar, en la cual se han prescrito formas precisas e incluso modalidades tecnológicas específicas para alcanzar los fines que se persiguen, especialmente en la gestión ambiental de la industria; el enfoque preventivo se dirige a los factores determinantes de la contaminación y de la degradación ambiental.

Cabe esperar una tercera etapa de instrumentos de regulación, tanto jurídica como económica y administrativa, que utilicen medidas de previsión o precautorias para abordar los factores condicionantes

de los problemas ambientales como es el caso del manejo de sustancias químicas propuesto por la OCDE; las medidas de previsión atacan la raíz de los problemas, es decir, antes de que se presenten y generen conflictos.<sup>1</sup>

Una rápida revisión muestra que los instrumentos regulatorios y las instituciones de gestión ambiental en México han sufrido constantes cambios al igual que en el resto del mundo. Sin embargo, es evidente que en gran parte los cambios han ocurrido en respuesta a los eventos y fenómenos del exterior. En el cuadro 4.1 se resume el desarrollo de la legislación ambiental en México.

No obstante la "reactividad" de las leyes ambientales mexicanas, han dado pie a la generación de políticas públicas que paulatinamente se han internalizado en las diferentes dependencias y entidades de la administración pública, tanto federal como estatal, provocando nuevos problemas de articulación sectorial y de congruencia regional. Las reformas a las leyes especiales en materia de aguas nacionales, forestal, vida silvestre y residuos, por su parte, tienden a fortalecer el federalismo mediante la transferencia de facultades, cada vez menos centralizadas,<sup>2</sup> hacia los gobiernos locales estableciendo, o al menos faci-

litando, mecanismos de concertación con la sociedad civil a través de órganos colegiados de consulta, de coordinación y de gestión como los consejos consultivos regionales para el desarrollo sustentable, el consejo técnico consultivo nacional forestal, el consejo consultivo nacional para la restauración y conservación de suelos y ante todo, los consejos de cuenca organizados por la Comisión Nacional del Agua de la SEMARNAT para el desarrollo regional integrado.

La reglamentación de las leyes ambientales y la formulación de normas oficiales mexicanas, a cargo del Ejecutivo Federal, han sido instrumentos de gestión muy valiosos para especificar los términos de regulación y facilitar su verificación y cumplimiento. El orden reglamentario no ha sido del todo oportuno ya que los reglamentos para la prevención y control del ruido (1982) y de la contaminación atmosférica (1988) no se han actualizado. La internalización de tratados y acuerdos interinstitucionales a nuestro orden jurídico interno, de acuerdo con la Ley Sobre la Celebración de Tratados (1992), requiere de dispositivos reglamentarios o de mecanismos administrativos para su incorporación oportuna a los procesos gubernamentales; entre tanto existan impactos regu-

CUADRO 4.1. DESARROLLO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO

Año	Ley	Origen / Motivación	Aportaciones principales
1971	Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación	Inspiración internacional alrededor del Congreso de Founex y de la Conferencia de Estocolmo.	Primera ley ambiental mexicana. Estableció las bases para la legislación y planeación urbana.
1982	Ley Federal de Protección al Ambiente	Coincidente con las directrices ambientales surgidas en la Declaración de Nairobi.*	Enfoque en el desarrollo urbano y regional.
1988	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Surge al amparo del informe de la Comisión Brundtland y del contexto preparativo de la Cumbre de la Tierra.**	Reformas legales en materia agraria, de aguas, bosques, pesca, minería, bienes nacionales, asentamientos humanos y normatividad Las modificaciones establecidas en estos rubros en 1992 representan las bases del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

\*Declaración aprobada por 105 gobiernos reunidos para conmemorar el décimo aniversario de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Humano (Estocolmo 1972) durante la Sesión de Carácter Especial del Consejo de Administración del PNUMA, en Nairobi, Kenia el 18 de mayo de 1982.

\*\* La Cumbre de la Tierra es la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, también llamada Cumbre de Río, celebrada del 3 al 14 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil.

latorios insuficientemente estudiados y las dependencias involucradas en el cumplimiento de los tratados internacionales no cuentan con mecanismos de recepción de los compromisos para su debida y oportuna respuesta (Walss 2001).

La LGEEPA faculta a los congresos locales a la elaboración de leyes ambientales de conformidad con los términos constitucionales (Art. 73, frac. XXIX-G). Las 32 entidades federativas han incorporado políticas ambientales en sus planes de desarrollo y cuentan con leyes y estructuras de gestión ambiental. Los municipios, por su parte, tienen competencia para expedir bandos de policía y buen gobierno así como reglamentos para ordenar sus atribuciones ambientales. Sin embargo, hasta ahora, la soberanía de los municipios y las nuevas responsabilidades ambientales conferidas a ellos por cambios constitucionales más o menos recientes no corresponden con sus capacidades y disposición a cumplir con las normas federales. Más aún, los municipios tienen ahora facultades casi absolutas y excluyentes en materia de regulación de uso del suelo, manejo del agua y tratamiento de aguas residuales y gestión de residuos sólidos urbanos, sin que existan mecanismos eficaces de concurrencia con el gobierno federal ni instrumentos que permitan inducirlos al cumplimiento de las normas federales.

### *Bases constitucionales*

La preocupación por los recursos naturales generó una legislación conservacionista, que provocó conflictos de intereses con el aprovechamiento económico de los mismos, en vista del modelo de desarrollo adoptado por los países en la posguerra. Asimismo, el impacto de la industrialización en el medio ambiente y por su conducto en los asentamientos humanos con una creciente tasa de urbanización y de metropolización de las ciudades, abrieron causa a un paradigma ambiental emergente que irrumpe en la década de 1960 y que no termina de configurarse al presente: el paradigma del desarrollo sustentable.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es muy clara al señalar en los artículos 25, 27, 4, 73 fr. XVI y 115 fr. V y III, las bases para el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, así como para la protección ambiental, abriendo el campo de las políticas ambientales.

El dilema del desarrollo sustentable resultante de la confrontación entre el aprovechamiento y la conservación de los recursos naturales, previstos en los artículos 25 y 27, es el componente esencial de las

políticas ambientales y su conciliación solo puede ser paulatina, relativa y de largo plazo, determinada ante todo por un cuerpo de estrategias que permitan su integración con las políticas generales de desarrollo económico y social.

Las tres vertientes constitucionales son el resultado de ideas parciales y cambiantes sobre los problemas ambientales. Estas se fueron modificando conforme fue evolucionando la visión sobre los problemas ambientales y sus consecuencias; se fueron reformando los artículos constitucionales que se creyeron más adecuados para incluir estas preocupaciones. Sin embargo, en ninguno de los casos se hizo una reforma de fondo que permitiera tratar estas cuestiones de manera integral.

### *Legislación secundaria*

La expedición en 1988 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), fue determinante para la construcción de las capacidades institucionales relacionadas con el medio ambiente. Su objetivo principal fue sentar las bases para el diseño de políticas gubernamentales tendientes a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, a través de medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales. La LGEEPA se reformó en 1996, con el objeto de establecer las bases para la descentralización, a través de una mayor participación de las autoridades locales en la gestión ambiental, así como una mayor participación ciudadana en acciones para resolver problemas ambientales, introducir instrumentos económicos de gestión o acción ambiental, fortalecer y enriquecer los instrumentos de la política ambiental.

Si bien la LGEEPA fue una ley innovadora para su momento actualmente ha resultado poco efectiva, entre otras cosas porque la distribución de competencias establecida en su texto ha resultado ineficiente ya que los estados y municipios no cuentan con recursos para llevarlas a cabo provocando un desfase entre la legislación federal y las acciones locales.

En adición a la LGEEPA existe una normatividad secundaria de temas específicos que ha permitido regular sobre actividades y recursos específicos, a continuación se muestra el cuadro 4.2 que la resume.

A pesar del avance legislativo que en materia ambiental se ha tenido éste carece de efectividad por varias razones: la primera, no existe suficiente vigilancia y monitoreo para garantizar el cumplimiento de la normatividad; la segunda, la falta de un sistema de responsabilidad por daño ambiental y, la tercera,

CUADRO 4.2. LEYES ADICIONALES A LA LGEEPA

Ley y fecha de promulgación	Objetivo principal	Elementos de regulación
Ley General de Vida Silvestre, publicada en el DOF el 3 de julio de 2000	Imponer diversas restricciones y modalidades al aprovechamiento de la vida silvestre, limitándolo al aprovechamiento sustentable.	La autoridad esta facultada para declarar la utilidad pública, la conservación de determinados hábitats, o los hábitats críticos: a través de la imposición de modalidades o restricciones al derecho de propiedad Para el aprovechamiento de la vida silvestre fuera de su hábitat, establece un procedimiento para la acreditación de la legal procedencia de los ejemplares, partes o derivados. Considera el aprovechamiento no extractivo, en actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de aquélla. Se contempla la concurrencia de los tres niveles de gobierno para el cuidado de la vida silvestre.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable promulgada en 2003	Implementar el criterio de sustentabilidad como regidor de toda la actividad forestal, a través de una productividad óptima y sostenida de los recursos forestales.	Establece modalidades a la forma de explotación de los recursos forestales por parte de sus propietarios o usufructuarios y reconoce la propiedad de los predios. Un avance relevante es el reconocimiento de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas, así como uso de instrumentos económicos, entre ellos los bonos por captura de carbono.
Ley de Aguas Nacionales, promulgada en 1992. Tiene como antecedente la Ley Federal de Aguas promulgada en 1972 pero de aplicación poco efectiva.	Regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo sustentable.	En las reformas elaboradas en 2003 se incorporan disposiciones ambientales para la gestión sustentable del agua entre las que destaca: el reconocimiento de las interrelaciones existentes entre los distintos elementos que interactúan en las cuencas, con énfasis en el manejo integrado del agua y los bosques. Además se incluye el concepto de servicios ambientales como beneficios de interés social, que se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes,
Ley de Pesca, publicada en 1992	Establecer las bases para el fortalecimiento de la administración racional de los recursos pesqueros y las reglas para la implementación de la pesca responsable y la promoción del sector.	Promueve la reactivación del sector pesquero, sin menoscabo de la protección del recurso, proporcionando a la autoridad los instrumentos necesarios para evitar la depredación del mismo. Promueve la protección ecológica de los recursos al establecer la obligación de la autoridad de elaborar y mantener actualizada la Carta Nacional Pesquera, que recaba los principales indicadores de la actividad.
Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Prevenir la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.	Los instrumentos más destacados son: la distribución de competencias entre los tres órdenes de gobierno en atención al tipo de residuos que cada nivel maneja, la regulación de sitios con un enfoque de cuencas hidrogeográficas y la valorización de los servicios ambientales asociados a ellos, la implementación de la responsabilidad objetiva, subjetiva y compartida por riesgo ambiental, la reparación del daño ambiental, la internalización de los costos, el reconocimiento al valor económico potencial de los residuos así como el desarrollo de mercados de subproductos, la regulación de la importación y exportación de residuos, el fortalecimiento de la investigación y desarrollo científico, así como la innovación tecnológica y el establecimiento de medidas de control y de seguridad

que es consecuencia de la anterior, la dificultad que implica el acceso a la justicia ambiental que se traduce en el no reconocimiento de los intereses difusos, falta de preparación de abogados y jueces así como de tribunales especializados en la materia (Iturriaga 2003).

### El gasto ambiental

Identificar el gasto público ambiental y su evolución, aun del gobierno federal, es una tarea complicada debido, entre otros, a los siguientes factores: primero, que el tema ambiental no ocupó un lugar importante en la agenda pública hasta que alcanzó una jerarquía de primer nivel con la creación de la SEMARNAP en 1994, por lo que hasta entonces el presupuesto respectivo fue distribuido en diversas dependencias de la administración pública federal, no siempre de una manera fácilmente identificable como la ambiental; segundo, la falta de transparencia en las cuentas públicas, que no catalogan con precisión y con base en funciones el gasto federal previo a 1997; tercero, la introducción de nuevas reglas de presentación de las cuentas federales en 1997, llamada la nueva estructura programática (NEP), que si bien implica mejoras respecto del sistema anterior al presentar el gasto por funciones, la estructura de esas funciones no es la idónea para identificar el gasto ambiental y, cuarto, la presentación de las cuentas federales de acuerdo con la NEP, por razones contables, hace parecer que el gasto en ciertos rubros sea mayor o menor que bajo las reglas anteriores. De esta manera, por ejemplo, el

gasto de la SEMARNAP en 1998 parece ser sustancialmente mayor que en 1996 en términos reales, pero la mayor parte de esta diferencia se explica porque bajo la NEP ciertos gastos que antes se atribuían a otras dependencias ahora caen bajo el rubro de protección al ambiente.

A partir de 1997, como señalamos, la Cuenta Pública se presenta al Congreso de la Unión con base en la nueva estructura programática que permite identificar el gasto por funciones para todas las dependencias federales. De acuerdo con la NEP, la función presupuestal 14 corresponde a "medio ambiente y recursos naturales". Con los datos disponibles, es imposible detectar con precisión el componente ambiental de dicho gasto o incluso identificar cuáles son los programas en cuestión, a pesar de que dentro de los objetivos de la estrategia programática de dichas dependencias se mencionara la protección ambiental y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Aún más, no todos los recursos erogados por la SEMARNAP, en su momento, pueden considerarse como directamente destinados a la protección del medio ambiente y conservación de los recursos naturales, ni los gastos clasificados como función 14 engloban todo el gasto que puede considerarse ambiental (Avilés 2002).

El Programa Nacional de Medio Ambiente 2001-2006 señala que la evolución del presupuesto ambiental de las secretarías del ramo en los últimos diez años (SEDUE, SEDESOL y SEMARNAP), con respecto al presupuesto programable del gobierno federal, el sector ha recibido un presupuesto crecientemente mayor pero muy inferior al esperado si se toma en

CUADRO 4.3. MARGINACIÓN PRESUPUESTAL, EVOLUCIÓN DEL PRESUPUESTO AMBIENTAL AUTORIZADO PARA EL GOBIERNO FEDERAL DE 1990-2001 (MILLONES DE PESOS DE 1994)

Año	Secretaría del Ramo	Presupuesto programable del Gobierno Federal	Presupuesto total del sector	Presupuesto destinado al medio ambiente	Porcentaje del presupuesto para el medio ambiente respecto del presupuesto federal
1990	SEDUE	214,972	827	45	0.035
1994	SEDESOL	250,663	1,475	365	0.146
1996	SEMARNAP	223,582	3,598	3,598	0.887
2000	SEMARNAP	366,685	4,484	4,484	0.378
2001	SEMARNAT	420,550	4,447	4,447	0.327

Fuente: SEMARNAT 2001c.

cuenta la jerarquía que recibió al ser elevado como un asunto de Estado dentro del gabinete presidencial, al incluirse el tema del desarrollo sustentable en el *Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000*; al reformarse y ampliar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; al firmarse diversos acuerdos internacionales que comprometen al país a dar seguimiento a políticas globales de protección ambiental y, al conocer con relativa precisión el nivel de deterioro de nuestros ecosistemas y el daño que este deterioro provoca a la economía del país y a la salud pública.

En su perspectiva de análisis, la OCDE informa que el gasto del sector público (incluyendo las empresas federales, estatales, municipales, de servicios públicos de agua y grandes empresas públicas) en el abatimiento y control de la contaminación (ACC) correspondiente al año 2000 se estimó en aproximadamente 21 mil millones de pesos (0.4% del PIB), considerada una de las tasas más bajas en la OCDE. El gasto público en ACC varía entre 0.5 y 0.7 del PIB en la mayoría de los países miembros (OCDE 2003).

Obtener información del gasto ambiental de los estados y municipios es una tarea aún más compleja que la referente al gasto federal. Entre los obstáculos se encuentran los siguientes:

1. No todos los estados cuentan con una autoridad encargada del medio ambiente y los programas con contenido ambiental frecuentemente tienen objetivos adicionales lo que impide identificar el gasto ambiental;
2. Existen diferencias en la contabilidad estatal y federal y entre los mismos estados y,
3. Es evidente la falta de transparencia en el gasto público en muchos estados.

De cualquier manera, es de esperar que el gasto estatal y municipal destinado a la gestión ambiental sea considerablemente inferior al federal por razones políticas y económicas. Tal cultura permea más lentamente a nivel local, de modo que con algunas excepciones, en la mayor parte de estados y municipios no ocupa un lugar importante en la definición de políticas públicas, como refleja la diferente jerarquía en las unidades encargadas de asuntos ambientales o que éstas formen parte de una secretaría que tenga otros objetivos primordiales de política pública.

A su vez, los estados y municipios son altamente dependientes de las transferencias federales dado el centralismo impositivo imperante en México. El gobierno federal recauda alrededor del 90% de los ingresos y los gobiernos locales tienen pocas bases fiscales propias y enfrentan incentivos adversos para

su explotación, lo que impide que los gobiernos locales puedan generar recursos propios significativos para destinar a la gestión ambiental o utilizar mecanismos fiscales para promover conductas a favor del medio ambiente. Una proporción considerable de las transferencias federales vienen atadas a programas específicos, por lo que los gobiernos locales cuentan con poca flexibilidad para determinar su gasto (Merino 2000).

La identificación del gasto ambiental privado se caracteriza por dificultades metodológicas y de falta de información aún más graves que en el caso del gasto público. Un problema fundamental es determinar con precisión lo que constituye gasto ambiental privado, incluyendo el de empresas y el de los hogares. Las empresas tradicionalmente han sido reuentes a reportar información acerca del gasto ambiental que llevan a cabo, principalmente por temor de que esa información pueda utilizarse en su propio perjuicio ya sea por las propias autoridades o por proveedores o consumidores.

El gasto ambiental del sector privado puede obedecer a diversas razones. Una de ellas es la inversión para mejorar procesos productivos en la búsqueda de mayor competitividad y que dicha inversión también resulte en procesos productivos mejores para el medio ambiente. Asimismo, las empresas llevan a cabo inversiones para cumplir con las normas ambientales oficiales y voluntarias, para cumplir con los compromisos derivados de las auditorías ambientales, para cumplir con acuerdos voluntarios referentes al medio ambiente o para obtener certificaciones como la ISO 14000. Los procesos de privatización que se han llevado a cabo en nuestro país en años recientes, sobre todo aquellos en materia de tratamiento de agua y otros aspectos relacionados con este y otros servicios públicos, frecuentemente requieren de cuantiosas inversiones que bajo ciertos criterios pueden clasificarse como protección y conservación del medio ambiente (Avilés 2002).

Como se ha visto, no es posible realizar un análisis confiable de la gestión pública de las políticas ambientales a través del gasto ampliamente difundido en actividades ambientales o de incidencia ambiental. En extensión a otros sectores de la acción gubernamental, igualmente considerados de naturaleza intersectorial, el presupuesto por programas incorporado en los procesos de planeación no prevé criterios y mecanismos para la programación horizontal, por objetos del gasto, de este género de actividades que además, escapa a los límites convencionales de la acción gubernamental.

Respecto al financiamiento de la gestión ambiental hay una distancia financiera cada vez más amplia

entre un gasto federal insuficiente y sectorizado, muy poca aplicación del principio del que contamina paga y en general del uso de instrumentos económicos, limitada capacidad de los estados y municipios para obtener ingresos frente a facultades mayores de protección ambiental y una baja o nula captación del financiamiento externo.

En gran medida, reporta la OCDE, los recursos federales han sido inadecuados para cubrir la gran brecha de infraestructura ambiental. Se estima que solamente el sector hidráulico y de aguas residuales requiere de aproximadamente 20 mil millones de pesos al año (el doble del presupuesto de la CNA). La inversión para el manejo de residuos municipales se estima en poco más de 15 mil millones de pesos, en tanto que el sector público invierte 400 millones de pesos anualmente. Los bajos niveles de recuperación de costos a partir de los cargos por servicios ambientales (agua, agua residual, residuos) han implicado que la mayor parte del gasto público en ACC (70 a 80%) haya sido en gasto corriente y sólo de 20 a 30% en inversión. Mientras que existen incentivos fiscales para la inversión en ACC para las pequeñas y medianas empresas, el acceso al crédito sigue siendo un factor limitante (OCDE 2003)

### *Internacionalización de la agenda ambiental*

México tiene una larga tradición de cooperación internacional en lo concerniente a la protección ambiental, tanto a nivel regional como a nivel global. Ha destacado en diversas negociaciones internacionales, particularmente en cuestiones marinas y nucleares, y en varias ocasiones ha tomado la iniciativa para fomentar la cooperación entre países latinoamericanos. Desde hace tiempo se han apoyado muchas iniciativas de la ONU, relativas a la protección del medio ambiente, y con frecuencia fue el principal portavoz del grupo G-77 de países en desarrollo. Los principales temas emergentes que reclaman una creciente atención por parte de las autoridades federales y obligan a una revisión de su propia capacidad de respuesta, como el cambio climático, la desertificación, la pérdida de biodiversidad, los problemas asociados a la bioseguridad o la bioprospección, no pueden enfocarse sólo desde una perspectiva nacional. Son asuntos ambientales estrechamente relacionados con modelos de desarrollo inducidos primeramente por el desarrollo científico, tecnológico e industrial, ampliamente estudiados, y ahora por una economía de mercado adoptada como nuevo paradigma del desarrollo. En el siglo XXI, teniendo en cuenta los conocimientos

existentes sobre la interdependencia ecológica de las naciones, la agenda ambiental nacional aparece cada vez más vinculada con la agenda de la cooperación mundial para enfrentar los retos ambientales globales, compartiendo responsabilidades y estrategias bajo el principio de la responsabilidad común pero diferenciada.

Así, la cooperación internacional es una verdadera condición sine qua non para avanzar hacia la sustentabilidad, porque lo cierto es que, por muchos esfuerzos que se hagan dentro de cada país para alcanzar el desarrollo sustentable, ello no se logrará sino dentro de un contexto mundial favorable, como lo impone la interdependencia ecológica entre las naciones, y ante todo con la cooperación de aquellos países que tienen una clara responsabilidad histórica y actual en el deterioro ambiental del planeta y, además, con los recursos financieros y tecnológicos necesarios para contener y revertir ese deterioro no sólo dentro de sus fronteras.

De Estocolmo a Río de Janeiro las políticas ambientales se manejaron en forma independiente de las políticas de desarrollo. En las mismas políticas ambientales enunciadas en la época, no había coincidencia entre las de prevención y control de la contaminación y las de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. El esfuerzo del último decenio, de Río a Johannesburgo, se ha centrado en la integración de políticas ambientales con las políticas económicas en vista de un desarrollo sustentable, aunque sin romper ataduras jurídicas, administrativas, económicas y financieras que, al contrario, se han adaptado o adoptado para favorecer la entrada de los países emergentes a una economía de mercado que en sus transacciones no incluye parámetros ambientales.

En nuestro país el carácter internacional de la política ambiental está reforzado por la proximidad con los Estados Unidos de América y la cooperación en el marco del TLCAN; sin embargo, a pesar de su importancia en la dinámica de la acción pública ambiental en México, la cooperación ambiental con estos dos países dista mucho de implicar la constitución de un derecho supranacional que se impone paulatinamente a los Estados, como sucede en el caso de los países miembros de la Unión Europea en donde la prevención de los riesgos mayores, la reglamentación del derecho a la información, los estudios de impacto, la lucha contra el ruido, las medidas de conservación de la biodiversidad, las sustancias peligrosas y la normalización técnica, constituyen importantes campos de la acción común (Bassols 2001).

En este escenario, se necesita reforzar la capacidad para atender una agenda ambiental internacional cada

vez más exigente, así como sus vinculaciones y sinergias con las políticas nacionales. Los compromisos ambientales del gobierno mexicano, en el marco de la cooperación internacional, se han acentuado a partir de la Cumbre de la Tierra quedando manifiesto que el tratamiento eficaz de los problemas globales del ambiente requieren de la convergencia de todos los países a través de instrumentos jurídicamente vinculantes tales como la Convención sobre Diversidad Biológica, la Convención Marco sobre Cambio Climático, el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, la Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación, la Convención para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas en el Hemisferio Occidental, el Panel Intergubernamental de Bosques, el Código de Conducta para la Pesca Responsable, la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, y la Conferencia de las Partes sobre Humedales de Importancia Internacional.

La falta de compromisos de los países asistentes a la Cumbre de la Tierra provocó que los debates, acuerdos y esfuerzos internacionales a favor del medio ambiente hayan sido insuficientes. Esto se debe, entre otras causas, a la proliferación de los mecanismos de cooperación ambiental, ocasionando duplicidades, problemas de coordinación y sobrecarga institucional, tanto en organismos multilaterales como en niveles nacionales, que provocan ineficiencias en el uso de los recursos humanos, materiales y financieros. Los países en desarrollo enfrentan problemas adicionales derivados de la carencia de bases de información científica y de la falta de capacidades administrativas esenciales para instrumentar los compromisos asumidos. Existen muchos asuntos que nuestro país debería impulsar en el ámbito internacional. Todos estos esfuerzos deberán estar enmarcados en un espíritu de cooperación internacional que aún no alcanza los niveles deseables. Por el contrario, ya se ha dicho que la ayuda oficial para el desarrollo, por ejemplo, no se ha incrementado de acuerdo con los parámetros aceptados en 1992 en la Cumbre de la Tierra, sino por el contrario ha disminuido. Tampoco han funcionado de manera adecuada los mecanismos de cooperación técnica y de transferencia de tecnología.

En el contexto regional y para el logro de los compromisos de protección ambiental, los socios del Tratado de Libre Comercio (TLC) de América del Norte (México, Estados Unidos y Canadá) firmaron un acuerdo paralelo en materia de Medio Ambiente en septiembre 3 de 1993. Este Acuerdo dio origen a la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), con sede en Montreal, Canadá. El enfoque estratégico, introduci-

do en los años siguientes en los procesos gubernamentales aunque de manera abrupta, pretendía establecer las bases para incorporar el enfoque de gerencia pública en la toma de decisiones, así como facilitar la integración de políticas ambientales a nivel regional y contribuir a la formación de una agenda ambiental para el desarrollo sustentable, con el apoyo de la cooperación internacional a través de convenios bilaterales y multilaterales. El Tratado de Libre Comercio de América del Norte y el establecido posteriormente con la Unión Europea se mencionan como agentes catalizadores de una agenda integrada del medio ambiente con el comercio, sin embargo y aún al presente, en la perspectiva de un desarrollo sustentable los instrumentos de gestión requeridos todavía no han sido determinados. La dimensión ambiental del TLC es fundamental para explicar el giro importante que dieron las políticas ambientales y las correspondientes estructuras de gestión responsables a partir de 1992 como se apunta en su oportunidad.

Los problemas de gobernabilidad ambiental resultan mucho más difíciles de resolver a escala global que a escala nacional, en donde la mayor parte de los países han logrado avances sostenidos hacia la integralidad de la gestión. Las sinergias posibles entre las diversas convenciones no sólo no se están logrando, sino que en la mayor parte de los casos ni siquiera se están planteando. Las negociaciones asociadas con los acuerdos multilaterales ambientales se han visto dominadas por posiciones geopolíticas e intereses de corto plazo, frecuentemente asociados con grupos de presión de alcance internacional. Por estas y otras razones, los avances, que son innegables, no guardan todavía proporción con la velocidad que están adquiriendo los cambios ambientales globales. La movilización internacional es todavía incapaz de atajar la crisis ambiental del planeta. La tarea es inmensa y el tiempo apremia. A más de tres décadas de la Conferencia de Estocolmo, la necesidad de una actuación ambiental coordinada a nivel global no sólo no ha desaparecido, sino que se ha vuelto cada vez más urgente e imperiosa, en función del deterioro cuantitativo y cualitativo del medio ambiente planetario y de la escasa capacidad de transformación global que ha mostrado hasta ahora la gestión ambiental que han impulsado los diversos Estados nacionales (SEMARNAP 2000b)

En síntesis, la agenda internacional mexicana se ha vuelto cada vez más compleja, lo que se refleja en la creación de organismos específicos para cada tema. Como parte de este proceso, la entonces SEMARNAP creó en su momento, la Unidad de Coordinación de Asuntos Internacionales (UCAI) dotándola

de la responsabilidad de gestionar la participación y seguimiento de los compromisos de la Secretaría en los temas internacionales. A continuación se retoman brevemente los principales logros y compromisos de México en los foros internacionales.

### **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)**

El PNUMA se creó en 1972 a partir de la Conferencia de Estocolmo con el objeto de coordinar las actividades relacionadas con el Medio Ambiente dentro del Sistema de las Naciones Unidas. En 1975 se estableció en México la sede de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC).

El gobierno de México ha apoyado las actividades de la ORPALC, en particular, impulsando el fortalecimiento del PNUMA y su reorientación de tal manera que sus actividades se centren en las prioridades regionales (SEMARNAP 2000b).

En febrero del año 2001, se llevó a cabo en Nairobi, Kenia el XXI periodo de sesiones del Consejo de Administración y el Segundo Foro Global de Ministros de Medio Ambiente. La participación de México se enfocó en encauzar los esfuerzos del PNUMA a los temas de agua, bosques, energía renovable, relación entre medio ambiente, salud y pobreza; mitigación y respuesta a desastres naturales.

Como parte del interés de México por internalizar la agenda internacional, en septiembre de 2001 se celebró el Taller Latinoamericano Sobre Manejo de Aguas Residuales Municipales PNUMA/PAM en la Ciudad de México. Las conclusiones fueron alarmantes ya que se puso en evidencia que en América Latina se trata menos del 20% del agua residual.

Asimismo, México participó en la Séptima Reunión del Comité Intersesional del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, realizada en Sao Paulo, Brasil, en mayo de 2002, que tuvo como objetivo principal examinar, discutir y aprobar la "Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible".

### **Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (CDS)**

Esta comisión se creó en 1993 como un organismo de la ONU para dar seguimiento a los acuerdos de la Cumbre de la Tierra de 1992, mismos que se plasmaron en la llamada **Agenda 21**. Uno de los objetivos de esta cumbre fue determinar responsabilidades financieras para los países participantes como destinar

0.7% de su Producto Nacional Bruto como ayuda oficial al desarrollo. Lamentablemente, este porcentaje ha ido decreciendo de forma generalizada en los últimos años (SEMARNAP 2000b).

La Comisión también se creó con la intención de ejercer cierta presión a nivel local para fomentar la integración de políticas intersecretariales enfocadas a fomentar el desarrollo sustentable. Es decir, proyectos y programas en los que los ministerios de medio ambiente se coordinen con los ministerios de economía y finanzas, por ejemplo, para fomentar medios de producción sustentables. Este objetivo no se ha consolidado; ya que en la Comisión se sigue vinculando casi exclusivamente a los Ministerios del Medio Ambiente por lo que los compromisos acatados se limitan a su ámbito de competencia (SEMARNAP 2000b).

En septiembre de 2002 se celebró la Cumbre de Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, con el propósito de evaluar los 10 años transcurridos desde la Cumbre de la Tierra de 1992 y establecer las nuevas perspectivas. En este foro destacó la ratificación de los compromisos de la **Agenda 21** y de la "Declaración de Río"; se fortaleció el Fondo para el Medio Ambiente Mundial con tres mil millones de dólares; se fomentó la promoción y apoyo mutuo entre el sistema multilateral de comercio y los acuerdos multilaterales ambientales. Los logros más importantes para México en esta cumbre se centraron en la legitimación de la Iniciativa de países megadiversos afines; el fortalecimiento de la relación entre los países vulnerables al cambio climático; el apoyo a iniciativas concretas en temas de agua potable y saneamiento; combustibles limpios, educación ambiental y biodiversidad.

### **Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) y Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología**

Este Convenio se estableció con el fin de promover la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad así como la distribución equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de recursos genéticos. La aportación de México se centra en la definición de un objetivo global de conservación que puede expresarse en términos cuantitativos en los diversos niveles de conservación de que se trate, sean estos ecosistemas representativos, géneros, especies, poblaciones o genes, planteando una clara prioridad para la conservación *in situ* (SEMARNAP 2000b). Los compromisos derivados del Convenio se han incorporado paulatinamente a la legislación ambiental y han influenciado la orientación de políticas en algu-

nos sectores. Por ejemplo, La Ley General de Vida Silvestre regula la conservación *in situ* y *ex situ* de la diversidad biológica así como el aprovechamiento sustentable de sus componentes.

En junio de 2000, México suscribió el protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología elaborado en el seno de la CDB. El objeto del protocolo es regular el movimiento, tránsito, manejo, uso y liberación al medio ambiente de organismos vivos modificados (OVM) que generen un impacto negativo en el medio ambiente. Para darle seguimiento a los acuerdos del Protocolo, se creó el Subcomité de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca al interior de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (creada en 1999 junto con SAGARPA y la SSA).

#### *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES)*

Esta Convención se instaló con el objetivo de proteger a las especies en peligro de extinción mediante un sistema de controles de importación y exportación de flora y fauna. Desde su incorporación, México ha instalado cinco centros de rescate y recuperación de flora y fauna silvestres así como un sistema de permisos y controles para combatir el comercio ilegal en el que participan activamente el INE y la PROFEPA (SEMARNAP 2000b).

En 1997 se estableció en México el Comité de Coordinación y Seguimiento de CITES, organismo de importancia fundamental para dar seguimiento a la Convención e impulsar el desarrollo de opciones de conservación y comercialización de la flora y fauna del país (SEMARNAP 2000b: 584). México ha mantenido una participación activa en los foros derivados de la Convención. En la XI Reunión del Comité de Flora (septiembre de 2001 en Langkawi, Malasia), Estados Unidos de América y México presentaron un documento sobre el análisis taxonómico de las especies mexicanas de Guayacán.

#### *Convención sobre Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*

Esta Convención se creó en Ramsar, Irán en 1971 y entró en vigor a partir de 1975. Dentro de los objetivos de la convención destacan la protección de humedales de relevancia internacional y la protección de aves acuáticas migratorias que dependen de

los mismos. Aun si su origen fue proteger el hábitat de las aves acuáticas, actualmente abarca todos los aspectos de los humedales. Ramsar cuenta con 138 países miembros y 1,238 humedales que cubren una superficie de 111.9 millones de hectáreas ([www.ramsar.org](http://www.ramsar.org)). México se incorporó a la Convención Ramsar en 1986 y actualmente, cuenta con 17 zonas clasificadas como humedales de importancia internacional.

#### *Convención de Lucha contra la Desertificación y Mitigación de la Sequía*

Esta convención que entró en vigor en 1996 se centra principalmente en el continente africano. La participación de México ha sido relevante ya que se considera que el problema ambiental de la desertificación es de carácter global. México ha fomentado la asignación de recursos para este objetivo mediante la creación de un fondo especial así como la negociación para dotar de carácter vinculante a la Convención (SEMARNAP 2000b). A nivel regional, existe un plan de acción para América Latina y el Caribe.

En el año 2002, se celebró una reunión entre el Secretario Ejecutivo de la UNDC y el Titular de la SEMARNAT. Uno de los temas más relevantes de la reunión fue el proyecto de un programa de cooperación con países de la subregión de Latinoamérica y el Caribe en coordinación con la Unidad de Coordinación Regional para América Latina y el Caribe.

#### *Convenio de Viena sobre la Capa de Ozono y Protocolo de Montreal sobre Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono*

El Protocolo de Montreal se estableció en 1987 como parte de los proyectos del Convenio de Viena. Su objetivo es reducir la producción y consumo de productos que agotan la capa de ozono. Uno de los mecanismos para la realización de este objetivo fue la creación de un Fondo Multilateral para apoyar con insumos técnicos y financieros a los países que no estaban convencidos de incorporarse al Protocolo. México fue el primer país en ratificar este protocolo en 1988 y desde entonces, ha puesto en marcha una serie de actividades que han permitido la reducción de sustancias agotadoras del ozono en prácticamente 90% (el 10% restante se mantiene para fines indispensables como la esterilización y uso médico). Para lograr esto, se instrumentó una estrategia de financiamiento a la industria para la utilización de sustitutos; regulación de las exporta-

ciones e importaciones de las sustancias controladas; programas de difusión y de capacitación técnica y, proyectos de inversión en tecnologías limpias (SEMARNAP 2000b).

En la XL Reunión del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, se aprobó un proyecto de financiamiento de 288 mil 700 dólares, por medio del Banco Mundial para la eliminación total de sustancias agotadoras de la capa de ozono en el sector de esterilizantes (SEMARNAT 2003e)

### *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) y Protocolo de Kioto*

La Convención se instaló en 1992 para hacer frente al inminente problema ambiental del cambio climático. Su objetivo principal es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel tal que impida interferencias peligrosas en el sistema climático (SEMARNAP 2000b). La participación de los países en la Convención se plasmó en el Protocolo de Kioto y se basa en los principios precautorios y de responsabilidad común pero diferenciada. A pesar de que México ratificó este documento en el 2000, el protocolo no entrará en vigor hasta que sea ratificado por 55 países. Asumiendo su participación, México publicó en 1998 el Inventario de gases invernadero y se realizó el *Estudio de País* y la *Primera Comunicación Nacional*. En 2000 se publicó la *Estrategia nacional de acción climática*.

### *Foro de Naciones Unidas sobre Bosques*

Este foro se consolidó en el año 2000 como parte de los compromisos en materia forestal de la *Agenda 21*. Su objetivo es promover la conservación y manejo sustentable de los bosques. Desde su creación, México ha participado activamente en las reuniones de este foro siendo que el tema forestal es uno de los prioritarios del país. El gobierno actual ha lanzado una cruzada nacional por los bosques y el agua, elevando el tema forestal a tema de seguridad nacional. Sin embargo, la tasa de deforestación de nuestro país sigue siendo alarmante y ocupa actualmente el segundo lugar a nivel mundial, después de Brasil.

### *Comisión Ballenera Internacional*

La Comisión se creó en 1946 con el propósito de propiciar la conservación de las poblaciones de ballenas

coordinando el desarrollo ordenado y sustentable de la industria ballenera ([www.iwcoffice.org](http://www.iwcoffice.org)).<sup>4</sup> México ha mantenido una postura en contra de la caza comercial de las ballenas (SEMARNAT 2001c). En los últimos años, la participación de México se ha acrecentado en particular, a través de la realización de Foros de Consulta Nacionales sobre las Ballenas y de la declaración de todas sus aguas nacionales como zona de refugio de los mamíferos marinos (SEMARNAT 2002c).

### *Grupo de Países Megadiversos Afines*

En febrero de 2002, en un intento por reconocer la relevancia y responsabilidad que implica la biodiversidad, México convocó a una reunión para crear el grupo de Países Megadiversos Afines, como un mecanismo de consulta y cooperación para promover los intereses y prioridades relativos a la conservación y al uso sustentable de la diversidad biológica. Uno de los objetivos del grupo es definir y adoptar posiciones comunes en foros internacionales de negociación vinculados con la biodiversidad biológica. Inicialmente el grupo se conformó con Brasil, China, Costa Rica, Colombia, Ecuador, India, Indonesia, Kenia, México, Perú, Sudáfrica y Venezuela. Posteriormente, Bolivia, Malasia y Filipinas se incorporaron.

En la cumbre de Johannesburgo, este grupo se reunió para adoptar la Declaración sobre Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad.

### *Foros regionales*

#### *Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)*

La Comisión se creó en 1994 en el marco del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. Los países participantes son Canadá, Estados Unidos y México. El objetivo principal de esta Comisión es coordinar las acciones dirigidas a los problemas ambientales comunes, reducir el impacto ambiental derivado de la relación comercial y fomentar el cumplimiento de la legislación ambiental ([www.cec.org](http://www.cec.org)).

Son varias las acciones que México ha llevado a cabo para cumplir con las responsabilidades adquiridas, destacan: el compromiso de tornar obligatorio el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) y volverlo de acceso público en un plazo máximo de cuatro años así como el proyecto de diagnóstico de capacidades y opciones de financiamiento para el manejo adecuado de sustancias químicas.

### Comité trilateral México/ Estados Unidos/ Canadá para la conservación y manejo de la vida silvestre y sus ecosistemas

Este comité se creó en 1996 con la intención de fortalecer los vínculos entre las dependencias encargadas del medio ambiente en cada país y fomentar herramientas de coordinación y de participación conjunta consistentes con los objetivos de conservación para los ecosistemas compartidos y con la interdependencia ecológica de la región ([www.trilat.org](http://www.trilat.org)).

### Cooperación con Centroamérica

En 1997 se llevó a cabo una reunión en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas para constituir un mecanismo de diálogo y concertación y cooperación entre los países de Centroamérica conocido como el "Mecanismo de Tuxtla". Este foro de cooperación incluye los siguientes proyectos ambientales:

- . Corredor Biológico Mesoamericano
- . Sistema Arrecifal del Caribe Mesoamericano
- . Agua limpia en Centroamérica
- . Prevención y Combate de Incendios Forestales

### Foros bilaterales

#### Frontera norte

Este programa es uno de los prioritarios de la SEMARNAT por la extensión de la superficie que abarca y la concentración de biodiversidad que involucra. Se han instrumentado diversos programas en esta zona, como el Plan integral ambiental fronterizo (PIAF) que se implementó de 1992 a 1994. Posteriormente se puso en marcha el programa Frontera XXI de 1995 a 2002. El objetivo de este programa fue reducir, erradicar o prevenir la contaminación del agua, aire y suelos de la zona fronteriza. Este Programa se integró por representantes de ambos países de las dependencias federales de Medio Ambiente y de las instituciones locales de los estados fronterizos. Con este programa se lograron varias mejoras en materia de servicios de agua potable, de alcantarillado de tratamiento de aguas residuales, de residuos sólidos, de la calidad del aire y de salud.

En el año 2003 el programa Frontera XXI se sustituyó por el programa Frontera 2012. Uno de los elementos innovadores de este programa es que crea comités regionales para el diseño, implementación y evaluación de proyectos específicos.

### Respuesta gubernamental

El marco de la administración pública, tanto en su organización como en su desarrollo institucional, determinado originalmente a partir de la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado y a partir de 1976 por la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, es una estructura limitante para formular e implantar políticas y estrategias ambientales de corte horizontal (intersectoriales) y vertical (transectoriales) que responda a su vez a un concierto internacional más complejo y demandante.

Las dependencias de la administración pública, desde la Secretaría de Salubridad y Asistencia (1972-1982) y la SEDUE (1983-1992) hasta la SEDESOL (1992-1994), no fueron congruentes con una gestión integral de las políticas ambientales. Con la SEMARNAP (1994-2000) se abre la posibilidad de desarrollar una agenda para el desarrollo sustentable. El enfoque estratégico del *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006*, la estrategia intersectorial del Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la organización de la SEMARNAT, aumenta la posibilidad de sentar las bases orgánicas y funcionales para reorientar el desarrollo económico y social del país en términos de sustentabilidad y responsabilidad compartida entre los sectores gubernamentales.

En cuanto a las líneas de acción principales, han sido evidentes las políticas gubernamentales conservacionistas de los recursos naturales "renovables" y proteccionistas del medio ambiente ante incentivos económicos y sanitarios. La preocupación por el cuidado de la biosfera, el ecodesarrollo y el equilibrio de los ecosistemas surge en la década 1970 alrededor de un pequeño pero distinguido grupo de investigadores pioneros de las ciencias ambientales en México que impulsaron la internalización de una agenda ambiental en las dependencias gubernamentales. En los años siguientes, la creación de áreas naturales protegidas, de reservas de la biosfera, la protección de especies en peligro de extinción y en adelante el equilibrio de los ecosistemas, fueron temas recurrentes en el interés público y gubernamental. La incorporación de objetivos de sustentabilidad en el programa nacional de protección del medio ambiente 1990-1994 fue un seguimiento de este desarrollo. La búsqueda de una agenda para el desarrollo sustentable en el programa de medio ambiente 1995-2000 y las políticas de integralidad del sector ambiental y de integración del medio ambiente con las políticas de desarrollo económico del actual programa nacional de medio ambiente y recursos naturales 2001-2006 dan muestra de la misma línea de pensamiento acerca del manejo ambiental. Lo que no es congruen-

te son las bases jurídicas y administrativas que determinan las políticas ambientales y el contexto socioeconómico y político que las condicionan.

El capítulo segundo señala los cambios jurídicos e institucionales para manejar de manera sustentable del agua, así como los programas que se han impulsado para mejorar la infraestructura tanto urbana como agrícola. En este punto, la debilidad de la respuesta ha residido sobre todo en la limitada capacidad para hacer cumplir los lineamientos legales establecidos (por ejemplo, la NOM-001 sobre descarga de aguas residuales) y, en algunos casos, a que no se han superado los obstáculos políticos que evitan reformas de fondo al sistema de precios (en particular, los que se aplican para el sector agrícola).

Con respecto a la protección de la atmósfera, los instrumentos de regulación previstos fueron inicialmente normativos a través de adiciones constitucionales, de leyes ambientales o con incidencia ambiental, de reglamentos y de normas técnicas y consecuentemente de estructuras de gestión subordinadas a la salud pública; una segunda etapa, consecuente con el nuevo marco jurídico, incorpora programas para la prevención y control de la contaminación del agua, del suelo y del aire con nuevos instrumentos de planeación y de gestión en materia de ordenamiento ecológico, impacto ambiental y sistemas de información; la tercera etapa, que continúa al presente, se caracteriza por la adopción de un sistema de comando y control destinado fundamentalmente a frenar la degradación ambiental y en paralelo, a fortalecer los instrumentos y mecanismos establecidos para la regulación ambiental de la industria y de los asentamientos humanos, el desarrollo rural sustentable, la protección ambiental de la zona fronteriza norte y el saneamiento ambiental de zonas críticas y ciudades intermedias.

### Desarrollo institucional

Los antecedentes de la política ambiental en México pueden encontrarse en instituciones muy antiguas que datan desde mediados del siglo XVII. Estas instituciones contaban con una visión principalmente orientada a la salubridad pública. Fue a partir de la segunda década del siglo XX que el Estado empezó a regular y administrar los sectores productivos mediante la creación de un marco jurídico y de un aparato institucional. Durante este periodo se impulsó el desarrollo de los sectores forestal, pesquero e hidráulico bajo los lineamientos de política establecidos por las principales dependencias y en concordancia con la legislación respectiva. Si bien estos lineamientos te-

nían una orientación principalmente productivista, destacan los primeros indicios de lo que sería la visión conservacionista. (La Gestión Ambiental en México 2001).

### (1) El sector forestal

El aprovechamiento de los recursos forestales fue dirigido por varios departamentos y direcciones que se fueron adaptando a los cambios institucionales de la Administración Pública Federal. La administración y la legislación de este sector fueron orientadas a propiciar la explotación de estos recursos. Sin embargo, en 1951 se creó el Departamento de Parques Nacionales como uno de los primeros indicios del enfoque conservacionista.

### (2) El sector pesquero

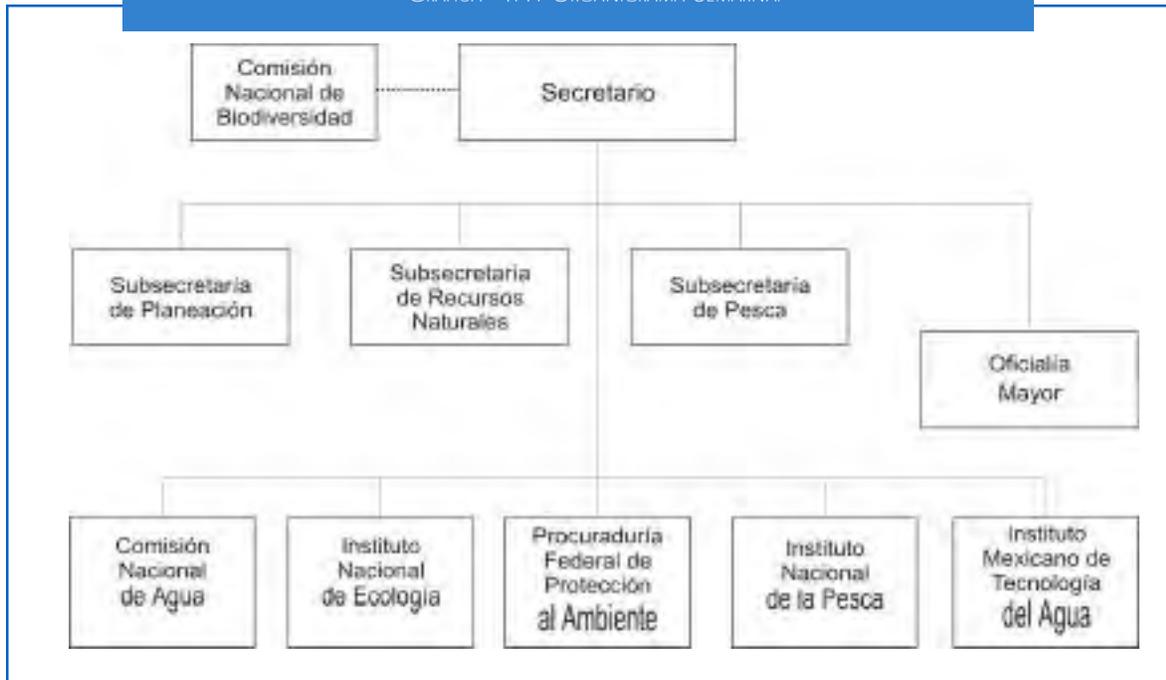
Al igual que en el caso del sector forestal, la administración del sector pesquero fue tutelada por distintas Secretarías como la Secretaría de Agricultura y Fomento, la Secretaría de Marina, la Secretaría de Industria y Comercio, la Secretaría de Recursos Hidráulicos hasta el año de 1982 cuando se crea la Secretaría de Pesca. En 1962, con la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras —antecesor del actual Instituto Nacional de la Pesca— se consolidan los esfuerzos de acompañar la administración y el desarrollo de este sector de investigación biológica. (La Gestión Ambiental en México 2001)

### (3) El sector hidráulico

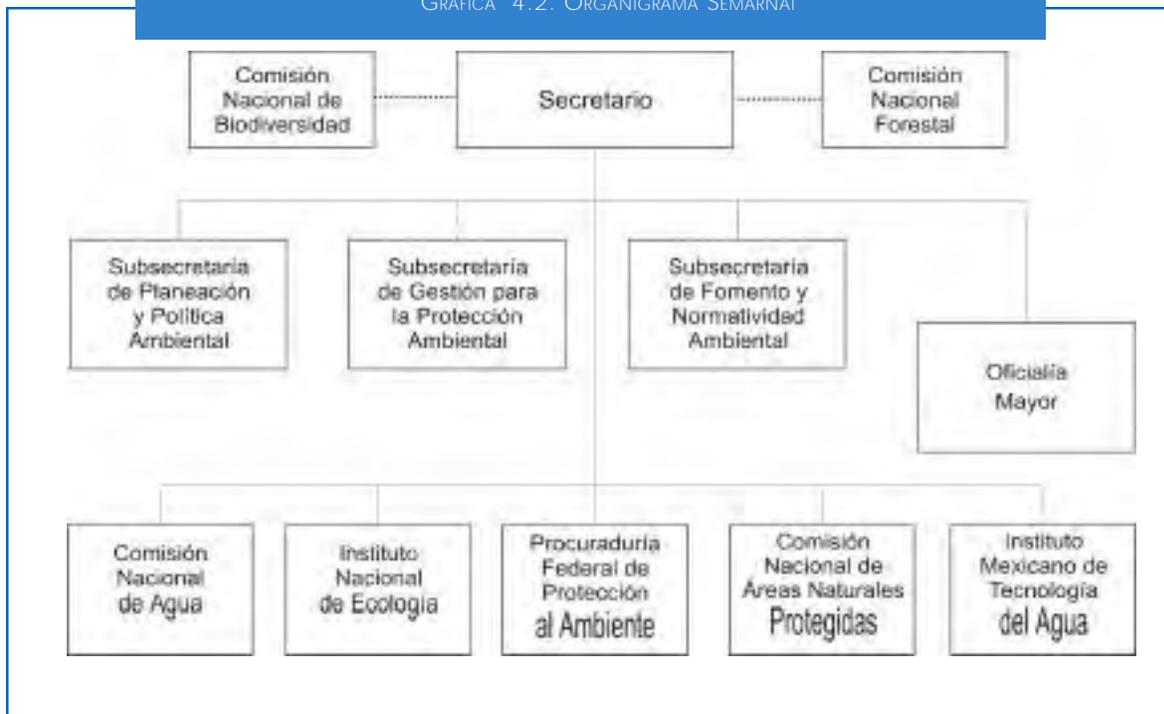
El impulso generado en este sector se enfocó en el desarrollo de una infraestructura importante y una regulación orientada principalmente al aprovechamiento agrícola. Fue en 1946, con la promulgación de la Ley de Conservación del Suelo y el Agua en que se puede hacer referencia formalmente de las primeras estrategias de política ambiental.

Sin, embargo, estas estrategias no se consolidarán hasta los años setenta con la promulgación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. En el año de 1972 se crea la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (SMA) como parte de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). La SMA nace para enfrentar integralmente los problemas ambientales del desarrollo desde un enfoque sanitario adoptado por el Departamento de Salubridad Pública desde 1917. Era a su vez responsable de las políticas de mejoramiento ambiental, en la perspecti-

GRÁFICA 4.1. ORGANIGRAMA SEMARNAP



GRÁFICA 4.2. ORGANIGRAMA SEMARNAT



va del saneamiento, así como de los programas para prevenir y controlar la contaminación ambiental y de la normatividad correspondiente. El Consejo Técnico de la SMA se establece con el propósito de estudiar y proponer alternativas, y de funcionar como órgano normativo y de consulta para todos los niveles de gobierno en la lucha contra la contaminación ambiental. De acuerdo con la memoria de la salud pública en México durante el periodo 1977-1982, la SMA, como instrumento de gestión de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, fue un cuerpo extraño dentro de la SSA. En realidad, desde su origen, la Subsecretaría daba respuesta al entorno internacional sin ideas muy claras sobre el manejo de factores ambientales que afectaban la salud pública, salvo la tradicional experiencia en el saneamiento básico y en el equipamiento urbano a través de obras de ingeniería sanitaria y de campañas sanitarias. El Código Sanitario de 1973 incorpora el saneamiento del ambiente como materia de salubridad general con referencias a la atmósfera, suelo, agua y mar territorial; pero también a las poblaciones, edificios y construcciones, vías generales de comunicación, transportes y cadáveres.

Dentro de la estructura de la SMA se creó la Unidad de Análisis de Obra Pública e Impacto Ambiental, con facultades para determinar qué tipo de obras públicas en sus diferentes etapas podrían ocasionar efectos al medio ambiente “con el fin de otorgar las autorizaciones que se requirieran, emitir dictámenes técnicos y supervisar la realización de los proyectos de obras, verificando que éstas se ajusten a las disposiciones vigentes en materia de saneamiento ambiental; así como establecer las normas, criterios y lineamientos referentes al efecto ambiental” (López Portillo 1982) aunque no se habían definido criterios ni diseñado dispositivos para la realización de estudios de impacto ambiental ni menos aún para regular dichos impactos. Pese a las circunstancias institucionales adversas para la internalización de políticas ambientales, la idea se materializó posteriormente en la Ley Federal de Protección al Ambiente.

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal decretada en diciembre de 1976 repartía atribuciones ambientales en las secretarías de Salubridad y Asistencia, de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de la Reforma Agraria y en el Departamento de Pesca, y permitía la vinculación entre dependencias a través de comisiones intersecretariales. Paradójicamente esta nueva distribución de responsabilidades ambientales en vez de fortalecer la gestión ambiental produjo un serio debilitamiento de la

misma, al fragmentar nuevamente la atención de los problemas ambientales como consecuencia de la dispersión de funciones en varias secretarías de Estado, entre ellas la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y la de Pesca. En estas condiciones, el 24 de agosto de 1978 fue creada la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental (CISA), “para conocer de la planeación y conducción de la política de saneamiento ambiental, la investigación, estudio, prevención y control de la contaminación, el desarrollo urbano, la conservación del equilibrio ecológico y la restauración y mejoramiento del ambiente”. El acuerdo señalaba como funciones principales de la Comisión la de formular un programa quinquenal de actividades, así como la de establecer las bases de coordinación entre las once dependencias que la integraban y las bases de cooperación con los estados, municipios y organizaciones internacionales. La CISA intentó por segunda vez conciliar intereses institucionales prioritariamente dispersos, con escasos resultados.

A partir de la expedición de la Ley Federal de Protección al Ambiente en 1982, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente se fusiona con la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas para constituir la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), ampliando con ello la perspectiva de protección ambiental hacia la preservación y restauración del equilibrio ecológico, aunque restando las importantes funciones de prevención y control de efectos ambientales en la salud de las poblaciones que estarían a cargo de la SSA. A la SEDUE se le atribuyen las facultades para preservar los recursos forestales, de la flora y la fauna silvestres con que cuenta la geografía nacional y contrarrestar los efectos nocivos de la excesiva concentración industrial. Se estructura en materia ecológica con una subsecretaría y seis direcciones generales, que se reducen a cuatro en 1985, con fines de regulación ecológica, prevención y control de la contaminación, conservación de los recursos naturales y promoción ambiental.

La SEDUE que se creaba tenía, básicamente, las atribuciones de formular y conducir las políticas generales de asentamientos humanos, urbanismo, vivienda y ecología. Se encargaba de proyectar la distribución y el ordenamiento territorial de los centros de población junto con otras dependencias y entidades del ejecutivo federal, así como de promover el desarrollo urbano de las comunidades y fomentar la organización de sociedades cooperativas de vivienda. La creación de la SEDUE ni siquiera toma en cuenta los elementos fundamentales que dieron origen a la SAHOP ni la infraestructura creada por la SMA para el análisis de la obra pública e impacto ambiental, o los

mecanismos de monitoreo utilizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos para los estudios de impacto ambiental, los que diversos tratadistas del derecho ambiental adjudican a la SEDUE.

El proceso de fortalecimiento de la gestión ambiental continuó con la creación de la Comisión Nacional de Ecología (CONADE 1985), con carácter intersecretarial, formada por la Secretaría de Programación y Presupuesto, de Desarrollo Urbano y Ecología y de Salud, con la función de analizar y proponer prioridades en materia ecológica que requirieran instrumentación sectorial. La Comisión se constituyó como foro de consulta y órgano de coordinación interinstitucional y de concertación internacional, con la encomienda de formular y publicar el informe bienal de la situación ambiental en el país. Mediante decreto presidencial publicado en el DOF del 8 de marzo de 1984 se crea el Instituto SEDUE como un órgano desconcentrado de la Secretaría, encargado de la investigación, desarrollo, promoción y coordinación tecnológica y científica en materia de desarrollo urbano, vivienda y ecología.

Así como la creación de la SEDUE se fundamentaba en la necesidad de integrar en un solo órgano las acciones de desarrollo urbano y ecología, con el objetivo primordial de mejorar la calidad de vida de la población, la SEDESOL busca en su turno la consolidación, ampliación e incremento de la calidad de los servicios básicos y de los relativos al desarrollo social, a la vivienda y a la normatividad en materia de protección ecológica, así como la coordinación de tareas orientadas a la promoción del desarrollo regional para lograr el desarrollo rural integral. Con la creación de la SEDESOL por decreto del Ejecutivo Federal de 22 de abril de 1992, se reparten las atribuciones y los recursos de la Subsecretaría de Ecología de la SEDUE en el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), de acuerdo con el modelo de comando y control utilizado por la USEPA desde la década 1970 y que para la presente no había dado los resultados esperados en los EE.UU.

El clima de inestabilidad política y de incertidumbre económica, frente a los compromisos comerciales y financieros del entorno internacional, favorecieron la toma de decisiones emergentes en la gestión ambiental al integrar áreas estratégicas en una nueva dependencia, la SEMARNAP con las reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal del 9 de diciembre de 1994. La SEMARNAP nace de la necesidad de planear el manejo de recursos naturales y políticas ambientales desde un punto de vista integral, articulando objetivos ambientales, económicos y sociales. Es en el año de 1994 que se logra integrar

finalmente la gestión de los recursos naturales en una sola Secretaría de Estado con el apoyo de diversos Institutos y comisiones.

Esta nueva Secretaría absorbió funciones que pertenecían a las Secretarías de Desarrollo Social, Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Pesca, por lo que en términos generales la SEMARNAP como dependencia del poder ejecutivo federal tenía a su cargo el desempeño de las atribuciones y facultades que le encomiendan la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, (LOAPF) la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley Forestal, la Ley Federal de Caza, la Ley de Pesca, la Ley General de Bienes Nacionales y otras leyes, así como los reglamentos, decretos, acuerdos, normas oficiales mexicanas, circulares y órdenes del Presidente de los Estados Unidos Mexicanos.

Las reformas a la LOAPF del 30 de noviembre de 2000 estructuran a la Secretaría sin atribuciones de explotación pesquera y con una redistribución de competencias administrativas que configura una institución más identificada con los objetos de las políticas ambientales que con los sectores de la LGEEPA. La nueva Secretaría se organiza con tres Subsecretarías, de Planeación y Política Ambiental, de Fomento y Normatividad Ambiental y de Gestión para la Protección Ambiental (de las cuales dependen 5 coordinaciones y 17 direcciones generales), 3 órganos desconcentrados y 31 delegaciones. Además cuenta bajo su tutela con dos organismos descentralizados, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, creada en 1992 y la Comisión Nacional Forestal que integran el núcleo del sector ambiental.

El cambio institucional radica en la desincorporación del ramo pesquero, en el impulso a la investigación ambiental aplicada a través de la transformación del INE en un centro de promoción, fomento y desarrollo de la investigación ambiental y en la mencionada organización de la Secretaría por objetos ambientales. El cambio fundamental se plantea en la articulación de políticas ambientales con políticas económicas para "promover el desarrollo regional equilibrado y crear las condiciones para un desarrollo sustentable" como lo apunta el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. La estructuración organizativa de la Secretaría (figura 4.2), en consecuencia, representa un giro importante en la orientación de las políticas ambientales ya que requiere de estrategias en conflicto con la estructura jurídico-administrativa de la administración pública y que induzcan, como mejor salida, a los caminos de la descentralización, de la desconcentración regional

y de la concertación con la sociedad civil, especialmente con las organizaciones industriales, académicas y de servicios.

El sector pesquero fue reubicado fuera del ambiental porque se consideró como una estrategia de política prioritaria la optimización y fomento de las actividades acuícola y pesquera debido a su capacidad para generar alimentos, empleo y divisas y como factores preponderantes para la promoción del desarrollo regional. Lo que significó dejar la sustentabilidad en un segundo nivel. La autoridad de la SEMARNAT quedó limitada a la sanción de la Carta Nacional Pesquera, instrumento que permite dar las bases para una correcta administración de las pesquerías, bajo el principio de la conservación, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros, así como a dictar las medidas tendientes a la protección de los quelonios, mamíferos marinos y especies acuáticas sujetas a protección especial o en peligro de extinción.

No hay duda de las enormes fallas en los procesos de planeación, programación y presupuestación, instalados con más formalidad que con posibilidades de reconocer y resolver los problemas fundamentales del país. La organización del sector público federal fue debidamente instrumentada con sistemas administrativos idóneos pero los procesos de programación sectorial e institucional surgieron y se desarrollaron en forma paralela a las estructuras organizacionales, en ocasiones sin puntos de identificación; simultáneamente con la "renovación moral" el énfasis en el sistema de vigilancia y control del gasto público desatendió el resto y a muy corto plazo los nuevos mecanismos de la reforma administrativa fueron supeditados a la administración de los recursos humanos, perdiendo de vista los fines y la oportunidad de consolidar instrumentos de gestión para la planeación del desarrollo económico y social del país, en concordancia con la apertura de la economía mexicana al exterior que se preparaba en el mismo período de gobierno.

### **El sector ambiental**

Al igual que en la mayoría de los países del mundo, la naturaleza de la materia ambiental hace difícil localizarla en una sola institución, por lo que la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal la reparte en seis dependencias, sectorizando o fragmentando de esta manera la gestión de las políticas ambientales. Más aún, sabemos que existen otras dependencias sin atribuciones ambientales que inciden estratégicamente en la situación del medio

ambiente, en el equilibrio de los ecosistemas y en la calidad de vida de la población, lo que dificulta una tarea de por sí compleja. Así, las instituciones ambientales son las encargadas de realizar las políticas ambientales hasta en tanto exista correspondencia de otras instituciones del sector público involucradas y asimismo de la sociedad civil que hasta ahora no ha sido contraparte de la responsabilidad ambiental.

La organización actual de la SEMARNAT, orientada hacia objetos de las políticas ambientales, puede facilitar la programación de acciones gubernamentales coordinadas y del entendimiento con los sectores privado, social e internacional, aunque requiere de transformaciones importantes en los dispositivos administrativos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo<sup>3</sup> para la asignación de recursos, la organización de las dependencias, el ejercicio del presupuesto, la vigilancia y el control del gasto público que se manejan separados. En este sentido, la gestión estratégica propuesta en el *Plan Nacional de Desarrollo* no empata aún con los cambios indispensables, en algunos casos estructurales, que reclaman los sectores de la Administración Pública Federal. En el sector público no es posible hacer cambios radicales con lo mismo y a veces con menos. La perspectiva de manejo por objetos ambientales tampoco cuenta con el soporte legal suficiente, como es el caso del sector primario, de la industria, del desarrollo urbano y turístico y de la zona federal marítimo terrestre, lo que hace difícil su gestión integrada. Además, cada uno de estos campos de actuación gubernamental pertenece a sectores diferentes con responsabilidades distintas de las dependencias a su cargo.

En estas condiciones las instituciones ambientales, con atribuciones ambientales o con incidencia en la materia, son obstáculos importantes para el desarrollo eficaz de las políticas ambientales, en tanto que no exista un marco jurídico y administrativo que permita la acción institucional conjunta por objetivos compartidos. Las delegaciones federales, desconcentradas de las dependencias involucradas en la gestión ambiental, acentúan la desarticulación gubernamental ya que trabajan sin coordinar sectorialmente sus recursos y sin compartir objetivos y funciones a nivel local.

Es evidente que, desde los años setenta, los temas ambientales han quedado como elemento complementario o subsidiario de otros asuntos: salud, agricultura, obras públicas, desarrollo urbano, vivienda, desarrollo social y regional, pesca, industria forestal y recursos hidráulicos. Una consecuencia visible es el limitado alcance de los esfuerzos regulatorios de la autoridad, los cuales no han llegado a sectores que merecen una atención prioritaria en materia de

CUADRO 4.4. ARTÍCULOS DE LA LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL (LOAPF)  
RELACIONADOS CON LA GESTIÓN AMBIENTAL

Dependencias	Artículo	Fracciones
SEMARNAT	32 BIS	I a XXXI, XXXV, XXXIX, XL
SSA	39	I, VII, VIII, XIV, XVII, XXI
STPS	40	XI
SAGARPA	35	IV, VII, XII, XIX, XX
SEDESOL	32	I, II, IV, IX, X, XI, XII, XV
SCT	36	XXV, XX
SRE	28	I
SE	33	III, V
SEDENA	29	XVI, XVII
SRA	41	II, III, IX, XI
SEMAR	30	IV, XI, XVII, XVIII
SEGOB	27	XXIV
SECTUR	42	II
SECON	34	III, IX, XXVII
SHCP	31	I, III, IX, X, XII, XV, XVI, XIX
SFP	37	I a IX, XIV, XVIII, XIX

Fuente: Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

políticas y de aplicación de instrumentos. Otro problema ha sido la imposibilidad de aplicar procedimientos tangibles y operativos de evaluación ambiental a distintas políticas y programas sectoriales de gobierno, lo que ha impedido ofrecer integralidad a la política ambiental. Por tal razón, las expectativas de sustentabilidad han tenido escaso contenido real.

A nivel federal, hoy parece clara la contradicción e ineficiencia de cobijar a los temas ambientales dentro de secretarías de Estado que han perseguido otros objetivos. El desarrollo sustentable no se logra adhiriendo a las funciones de protección ambiental, responsabilidades sectoriales distintas y cambiantes; éste requiere una institucionalidad ambiental sólida y de la más alta jerarquía, que pueda generar autónomamente políticas eficaces a través de todo el espectro sectorial de la economía.

En general, los resultados están a la vista, y los síntomas de disfunción en las políticas ambientales asociados al diseño institucional prevaeciente en las últimas tres décadas son inconfundibles:

- Bajo nivel jerárquico de dependencias y funciones a cargo de los asuntos ambientales concretos.
- Conflicto de intereses por parte de los titulares (entre la regulación y la promoción de sectores y clientelas políticas).
- Responsabilidades difusas.
- Bajo nivel de cumplimiento en el Programa Nacional de Medio Ambiente.

- Distorsiones en la aplicación sectorial de políticas.
- Duplicidad e invasión de ámbitos de competencia de otras dependencias.

Los obstáculos institucionales descritos se han intentado superar mediante mecanismos de negociación intersecretarial, sobre todo durante los últimos años. De hecho, la introducción de lo ambiental como tema transversal en la política de gobierno es una de las principales estrategias del *Programa Nacional de Medio Ambiente 2001-2006*. Es difícil evaluar los resultados de los esfuerzos, pues los intentos por comprometer a dependencias federales en metas de tipo ambiental aún están en proceso. Los avances se manifiestan en el número de dependencias y entidades federales que participan en el Programa para Promover el Desarrollo Sustentable (de 14 a 31 dependencias e entidades) y en la inclusión de compromisos concretos en el marco del Programa y que se reflejan en programas intersectoriales. No obstante, el criterio de sustentabilidad no determina aún los lineamientos de política económica más relevantes. El peso relativo a nivel institucional del medio ambiente sigue siendo pequeño, lo cual ha mantenido al sector ausente del Gabinete Económico. El resultado es que se dificulta la integración de las políticas económicas en general, y fiscales en particular, con objetivos de desarrollo sustentable.

## Gestión intergubernamental

Las relaciones intergubernamentales en nuestro país, de autoridad inclusiva, dependiente y jerárquica, están estrechamente vinculadas con un proceso de fortalecimiento del federalismo que no ha sido suficientemente aclarado, salvo en términos de gobernabilidad, y que involucra no solamente la descentralización o desconcentración de facultades del gobierno federal, o el fortalecimiento de la gestión local, sino que debe dirigirse a impulsar el desarrollo regional con la participación activa y responsable de la sociedad civil. Sólo de esta forma se podrá entender y hacer compatible la integración de los sectores de la administración federal a nivel de las entidades federativas y de los conjuntos de municipios que forman parte de microrregiones naturales.

El desarrollo regional ha sido el cimiento de la inversión pública federal y el elemento más desconocido del sistema de políticas gubernamentales, puesto que ni siquiera ha constituido un mecanismo de operación que diera congruencia a los procesos de planeación. El centralismo, la distribución sectorial de la acción pública federal y la división política del país han impedido la concepción y el manejo regional del desarrollo económico y social; cualquier intento de regionalización queda automáticamente supeditado al sistema de gobierno establecido por la federación. En consecuencia, cada sector ha transmitido sus propias políticas, objetivos y estrategias a las entidades federativas sin contemplar su diversidad municipal y su concepción multifactorial a nivel regional. Los instrumentos (convenios de desarrollo social) y mecanismos (sistema de coordinación fiscal) de gestión intergubernamental no han demostrado ser los elementos de cohesión del sistema corporativo de gobierno instalado desde 1925, menos aún en sectores difundidos como el energético, el ambiental, el sanitario, el turístico y el urbano que requieren de un manejo transectorial.

Es necesario diseñar modelos diferenciados de desarrollo regional que permitan intervenir en forma integrada y sin conflicto de competencias, tanto la parte federal como la estatal y municipal, particularmente en microrregiones que afectan zonas metropolitanas, fronterizas, costeras, deprimidas e indígenas, con la presencia ineludible de los sectores productivo, social y académico, en función de programas de desarrollo regional consensuados. Los programas de descentralización han sido partes desarticuladas de las estrategias adoptadas en la reforma del Estado, de ahí los alcances limitados en el fortalecimiento de la gestión local y la nula perspectiva regional. Mientras que los planes de

desarrollo nacional no intervengan de forma armonizada en los elementos constitutivos del Estado, sus presupuestos e intenciones seguirán formando parte de la retórica gubernamental.

## Instrumentos de planeación y gestión ambiental

Los instrumentos de la política ambiental previstos en la LGEEPA son elementos estratégicos fundamentales para la planeación y gestión integrada de políticas ambientales establecidas por sectores en un marco administrativo tradicionalmente centralizado. Las innovaciones tecnológicas y la práctica gubernamental han incorporado nuevos instrumentos de gestión:

### Programación ambiental

Los aspectos críticos de la gestión ambiental acerca de la naturaleza interdisciplinaria y transectorial del medio ambiente y de los problemas que genera la sectorización administrativa de la acción pública federal; sobre sus relaciones recíprocas con las formas de producción y la necesidad de que pague el que contamine; así como la responsabilidad de la población en el manejo racional de los recursos naturales y en la preservación de la calidad del medio ambiente, ya habían sido previstos en el Programa Nacional de Ecología 1984-1988. La estrategia intersectorial con 14 dependencias de la Administración Pública Federal fue contemplada, aunque no instrumentada, en el *Programa Nacional de Protección al Medio Ambiente 1990-1994*. Esto significa que se conocen los segmentos coyunturales del sector ambiental, lo que implica que los obstáculos para desarrollar una gestión pública integral e integrada se encuentran en el sistema ambiental, es decir en las vinculaciones de la acción gubernamental con el sector productivo, distributivo, financiero y social, y ante todo con la representación política de la sociedad civil.

Aunque el *Programa de Medio Ambiente 1995-2000* rompe con la tradición de proponer todas las soluciones posibles para responder a una problemática ambiental cada vez más compleja y en gran parte irreversible, al emprender la gestión de políticas de freno a la contaminación y a la degradación ambiental, no logra integrar una agenda gubernamental para el desarrollo sustentable. No obstante, la organización integral de la SEMARNAP y la formulación de un programa por proyectos y prioridades permitieron lograr resultados que, aunque fragmentados, podrán consolidar la gestión intersectorial nuevamente propuesta por la actual Administración, aunque ahora

negociada previamente en la preparación del PND.

El *Programa de Medio Ambiente y recursos naturales 2001-2006* adopta estrategias de compromisos intersectoriales similares a la CISA de 1978, esta vez previos a la formulación de los programas y por lo tanto, articulados. Por su parte el Programa Nacional de Salud, incorpora criterios de calidad ambiental protectores de la salud y programas de acción en salud ambiental, enfocando prioritariamente los estudios de riesgos ambientales, aunque sin la previsión de instrumentos de vinculación con los correspondientes de la SEMARNAT.

### Ordenamiento ecológico territorial

La LGEEPA concibe al ordenamiento ecológico del territorio (OET) 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. El ordenamiento ecológico surge entonces de la necesidad de manejar sustentablemente los recursos naturales, por lo que, en estricto sentido, constituye un proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el estado, destino y manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, a fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger al ambiente.

Durante la administración pasada, la política ambiental procuró modificar el enfoque de la gestión territorial de manera que el OET se convirtiera en criterio normativo que otorgue certidumbre a la toma de decisiones dentro de los procesos de planificación económica y social; y que las decisiones en torno a las condiciones óptimas de gasto y asignación eficiente de recursos de un programa de desarrollo estén dirigidas por los espacios de oportunidad que permita una planeación territorial de largo plazo. En este período se concluyó la descripción y el diagnóstico del territorio nacional en materia de recursos naturales, actividades productivas y aspectos socioeconómicos que incluye información relacionada con la calidad del medio natural y factores de presión sobre éste. El resultado es una imagen actual con un diagnóstico a partir de la información geoestadística disponible. El trabajo realizado es de gran importancia, ya que se trata de elaborar y poner en práctica un instrumento de primer piso para el desarrollo sus-

table del país. La innovación que este instrumento representa consiste en la aplicación de un enfoque metodológico a nivel nacional que no se había utilizado en el sector público ni en el privado, además del gran acervo cartográfico digital que ha sido elaborado. Hasta julio de 2000, en el país se habían elaborado 14 ordenamientos ecológicos correspondientes a 14,190,832 ha., alrededor de 12.5% de la superficie total del país (SEMARNAP 2000b).

De igual forma se logró una mayor separación de competencias entre los distintos órdenes de gobierno, y se dotó de mayor responsabilidad a los gobiernos de los estados y a sus municipios en la elaboración y ejecución de ordenamientos ecológicos del territorio. No obstante, las reformas posteriores al artículo 115 constitucional, han creado de facto una gran contradicción entre las regulaciones ambientales y urbanas en los distintos municipios, de tal forma, que muchos de los mecanismos regulatorios de la planeación ambiental del territorio están siendo imposibilitados de su ejecución por controversias jurídicas de particulares, o de los propios gobiernos municipales y estatales.

Una de las razones principales de este conflicto está asociada con el desconocimiento y por ende, una mala aplicación del ordenamiento ecológico como instrumento regulador y de fomento con estándares de sustentabilidad. No existe a la fecha ningún documento rector que guíe, sin imponer mecanismos, metodologías y procedimientos de participación ciudadana precisos que ayuden a establecer con claridad un ordenamiento ecológico, a nivel local o regional.

Las líneas de acción contempladas para el período 2001-2006 son: impulsar reformas a la LGEEPA en materia de vigilancia y verificación al ordenamiento ecológico con el fin de reforzar su cumplimiento; dictar la suspensión de obras o actividades que contravengan los programas de ordenamiento ecológicos (POE) decretados; realizar talleres y seminarios para la integración de una propuesta de marco jurídico en la materia; elaborar dictámenes técnicos y recomendaciones a las autoridades competentes tendientes a lograr el cumplimiento de los POE; e integrar comités mixtos de vigilancia de los programas de ordenamiento ecológico en los que participen los actores sociales del sector productivo, organizaciones no gubernamentales, instituciones científicas y de enseñanza superior y comunidades.

Desde diciembre de 2000, cuando la entonces SEMARNAP, logró instrumentar jurídicamente cerca de veinte millones de hectáreas, no se han logrado instrumentar más ordenamientos, si bien existe recientemente publicado el reglamento de ordenamiento ecológico, su aplicación es insuficiente sin

una revisión, pero sobre todo, hacen falta mecanismos de divulgación más precisos que permitan una apropiación de este instrumento (Álvarez Icaza 2003).

### Instrumentos económicos

El daño ambiental que resulta de las actividades productivas se ha controlado tradicionalmente a través del establecimiento de estándares tecnológicos y de normas sobre los volúmenes máximos de contaminantes por unidad emitida. Como alternativa a estas políticas, conocidas como medidas de comando y control, se han propuesto los instrumentos económicos y fiscales, los cuales, en lugar de definir los procedimientos o la tecnología que debe emplear cada fuente, modifica su estructura de costos, con la intención de que los daños generados al ambiente sean incluidos en sus cálculos y por lo tanto en la cantidad y calidad de su producción. Esta modificación de costos lo que pretende es que los agentes emisores incorporen en sus cálculos el costo o beneficio ambiental que su actividad genera, de otra manera dicho actuar representaría para la sociedad una externalidad que impediría que se obtengan niveles de producción satisfactorios para la sociedad en su conjunto.

A continuación se presenta un esquema que ilustra los efectos de las externalidades y los cambios que pueden presentarse con la introducción de instrumentos económicos:

Desde la perspectiva de la legislación ambiental, los instrumentos económicos son “mecanismos normativos y administrativos, de carácter fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generan sus actividades económicas, incentivándolas a realizar acciones que favorezcan al ambiente.” (LGEPPA Art. 22)

Los instrumentos económicos pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Instrumentos fiscales: la autoridad fija un impuesto o subsidio a una actividad que quiera inhibir o propiciar respectivamente con el objeto de que los costos de producción se acerquen a los niveles que son óptimos para la sociedad en su conjunto; es decir, pretenden mediante la modificación de los costos contabilizar la externalidad positiva o negativa que su actividad genera.
- Instrumentos de mercado: tiene la misma lógica de promover la internalización de las externalidades, pero el procedimiento es distinto ya que en

FIGURA 4.3. EFECTOS DE LAS EXTERNALIDADES



este caso la autoridad fija de manera directa el máximo o mínimo del daño o beneficio que puede aceptarse como óptimo social (conforme a normas técnicas o con base en alguna referencia histórica de emisiones) y elige un criterio de distribución (subasta o asignación directa, comúnmente) de permisos para las fuentes del efecto que se pretende controlar. Con este esquema las fuentes pueden vender y comprar los permisos, de manera que se consigue el objetivo ambiental al menor costo posible ya que son los propios agentes quienes deciden la forma de ajustar su actividad a lo socialmente óptimo.

Los mecanismos descritos aumentan el costo de producir para que las decisiones privadas tomen en cuenta las externalidades negativas que generan. Otro tipo de instrumentos es el que aumenta los beneficios privados para que las decisiones de las personas incluyan las externalidades positivas que producen. Si una actividad genera un daño a un tercero, el mecanismo debe incentivar una reducción de esa actividad. Si genera beneficios a terceros (mediante la conservación de un ecosistema que regula el ciclo hidrológico, por ejemplo), el mecanismo debe incentivar un aumento de esa actividad. Esto puede lograrse con transferencias directas, financiadas en un impuesto u otro mecanismo. Esta descripción corresponde a un mecanismo mixto, pues posee un componente fiscal y otro financiero.

En México existen diversos instrumentos económicos en operación, pero su uso es todavía limitado, sobre todo los de mercado. En este último caso, se argumenta que no se recurre a ellos debido a que su implementación eficaz representa dificultades de diseño y operación que pocos países pueden afrontar. Sin embargo, incluso donde existen condiciones pa-

ra instrumentarlos (información, tecnología, personal suficiente y capaz para realizar el monitoreo) se aplican en muy pocos casos. Hay varias dificultades que impiden que los instrumentos de mercado predominen sobre otro tipo de políticas: las medidas de comando y control parecen tener mayor contundencia en política, por lo que los tomadores de decisiones las prefieren; aunque cualquier sistema implica la existencia de ganadores y perdedores, es más fácil para los involucrados aceptar el status quo que correr el riesgo de una redistribución de costos, lo cual potencialmente puede generar conflictos políticos; hay cuestionamientos éticos sobre la validez de un sistema que permite el comercio de "permisos para contaminar", etc. Por ello, los instrumentos de mercado no han tenido cabida como instrumento de política.

En otras ocasiones hay oposición por parte de quien evidentemente cargará con la mayor parte de los costos: En 1992 se estudió la posibilidad de establecer este sistema para crear un mercado de O<sub>2</sub>, sin embargo no fue posible porque los principales emisores eran las paraestatales PEMEX y CFE que en ese momento no estaban en condiciones de asumir este compromiso.

Hay que hacer notar que varias de las razones que han impedido que surjan a mayor escala, están basadas más en el efecto político que producen, y no en su efectividad relativa respecto a las medidas de comando y control. De ahí se puede concluir que si en el futuro logran consolidarse los instrumentos existentes y surgen algunos otros que muestren buenos resultados, se abrirá un mayor espacio para su implementación. Un potencial campo de aplicación es el usarlos como apoyo de los programas de ordenamiento ecológico para el establecimiento de permisos de desarrollo, de tal forma que se beneficien los actores que deciden conservar sus áreas.

Los siguientes son algunos de los principales instrumentos que han operado en nuestro país a partir de la década de los noventa:

En síntesis, las contadas experiencias de instrumentos económicos en México han tenido poco impacto en la política ambiental, debido tanto a deficiencias de diseño como a condiciones institucionales y políticas poco adecuadas para su implementación.

No obstante, no hay duda de que en los países en desarrollo es especialmente importante conciliar la protección ambiental con las actividades productivas, por lo que la capacidad que los instrumentos económicos han mostrado en otros países para alcanzar objetivos ambientales al menor costo posible es razón suficiente para considerarlos como pieza importante de la política ambiental por venir. Para

aprovechar su potencial, antes deben cubrirse algunos puntos de la agenda de investigación ambiental en México: deben aumentar los estudios empíricos sobre las experiencias existentes hasta el momento; se requieren también análisis sobre las condiciones de mercado necesarias para aplicar permisos transferibles para los casos de emisiones, descargas y desarrollo urbano; y estudios sobre las características institucionales necesarias para su implementación (puesta en marcha, monitoreo y sanción) y sobre la información necesaria para su operación.

### *Evaluación del impacto ambiental*

La evaluación del impacto ambiental (EIA) constituye una de las figuras jurídicas más novedosas de la legislación ambiental mexicana y ha estado en el centro de los asuntos ambientales que más debates han suscitado dentro de la vida pública mexicana en los últimos años (LGEEPA 1996). La evaluación del impacto ambiental es, ante todo, un procedimiento jurídico-administrativo, y por lo tanto está sujeta no sólo a las disposiciones de carácter ambiental, sino que también le son aplicables las de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo cuando se trata de la evaluación del impacto ambiental de una obra o actividad que cae dentro de la esfera de competencia federal o de las leyes locales cuando éste es el caso (González Márquez 1997).

La LGEEPA determina que la EIA es el procedimiento a través del cual la SEMARNAT establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el mismo.

Es necesario conjuntar las capacidades institucionales de ordenamiento ecológico y evaluación de impacto ambiental, pensando en interacciones regionales, ecológicas e intertemporales más amplias, teniendo en mente efectos acumulativos amplificados y consecuencias multiplicadoras, para evitar una dinámica de deterioro ecológico imprevisible. La consolidación operativa de la evaluación de impacto ambiental y del ordenamiento ecológico puede, en este sentido, acercarnos a criterios de sustentabilidad del desarrollo, si se logra identificar y reconocer la idea de límites o umbrales como restricciones biofísicas en la búsqueda de los niveles más altos de actividad económica y de bienestar social posibles. Esto obliga a un enorme esfuerzo de trabajo interdisciplinario.

CUADRO 4.5. INSTRUMENTOS AMBIENTALES QUE HAN OPERADO EN MÉXICO

Instrumento / Entrada en vigor	Objetivo	Resultado obtenido	Observaciones
Depreciación acelerada (1993)	Promover las inversiones, de todo tipo de industria, en equipo destinado a prevenir y controlar la contaminación ambiental	A partir de una encuesta aplicada a industrias manufactureras y de servicios de la ZMCM se encontró que sólo 14 de 116 empresas han empleado el instrumento	El motivo para el no uso del instrumento es la falta de conocimiento del mismo y la ausencia de especificaciones en cuanto al equipo; provocando incertidumbre en la interpretación del concepto.
Arancel Cero (1996)	Promover la importación de equipo de control o prevención de la contaminación, siempre y cuando no se fabriquen sustitutos competitivos en México	Durante 1999 sólo se recibieron 49 solicitudes de importación de equipo con estas características. Información obtenida de la Dirección de Economía, INE 2003	La falta de uso del instrumento se debe a la poca difusión del universo de equipos disponibles para mitigar la contaminación, además este instrumento privilegia las soluciones de control de emisiones y no la adopción de tecnologías más limpias. Es posible que por la evasión fiscal en México este tipo de alicientes no sean lo suficientemente atractivos y que sólo empresas grandes puedan acceder a ellos (Urquidí, 1999).
Derechos de descargas de aguas residuales	Cobrar a aquellos usuarios que sobrepasen los límites de descarga en cuerpos receptores establecidos en las normas correspondientes.	Este derecho ha cumplido su objetivo con la industria respecto a sus descargas. Sin embargo, los municipios como principales usuarios de las aguas nacionales para descargar sus aguas residuales no lo pagan.	Durante el 2003 la SHCP firmó con los municipios interesados un convenio de condonación de deuda siempre que se comprometieran a presentar un programa de acción al tratamiento de sus aguas residuales. Debido a que esta medida es muy reciente todavía no se cuenta con resultados que permitan evaluar la estrategia.
Derechos por el uso, goce o aprovechamiento de los elementos naturales marinos e insulares de dominio público existentes dentro de las ANP competencia de la Federación.	Cobrar al turista de las ANP un derecho que permita mitigar el daño y deterioro en los ecosistemas de las zonas arrecifales.	Este instrumento ha sido exitoso en cuanto a la recaudación, misma que es reinvertida a las áreas naturales protegidas para invertir en infraestructura, estudios, etc.	Es importante considerar que hasta que la cuota no represente el valor real del ecosistema y sirva para manejar el número de visitas de los usuarios del recurso, permitiendo su regeneración, seguirá funcionando como un instrumento meramente recaudatorio.
Derecho por el goce o aprovechamiento no extractivo de elementos naturales y escénicos que se realiza dentro de las ANP terrestres.	Cobrar al turista de las ANP un derecho que permita mitigar el daño y deterioro en los ecosistemas visitados	Los recursos recaudados son empleados dentro del área natural para mejorar los senderos, la señalización, financiar proyectos sustentables de las localidades, etc.	Igual que en el caso anterior, el monto establecido en el cobro deberá incrementarse en el tiempo, hasta representar el costo real del impacto de los usuarios en las ANP.

(Continúa)

CUADRO 4.5. INSTRUMENTOS AMBIENTALES QUE HAN OPERADO EN MÉXICO

Instrumento / Entrada en vigor	Objetivo	Resultado obtenido	Observaciones
			Sin embargo, la simple inclusión del concepto se considera un éxito ya que los legisladores, empiezan a conceptualizarlo como un instrumento que servirá para conservar la biodiversidad y compensar a las comunidades por las limitaciones establecidas a su propiedad por el decreto del ANP.
Derecho por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales	Cobrar a los usuarios de las aguas nacionales el uso del recurso, y así mejorar los niveles de consumo de los mismos.	El sector industrial cumple con el pago de éste derecho. El sector agrícola (el mayor usuario) está exento del mismo. Se han presentado, por parte del ejecutivo, propuestas para incorporar a éstos en el pago, sin embargo el tema está sumamente politizado y los legisladores han preferido no modificarlo. En 2003 se dio el destino de 200 millones de pesos, recaudados por este concepto, a la creación del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos con el objetivo de pagar a los dueños de los recursos forestales por los servicios hidrológicos del bosque.	El pago por Servicios Ambientales Hidrológicos establecido en 2003 no busca ser un subsidio, sino lograr la detonación de un mercado de servicios ambientales en donde se compense entre particulares el costo de oportunidad de no usar las tierras forestales para fines que impliquen reducir la masa forestal, otorgándoles así a los bosques, la rentabilidad económica que necesitan para subsistir.
Sistema Deposito Reembolso	Cobrar un depósito a los agentes económicos por la compra de un producto contaminante, potencial o efectivamente, para evitar que dispongan incorrectamente los residuos generados después de su consumo.	Este instrumento no se ha desarrollado en su totalidad, sin embargo existe un sistema específico para el caso de acumuladores.	El principal obstáculo para la promoción de este instrumento es el listado de residuos peligrosos establecido en la norma oficial mexicana 052 que señala como residuos peligrosos a ciertos productos (como aceites y pilas) si se encuentran concentrados en gran cantidad en un solo lugar, volviendo al sujeto que acopia generador de residuos peligrosos, desincentivando así la actividad de recolección.

Fuente. elaboración propia.

## Normatividad ambiental

Además del ordenamiento territorial y la evaluación de impacto, la normatividad ambiental es uno de los pilares de la política ecológica y se constituye como un esfuerzo regulatorio para adecuar las conductas de agentes económicos a los objetivos sociales de calidad ambiental. Con fundamento en la Ley Federal de Metrología y Normalización las normas son un instrumento muy poderoso, no sólo por su capacidad de control de los procesos productivos, sino por su capacidad de inducir cambios de conducta e internalizar costos ambientales, lo que las convierte en un mecanismo que promueve cambios tecnológicos y genera un mercado ambiental importante. La mayoría de las normas generadas hasta ahora aplica a actividades industriales y muy poco se ha hecho para ejercer una regulación efectiva y eficiente en procesos productivos agropecuarios y de utilización de recursos naturales que es donde se generan los impactos ambientales de mayor dimensión, por su alcance y su carácter frecuentemente irreversible (Carmona 2003).

A pesar de los logros que se han dado con la expedición de normas es claro que la falta de información en general y más aún la que no se ha generado a niveles regionales, comunidades, ciudades y ecosistemas han llevado al gobierno a tomar como base la normatividad de otros países que han sido relativamente adoptadas a la realidad nacional provocando resultados opuestos a los esperados como en el caso de una sobrerregulación generando inversión excesiva en el control de la contaminación en detrimento del beneficio global de la sociedad en su conjunto.

Para que las normas oficiales mexicanas cumplan con sus objetivos deberá tomarse en cuenta lo siguiente, según el INE (2000a):

- Evitar con las normas promover únicamente soluciones de control (al final del tubo) e incorporar alternativas enfocadas a la prevención y disminución de la generación de contaminantes en la fuente como es el caso de cambios en los procesos productivos y sustitución de materiales.
- Generar la información técnica ambiental necesaria para poder emitir una norma óptima.
- Incorporar explícitamente los costos ambientales involucrados evitando el establecimiento de límites genéricos para todas las industrias para un mismo contaminante en distintos ecosistemas lo que no refleja la internalización efectiva de costos.
- Considerar el enfoque multimedios y por ende la transferencia de contaminantes entre los medios lo cual limita a normar por tipo de emisión.
- Hacer más eficientes los períodos de revisión de

las normas para su aprobación para evitar que no estén actualizadas cuando entran en vigor.

- Es necesario priorizar en medidas preventivas frente a las correctivas, aplicándose normas que pongan énfasis en la promoción de las técnicas de prevención y producción menos contaminantes, aquéllas cuya relación impacto ambiental generado/unidad producida, sean más favorables incluyendo en ese impacto no sólo la contaminación en sentido estricto, sino aquellos otros elementos de conservación de recursos como los consumos unitarios de energía, agua y materias primas.
- Priorizar sobre qué normas son las más importantes de acuerdo con la información ambiental disponible.
- Incrementar los recursos escasos en los esfuerzos de normalización sobre todo en los de apoyo al proceso como son los sistemas de información.
- Planear los calendarios de normalización de acuerdo con las características del mismo proceso.
- Desarrollar habilidades específicas en los recursos humanos para poder llevar a cabo los complejos estudios necesarios para diseñar normas "óptimas" y para ejercer un mejor liderazgo en el Comité Nacional y los subcomités de normalización.

## Investigación y capacitación ambiental

El artículo 39 de la LGEEPA está dedicado a la investigación y educación ecológicas. Este artículo contempla la incorporación de contenidos ecológicos en los diversos ciclos educativos especialmente los de nivel básico así como la participación de los medios de comunicación en el fortalecimiento de la conciencia ecológica.

Con el propósito de fomentar la cultura ambiental en nuestro país, nace el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) cuya misión es impulsar los procesos de educación, capacitación y comunicación para lograr una sociedad informada que participe activamente en la preservación y la restauración del medio ambiente, así como en el aprovechamiento de los recursos naturales. Este Centro forma parte de la SEMARNAT y hasta la fecha ha contribuido en gran medida a fortalecer el vínculo entre sociedad civil y gobierno. Las estrategias que emplea este Centro para lograr sus objetivos son el aprovechar la estructura del sistema educativo nacional (en los niveles básico, medio y superior), el utilizar los medios masivos de comunicación, así como el coordinarse con los estados para poder fortalecer una cultura ambiental en México.

Entre las principales funciones del CECADESU destacan el desarrollo de planes educativos ambientales, capacitación ambiental, publicaciones sobre educación ambiental, entre otras. Una de las labores del CECADESU a nivel de educación básica es el acercamiento con la Secretaría de Educación Pública para lograr acuerdos interinstitucionales que permitan llegar a metas consensuadas.

Asimismo, entre los logros más recientes del CECADESU destaca la conformación de Planes estatales de educación ambiental en varios estados de la República, en donde se busca promover la capacitación y comunicación educativa para el desarrollo sustentable. Este centro cuenta además con varios programas: a) El Programa de educación ambiental; b) El Programa de capacitación para el desarrollo sustentable; c) Proyectos de cultura ambiental y comunicación educativa; d) Programas y proyectos especiales como, La Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua, el Programa Ambiental de la Juventud,<sup>4</sup> y el Programa de aprendizaje y observaciones globales en beneficio del ambiente (*Globe*) en colaboración con la NASA y la Universidad de Colorado. Este último busca que alumnos y maestros se concienticen y emprendan acciones sobre el uso sustentable de recursos naturales como el agua, el suelo y el bosque.

A las actividades anteriores se suman los programas destinados a la educación ambiental no formal, que trabaja con casas de cultura y centros de recreación. Otro programa que busca promover el interés por el medio ambiente es el Premio al Mérito Ecológico, que se entrega en cinco categorías: académico, empresarial, social, instituciones educativas e individual.

Otra institución relevante es el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), inaugurado el 25 de noviembre de 1997 con el objeto de apoyar la gestión ambiental, a través del desarrollo de investigaciones aplicadas y de capacitación técnica en los campos de la prevención y control de la contaminación atmosférica y del manejo de los residuos peligrosos. Constituye el laboratorio nacional de referencia en materia de muestreo y análisis de sustancias y residuos peligrosos, así como para el desarrollo y aplicación de tecnologías limpias y ambientalmente sustentables que contribuyan a la reducción de la generación de residuos y de la emisión de contaminantes. A nivel latinoamericano el CENICA se consolida como un centro que apoyará el fortalecimiento de capacidades técnicas, especialmente a los países del Caribe y Centroamérica, dentro del esquema de cooperación sur-sur que el gobierno de Japón promueve.

Los mecanismos de financiamiento de la actividad científica en México son insuficientes. La situación de la investigación y la educación superior se ha deterio-

rado continuamente como resultado de los periodos de crisis económica que han caracterizado los últimos 25 años. Los resultados de este deficiente crecimiento del aparato científico mexicano han llevado a que la OCDE nos ubique en este rubro en el último lugar de los países que la conforman.

La investigación ambiental no es una excepción en lo que a dificultades de desarrollo se refiere. Además, enfrenta los retos de requerir esfuerzos multidisciplinarios y de ser un área nueva de conocimiento nacida de problemas inmediatos de urgente resolución, que no tienen antecedentes en la historia.

Los mecanismos tradicionales de financiamiento se han enfocado privilegiadamente en las ciencias básicas, que a pesar de haber avanzado mucho se encuentran, como hemos dicho, poco consolidadas en muchos aspectos, entre los que se encuentra el número de investigadores con los que cuenta el país. Los mecanismos de evaluación de la actividad científica, centrados en complejos sistemas de estímulos, reflejan este proceso.

Un problema adicional es el generado por el sistema con el que el gobierno contaba hasta hace muy poco, pues la actividad científica se veía regulada y restringida por mecanismos administrativos que reducían el tiempo útil real para desarrollar una investigación. Estas dificultades quedaron resueltas en muchos sentidos a partir de la aparición de la Ley de Ciencia y Tecnología vigente.

En el marco de la Ley de Ciencia y Tecnología se han ido desarrollando lentamente mecanismos de financiamiento hacia la investigación aplicada a la resolución de problemas específicos. El mecanismo implica una corresponsabilidad entre los diferentes sectores del gobierno federal y de los gobiernos estatales así como del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que tradicionalmente ha diseñado la política científica y ha financiado su desarrollo. Los llamados fondos sectoriales y fondos mixtos permiten que las instancias gubernamentales de diferentes niveles identifiquen problemas potenciales o urgentes y destinen recursos hacia la investigación científica necesaria para atenderlos.

Los fondos sectoriales y mixtos tienen reglas de operación precisas, que involucran un sistema no discrecional de evaluación, equivalente al que tradicionalmente se ha utilizado para evaluar los proyectos de ciencia básica. Los proyectos se solicitan a partir de una convocatoria abierta que permite la participación de todos aquellos investigadores y tecnólogos que se encuentren activos en las áreas identificadas como prioritarias por el sector.

En el año 2001 la SEMARNAT abrió el fondo Sectorial de Investigación Ambiental. En la primera ocasión, el

fondo alcanzó los 220 millones de pesos, cifra inédita para apoyar la investigación sobre problemas ambientales. Este mecanismo de financiamiento tiene, sin duda y como cualquier otro, problemas que deberán irse corrigiendo, pero ha permitido incrementar los recursos de financiamiento para la investigación científica y tecnológica enfocada al ambiente, ha puesto a la investigación aplicada en manos de investigadores, está propiciando la formación de especialistas en las ciencias ambientales y ha contribuido a hacer los mecanismos de asignación más transparentes y más acordes con la calidad de los proyectos.

### *Sistema nacional de información ambiental*

La complejidad de los problemas del medio ambiente y del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, requiere de sistemas de información que permitan avanzar y consolidar las etapas de diagnóstico del estado y de las tendencias de los conflictos ambientales y de las acciones que se realizan al respecto. Hasta hace algunos años, la información ambiental estaba dispersa en varias dependencias públicas que la elaboraban con diferentes criterios y enfoques, como resultado de esto, además de vacíos de información que pudieran ser atendidos mediante el trabajo coordinado entre dependencias, existían problemas serios de duplicidad e inconsistencia entre la información disponible. Por otra parte, a pesar de que el primer informe ambiental de México fue publicado en 1986 y de que desde entonces, con una periodicidad aproximada de dos años, se dispone de un informe sobre la situación general del medio ambiente, existe una carencia de cultura de información ambiental por parte del público y de los especialistas en prácticamente todos los quehaceres nacionales.

En este escenario, una de las tareas relevantes ha sido la de sistematizar la información forestal, pesquera, hidráulica, de biodiversidad y de gestión ambiental.

Lo anterior forma parte de los esfuerzos que se realizan para integrar el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), ordenado por la LGEEPA, mismo que tiene por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental nacional; en dicho Sistema se deberá integrar, entre otros aspectos, la información relativa a los inventarios de recursos naturales y a los resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del aire, del agua y del suelo, al ordenamiento ecológico del territorio, emisiones atmosféricas, descargas residuales y residuos peligro-

sos, a autorizaciones, licencias o permisos que se emitan en la materia, así como la concerniente a los registros, programas y acciones que se realicen para la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, así mismo la de informes y documentos relevantes de actividades científicas, académicas y trabajos técnicos o de cualquier índole en materia ambiental y de preservación de los recursos naturales. La integración y desarrollo del SNIARN, con los objetivos y elementos mencionados, constituye un elemento fundamental que apoya el desarrollo sustentable del país.

El problema total del Sistema es la insuficiente comunicación entre los agentes de la generación, análisis, difusión y explotación de la información ambiental, incluyendo su interfase con el conocimiento y retroalimentación por parte de los usuarios finales de la misma. Atender esto lleva a establecer foros y mecanismos de vinculación, lo cual implica promover consensos e intercambios necesarios entre dichos agentes, con independencia de su origen, pues el carácter nacional del SNIARN obliga a considerar participantes tanto internos como externos al sector público. Un paso importante para atender esta necesidad son los esfuerzos actuales para instrumentar el Comité de Estadística e Información Geográfica del Sector Medio Ambiente y Recursos Naturales.

### *Respuesta de la sociedad organizada*

#### *Las organizaciones civiles*

Usualmente, en México y en otros países con fuerte autoridad central (democráticos o no) la política pública se ha considerado sinónimo de política gubernamental, pues se trata de sistemas de toma de decisiones caracterizados por la poca influencia de los grupos de la sociedad organizada. Esto se debió en el caso mexicano, durante varias décadas, al carácter poco democrático del proceso político, pero también a características institucionales del sistema político que aun permanecen: la no reelección consecutiva de los legisladores, aunada al estilo vertical del sistema de partidos, no genera incentivos para tomar en cuenta grupos que no presenten rentabilidad como clientela política, como suele ser el caso de los grupos ambientalistas (ya sea que estén constituidos como ONG o como comunidad científica). Los atributos de los problemas ambientales también hacen difícil su incidencia en la agenda pública: la degradación ambiental representa grandes costos sociales, lo que en principio permitiría formar organizaciones grandes e influyentes, pero tales costos o bien se di-

fuminan entre un gran número de afectados (lo cual impide que decidan destinar tiempo y recursos para impedir el costo) o son poco visibles.

De ahí la relevancia de identificar los esfuerzos de los grupos ambientalistas que lograron influir en la agenda pública durante los años ochenta y noventa. Inicialmente, las ONG no se organizaron para abogar por la inclusión de criterios ambientales en la actividad gubernamental en general, sino que cada una de ellas cabildó por asuntos muy específicos y actuó aprovechando coyunturas muy particulares. Un elemento clave para su acción fue la coordinación y coincidencia en algunos temas con las ONG estadounidenses (Torres 1999).

Una de las coyunturas más importantes, fue el de las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Dada la influencia que las ONG de Estados Unidos de América sí tenían sobre su propio gobierno, éste se vio forzado a incluir la temática ambiental en los debates, lo cual fue aprovechado por los grupos ambientalistas mexicanos para intervenir en la agenda. Esto es, debido al interés de México de competir comercialmente en el mercado internacional, lo ambiental se convirtió de manera indirecta en un tema de la agenda de gobierno, y las ONG y grupos de académicos ambientalistas surgieron como interlocutores naturales.

Otro elemento de influencia de las ONG ambientalistas internacionales fue el financiamiento que dieron a organizaciones locales para realizar proyectos de educación ambiental, programas de conservación y apoyar sus actividades de organización. Por ello, aunque una vez concluida la coyuntura de negociación del TLCAN el gobierno mexicano no tenía ya los incentivos para mantener la problemática ambiental en su agenda, en el proceso los ambientalistas mexicanos institucionalizaron foros para dar a conocer sus demandas, mejoraron su organización y sus fuentes de financiamiento. Ello influyó para que el tema no perdiera preeminencia al menos en el discurso, lo que facilitó después que se abrieran espacios de decisión dentro del gobierno, a partir sobre todo de la creación de la secretaría del ramo.

La paulatina institucionalización de las ONG durante los últimos 20 años ha permitido que surjan también políticas públicas enfocadas a la conservación (de especies o de la cubierta forestal, usualmente) concebidas e implementadas por las propias organizaciones. Esto supone una estrategia paralela a la de la presión que ejercen sobre el aparato gubernamental para que tomen en cuenta sus demandas.

### La iniciativa privada

La normatividad ambiental, las modificaciones a las tarifas de insumos de la producción, los tratados internacionales y la apertura a nuevos mercados han modificado el comportamiento empresarial hacia el medio ambiente. La adopción de tecnologías de menor impacto ambiental, medidas para el ahorro de energía y agua y, en general, la mayor atención prestada a los impactos ambientales de las actividades productivas ha sido resultado de las nuevas condiciones del mercado y de los costos que impone la normatividad ambiental.

La apertura comercial proporciona nuevos nichos de mercado, pero una de las condiciones para aprovecharlos con éxito es la capacidad para demostrar procesos de producción de bajo impacto ambiental. Por otro lado, el aumento mismo de los costos de insumos de la producción, como la energía y el agua, hacen atractiva la adopción de tecnologías más eficientes, que permiten mayores ahorros y por ende son más benéficos ambientalmente.

La influencia de la normatividad ambiental en el comportamiento de las empresas ha sido menos directo que los impactos en los costos de algunos insumos o el surgimiento de mercados "verdes" generados por los acuerdos comerciales. Además de los problemas para monitorear el cumplimiento de las leyes y normas ambientales, estaba la disyuntiva de aplicar con rigor las sanciones correspondientes (e impactar negativamente una economía de por sí débil) o dejarlas sin efecto, afectando no sólo al medio ambiente sino al estado de derecho.

Se optó por una salida que cubría objetivos económicos, políticos y ambientales: las auditorías ambientales voluntarias. Instrumentadas por la PROFEPA a partir de 1992, funcionan en la práctica como un método de negociación, no de apego a la norma sino de los tiempos necesarios para cumplirla (Murad 2003). Mediante una auditoría realizada por una empresa privada y bajo los criterios determinados por las autoridades, se detectan los procesos de interés normativo y prácticas de "buena ingeniería". El producto de la auditoría es un plan de manejo, cuyo cumplimiento merece un certificado de "Industria limpia", que libera de inspecciones y posibles sanciones mientras esté vigente. Otro beneficio es que el cumplimiento del plan puede facilitar la obtención de certificados útiles para participar en mercados internacionales, como la norma ISO-14000.

El mecanismo ha sido aplicado hasta diciembre de 2003 en 2,764 empresas, de las cuales hay 1,079 certificadas, 1,227 en proceso y 458 bajas (PROFEPA 2003a). Entre las empresas certificadas destacan las grandes

compañías cementeras y las paraestatales, notoriamente PEMEX. El reto actual es aplicar el mecanismo en microempresas, más dispersas y numerosas.

## Conclusiones

En la actualidad, aun cuando se han tenido importantes avances en términos de la integración de una política ambiental incluyente y global, queda todavía pendiente una mayor participación de otros organismos públicos cuya actividad impacta directamente al medio ambiente y de las autoridades locales, con el objeto de hacer posible una estrategia ambiental completa y con las diferencias regionales requeridas. Esta integración no puede estar dissociada del marco legal mismo que requiere de sistemas más dinámicos para su modificación. A pesar de que la normatividad ambiental ha tenido un claro avance en los últimos diez años, en algunos casos no encuentra correspondencia en actos concretos de gobierno. En términos generales, estos avances no han tenido el impacto esperado

en la protección y conservación del medio ambiente, entre otras cosas, por la falta de exigibilidad derivada de actos de corrupción y de falta de presupuesto.

A pesar de que el gasto programable del gobierno federal para las dependencias encargadas del medio ambiente ha aumentado constantemente a lo largo de las dos últimas décadas, los recursos destinados no concuerdan con la importancia que tiene el medio ambiente en los documentos de planeación, de legislación o de los compromisos internacionales.

La sociedad civil ha sido muy activa en el rubro ambiental. Hay que recordar que su papel fue fundamental en el proceso de institucionalización de la autoridad ambiental. En nuestro país se dio un fenómeno muy peculiar ya que las ONG ambientalistas tuvieron un gran impulso por parte de las extranjeras haciendo un bloque organizado y participativo para influir en la toma de decisiones del gobierno, esto se ve reflejado tanto en las modificaciones que se dieron en la LGEEPA al regular de manera expresa la participación ciudadana como en la creación de comités consultivos, entre otras acciones.





# Capítulo 5





## Escenarios GEO México 2003-2030

### Escenarios

#### Fuerzas impulsoras

En el presente capítulo se esbozan tres escenarios de cómo podría evolucionar, en función del peso de un conjunto de fuerzas impulsoras, el estado del medio ambiente en el país. Para México, ubicado al final de un acelerado proceso de industrialización y urbanización y en medio del camino hacia la madurez política, la principal fuerza impulsora es, precisamente, la política, en este caso entendida como la forma en la que las diferentes y diversas fuerzas sociales y económicas se articulan e interactúan para llevar adelante sus intereses sin romper el equilibrio dinámico del sistema social y, en su caso, establecer acuerdos que, a través de leyes y regulaciones, permiten cuidar bienes públicos comunes como la salud, la seguridad y el medio ambiente. En este sentido, las políticas y las instituciones públicas son un reflejo y resultado de la calidad de esa articulación.

La construcción de cada escenario utiliza, además, otros elementos que influyen en la forma en la que se afecta al medio ambiente. Está, por supuesto, la economía, con sus expectativas de crecimiento, su estructura y su evolución sujeta a las demandas de los ciudadanos, pero también a la forma en que la globalización y la liberación comercial determinan qué partes de las cadenas de producción y de valor se llevan a cabo en territorio mexicano. El propio medio ambiente es también considerado como fuerza impulsora, en la medida en que su mejora o deterioro tiene un impacto sobre la calidad de vida de la sociedad y de asegurar estándares aceptables de calidad ambiental en agua, aire, suelo, bosques y mares tienen costos que se reflejan a todos los niveles en la economía. A su vez, la perspectiva y la acción de la sociedad, reflejada en su composición cuantitativa (crecimiento, composición por edades y distribución geográfica) y cualitativa (valores y expectativas), afecta a su vez sus formas de consumo (y, por lo tanto, de impacto sobre el medio ambiente) y su ánimo de participación social ante los problemas ambientales.

Con estas premisas se plantean tres escenarios que reflejan igual número de posibles evoluciones de México como país y de la calidad de su medio ambiente. Los tres escenarios están determinados, fundamentalmente y como ya se refirió arriba, por la evolución del proceso de maduración política de Mé-

xico y tienen nombres que los reflejan: (1) La vida no vale nada (no hay acuerdos políticos y las instituciones no funcionan), (2) Atole con el dedo (las instituciones funcionan pero no son posibles grandes reformas) y (3) Abriendo brecha (hay acuerdos políticos de fondo y las instituciones funcionan).

En el primer escenario, La vida no vale nada, el país se estanca política y económicamente y no es posible ni siquiera mantener vigentes los instrumentos de política pública existentes a la fecha. La economía formal no crece y la dependencia del Estado en los recursos petroleros para su funcionamiento se acentúa, lo que determina que el gasto público esté sujeto al vaivén de los precios del petróleo. La inversión privada, ante las incertidumbres y los altos costos de transacción, se concentra sólo en actividades con períodos muy cortos de recuperación, por lo que sus inversiones en infraestructura y la aplicación de nuevas y mejores tecnologías se ven muy limitadas. La sociedad, por lo mismo, se vuelve menos solidaria y sólo ve por sus intereses más inmediatos. Como resultado, el medio ambiente se deteriora y aumenta el costo individual y social por crecientes problemas de salud y por catástrofes naturales y de abastecimiento de alimentos y agua.

En el segundo escenario, Atole con el dedo, sin llegar a acuerdos políticos que permitan reformas de largo plazo, algunas de éstas se logran y la economía funciona lo suficientemente bien para que el Estado y las principales instituciones tengan los recursos mínimos necesarios para seguir operando los instrumentos ya en funcionamiento y, además, poder reaccionar ante algunos eventos no previstos (como desastres naturales o caídas en los precios del petróleo). Sin embargo, no hay recursos para inversión pública en infraestructura ambiental ni los necesarios para capacitación y para investigación y desarrollo, por lo que no se pueden aplicar instrumentos de política pública más avanzados (o más adecuados), además de que esta situación afecta la necesaria descentralización de facultades, en particular las ambientales, que se ve detenida por la falta de infraestructura técnica, humana y material, y por los grandes desequilibrios regionales que no se han podido disminuir. Esto también se refleja en poca inversión privada en infraestructura ambiental, la cual se ubica en unos cuantos nichos tecnológicos y regionales. Por lo tanto, las tendencias actuales de deterioro ambiental se modifican ligeramente, pero sin resolver los problemas de fondo.

En el tercer y último escenario, Abriendo brecha México logra una maduración política que permite llegar a los grandes acuerdos necesarios para las políticas de Estado que permiten que la economía funcione de acuerdo con parámetros de país desarro-

llado. En estas condiciones, el Estado opera sin discontinuidades institucionales y con los recursos para llevar adelante políticas públicas de fondo y de largo plazo. Con lo anterior, la inversión privada tiene las condiciones adecuadas de certidumbre para ser motor de la infraestructura ambiental que se necesita, mientras que el Estado tiene la solidez para asegurar el cumplimiento de regulaciones que cuiden bienes comunes, además de que la población acepta el costo y los inconvenientes transitorios de la construcción de dicha infraestructura. De esta manera se mejora notablemente la calidad de los servicios ambientales y se reducen los costos sociales del deterioro de la salud y los gastos por desastres prevenibles.

Las gráficas que se presentan en este capítulo fueron elaborados por Odón de Buen Rodríguez.

### Escenario 1. “La vida no vale nada”

#### Descripción general

En el país se mantienen los desacuerdos entre los principales grupos políticos y, sin que exista una ruptura del orden institucional, los ciclos políticos se cumplen con constantes cambios de partidos en el poder que se logran a partir de posiciones populistas. En cada nuevo ciclo no hay mayoría de algún partido en el congreso y predomina el tribalismo político, aun dentro de los mismos partidos, cuidándose sólo intereses de corto plazo de grupos y/o regiones muy particulares. Los cambios de gobierno a nivel federal, estatal y municipal se realizan de manera radical y las instituciones públicas, además de tener pocos recursos y una gran inestabilidad presupuestal, sufren cambios constantes de personal a todos niveles, en un constante proceso de “borrón y cuenta nueva”. El interés y la participación social en los procesos electorales y de las instituciones públicas es muy pobre y predomina el conformismo, con una escena política y social donde las preocupaciones dominantes son de corto plazo.

En el plano económico el país se sigue sosteniendo con los recursos del petróleo, el turismo, la maquila, las remesas de los migrantes y, en el contexto informal, del narcotráfico. Esto no es suficiente, sin embargo, para que exista crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), que tiene un valor promedio de cero hasta el año 2030. A falta de una reforma fiscal, el gobierno depende mayormente de los recursos obtenidos de la renta petrolera para seguir funcionando, lo cual mantiene a la función pública en una constante incertidumbre, reflejando las condiciones del mercado internacional del petró-

leo. Las posiciones políticas paternalistas y clientelistas —con subsidios indiscriminados a grupos sociales, actividades económicas y regiones particulares— hacen perder recurrentemente los logros obtenidos en la estabilidad de las variables económicas más importantes y se repiten cíclicamente y con demasiada frecuencia los procesos de devaluación y reajuste. La inversión pública es mínima y sólo se concentra en resolver urgencias o es utilizada para acciones que solo son de interés de los grupos en el poder —y no necesariamente del interés general—. Por lo tanto, la nueva infraestructura sólo es posible con la inversión privada, la cual exige altas tasas de retorno, por lo que se invierte poco y concentrado en algunos nichos sectoriales y regionales. Los grandes intereses privados —nacionales y extranjeros— aprovechan las recurrentes urgencias económicas del gobierno a todos sus niveles (federal, estatal y municipal) y van apoderándose, muchas veces de manera muy ventajosa a sus intereses, de recursos e infraestructura indispensables para asegurar el bien público y en condiciones de regulación poco exigente y de pobre supervisión.

Al mismo tiempo, la población mayor de 60 años aumenta, por lo que crece el gasto en pensiones, disminuye la fracción de la población económicamente activa y aumenta la presión sobre servicios médicos para atender enfermedades crónicas que tienen un alto costo de atención, todo esto con una enorme carga para el disminuido erario público. Por lo mismo, y dado el nulo crecimiento del PIB, la inversión en aspectos sociales —educación y salud— y ambientales per-cápita se reduce, por lo que reaparecen enfermedades típicas de la falta de salubridad y aumentan las que son características de un ambiente cada vez más deteriorado, aumentando las tasas de mortalidad infantil y de la población más pobre —sin una “malla de protección” provista por el Estado— se ve en la necesidad de incrementar el número de hijos para asegurar descendencia que les sirva de seguro para la vejez. Como resultado la tasa de natalidad promedio es de 1.78% anual, y la población crece en 70 millones de personas, por lo que el PIB per cápita cae en 40% para todo el país (gráficas 5.1 y 5.2). Para la zona sur, el PIB per-cápita cae casi en 50%, y aumenta la marginación de grandes grupos de la población, ya que aumenta la concentración de la riqueza. Por lo tanto, se presenta un crecimiento alarmante de la pobreza —el nivel de ingresos de los más pobres se reduce en más de 60%— y del desempleo, lo cual se refleja en un mercado informal de grandes proporciones que no contribuye a las finanzas públicas y debilita el estado de derecho. Las desigualdades que se venían arrastrando desde finales del siglo XX pre-

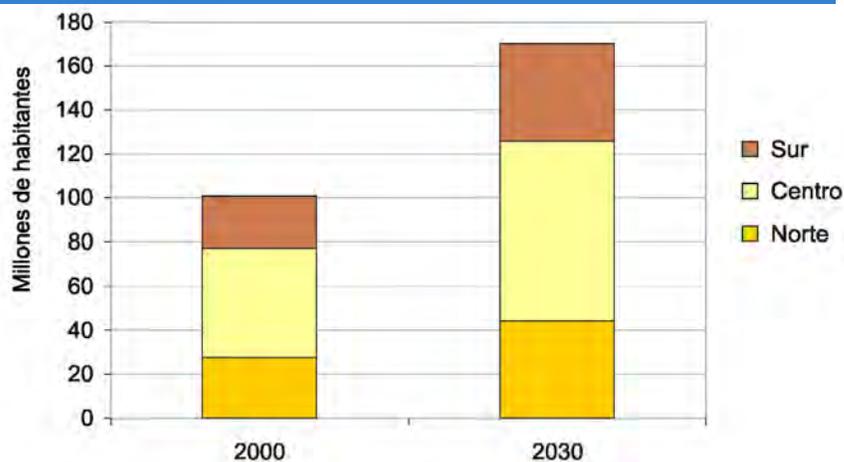
valecen y se agravan. Continúa la migración ilegal hacia los Estados Unidos de América y Canadá y se abre un nuevo frente de migración hacia Europa.

Además de los recursos provenientes de la venta de petróleo, la economía formal del país se apoya con los ingresos y divisas que provienen de la maquila, la cual opera en un contexto de regulación (ambiental y laboral) laxo y sujeto a los vaivenes de la economía, lo cual desarticula intentos de desarrollo regional basados en estas industrias. Las remesas del creciente número de migrantes ilegales a los Estados Unidos de América y los ingresos por turismo

también sufren ante la creciente y permanente preocupación en ese país por acciones terroristas en su contra y ante una creciente presencia y actividad de grupos delictivos organizados en México. Precisamente, los limitados recursos del gobierno no permiten mejorar las condiciones laborales de los cuerpos de seguridad y del sistema de impartición de justicia, los cuales caen fácilmente en acciones de corrupción y de soporte a actividades con ingresos como los del narcotráfico.

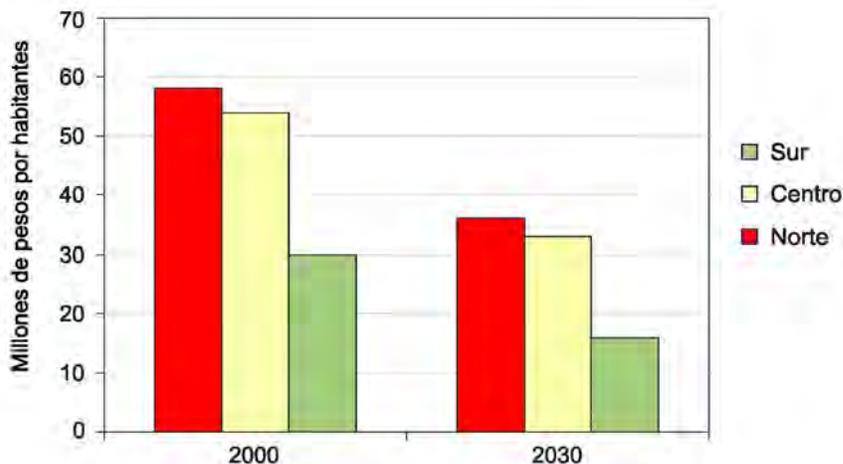
Una pérdida global de eficiencia energética en la economía —resultado de las propias condiciones de

GRÁFICA 5.1. LA VIDA NO VALE NADA. POBLACIÓN POR REGIONES



Fuente: todas las gráficas de este capítulo fueron elaboradas por Odon de Buen.

GRÁFICA 5.2. LA VIDA NO VALE NADA. PIB PER CÁPITA

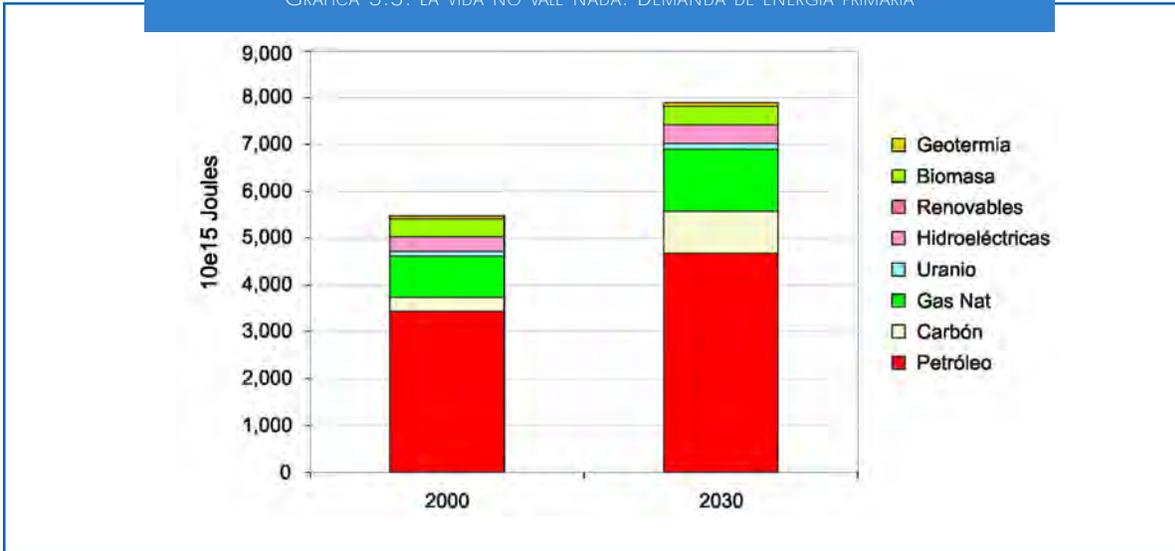


incertidumbre en inversiones y el crecimiento de los subsidios a los energéticos— hacen que aumente el consumo de energía en 44% en treinta años (gráfica 5.3), por lo que el índice global de intensidad energética del país aumenta en 22%, regresando a los niveles de 1990 (gráfica 5.4). Igualmente, la alta dependencia de los ingresos provenientes de la exportación petrolera y de impuestos relacionados al consumo interno de energéticos para cubrir las necesidades de recursos para la operación del Estado,

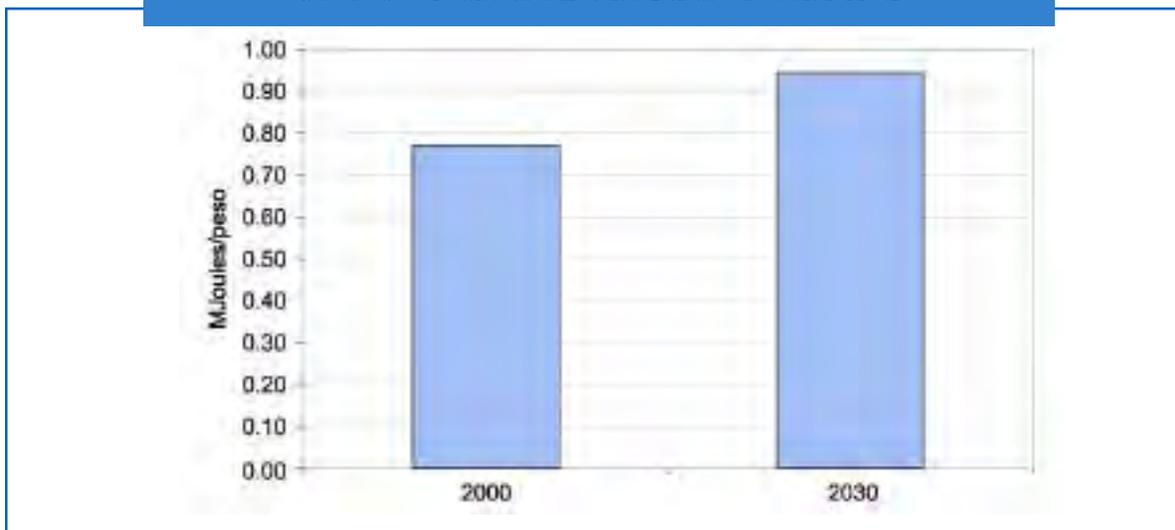
empuja a una explotación más acelerada de los hidrocarburos, por lo que el país agota las reservas de más bajo costo de explotación. Finalmente, al no aprovechar fuentes no tradicionales de energía disponibles en el país, se tienen que importar energéticos —gas natural y carbón— utilizando divisas escasas.

Dado que la recuperación del deterioro ambiental es un asunto de largo plazo y que las medidas para su protección o recuperación son mínimas y aisladas, aumenta la vulnerabilidad del país ante las manifes-

GRÁFICA 5.3. LA VIDA NO VALE NADA. DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA



GRÁFICA 5.4. LA VIDA NO VALE NADA. ENERGÍA POR UNIDAD DE PIB



taciones del cambio climático, las cuales sacuden cada vez con más frecuencia y más fuerza al país y, cuando ocurren, estos fenómenos tienen efectos desastrosos y no se dispone de recursos suficientes para cubrir los gastos necesarios para llevar adelante planes mínimos de contingencia. Ante ello, el país tiene que comprometer recursos públicos escasos, esto sin poder remontar la degradación de bosques, tierras y cuerpos de agua que resultan de los desastres naturales.

La respuesta de la población a todo este deterioro es el individualismo, con la solidaridad social va limitándose a su círculo más cercano (familia y comunidad). Ante la gravedad de los problemas y el desencanto ante los procesos y actores políticos, sus preocupaciones se reducen a asuntos más relacionados con la supervivencia cotidiana y su acción ciudadana no va más allá de exigencias relativas a la posibilidad de tener algún ingreso —independientemente de si esto ocurre en el mercado formal o informal— y a demandas sociales particulares a la salud y la seguridad. Por lo tanto, las preocupaciones sobre los problemas ambientales no tienen lugar en la agenda individual de la mayoría de los ciudadanos, reflejándose esto en la agenda de los políticos y, por ello, en la de las políticas públicas, las cuales tendrán al medio ambiente al final de una larga lista de necesidades inmediatas. Esto, por supuesto, sólo retroalimentará negativamente hacia el resto del sistema, aumentando el riesgo de que, precisamente, los mayores e irreversibles procesos de deterioro ambiental sean los detonadores de la ruptura del orden social.

### Impactos ambientales

El deterioro ambiental se incrementa de manera acelerada y se refleja en pérdida de hábitats y de biodiversidad, aumento en las emisiones de productos de la combustión —y, por lo tanto, de gases de efecto de invernadero—, disminución en la calidad del aire y del agua, además de que el agua se vuelve un recurso muy escaso en diversas regiones, particularmente en el centro y norte del país.

La desarticulación y el limitado alcance de las acciones y programas para disminuir la explotación irracional del agua —sin que para entonces se haya logrado el establecimiento de un precio que refleje sus costos sociales de explotación—, resultan en un aumento de su consumo, el cual crece en 45% para el año 2030 y los problemas del suministro y de la calidad del agua se convierten en puntos críticos, ya que cada día se contamina un número creciente de

mantos acuíferos y se mantiene la sobreexplotación irracional y el descuido en su uso final (gráfica 5.5). En particular, en la zona centro del país el consumo llega a ser equivalente al 90% de la recarga. Igualmente, en el país llegan a más 12 millones las personas viviendo en regiones con alta presión sobre los recursos acuíferos (gráfica 5.6). Por lo mismo, no se reduce el porcentaje de la población sin acceso al agua potable —que, en números absolutos, se duplica— con sus consiguientes presiones al sistema de salud.

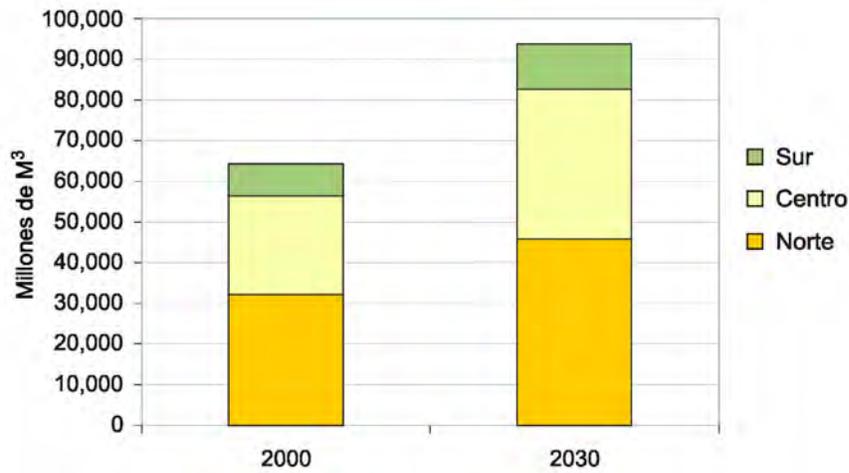
La descarga de aguas negras provenientes de hogares y de industrias en las ciudades se sigue haciendo sin un proceso previo de limpieza, lo que deteriora aún más los problemas de calidad del agua en los ríos. A falta de infraestructura suficiente de tratamiento, los ríos siguen transportando significativas cantidades de contaminantes al mar, dañando y destruyendo un número cada vez mayor de delicados hábitats en cuencas, estuarios y zonas costeras de inundación natural, poniendo además en riesgo a las industrias pesquera y turística por la contaminación de mares, playas y zonas de recreo.

La pérdida de supervisión y control sobre una regulación ambiental que, además, no se fue adecuando a las cambiantes circunstancias, borraron los avances logrados en los primeros 15 años de regulación ambiental, por lo que la tasa de explotación de los recursos naturales fue mayor que la de renovación de los mismos, con un consiguiente aumento en los costos de agotamiento y degradación ambiental.

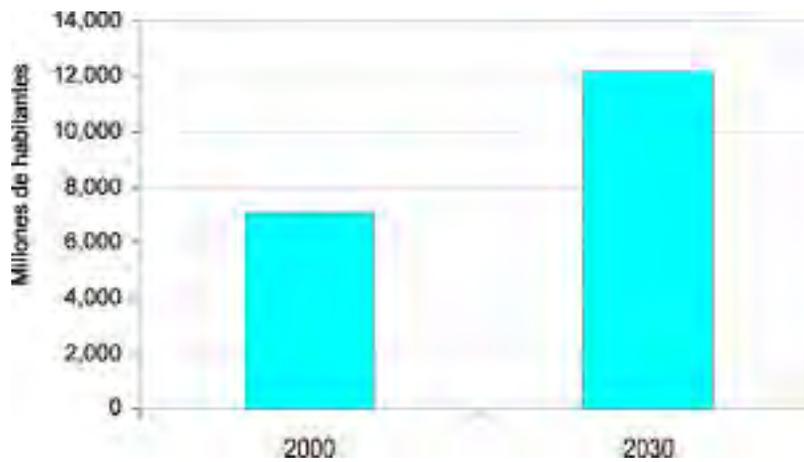
Por otro lado, el necesario proceso de descentralización y de desarrollo regional se lleva a cabo de manera parcial, con pocos recursos y con muchas discontinuidades, por lo que se incrementa la desigualdad entre el norte y el sur del país. Igualmente, la pérdida de autoridad central y la polarización política llevan a que aumenten las disputas entre estados y entre municipios por los recursos naturales compartidos por diferentes jurisdicciones, en particular agua y bosques, lo que concentra la poca capacidad de la autoridad federal en el manejo de conflictos más que en la solución de la problemática ambiental.

La producción agrícola se ve afectada en varios frentes resultados del deterioro ambiental. Por un lado, la salinización, erosión y desertificación de los suelos agrícolas que encarecen o, de plano, imposibilita la producción de alimentos. Por otro, la mayor frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos como sequías e inundaciones, además de los cambios en las temperaturas ambiente promedio, aumentan la incertidumbre de lograr diversos cultivos y aumentan la posibilidad de su pérdida. Sin embargo, la necesidad de alimentos y la falta de recursos económicos

GRÁFICA 5.5. LA VIDA NO VALE NADA. CONSUMO DE GAS



GRÁFICA 5.6. LA VIDA NO VALE NADA. POBLACIÓN BAJO STRESS DE AGUA



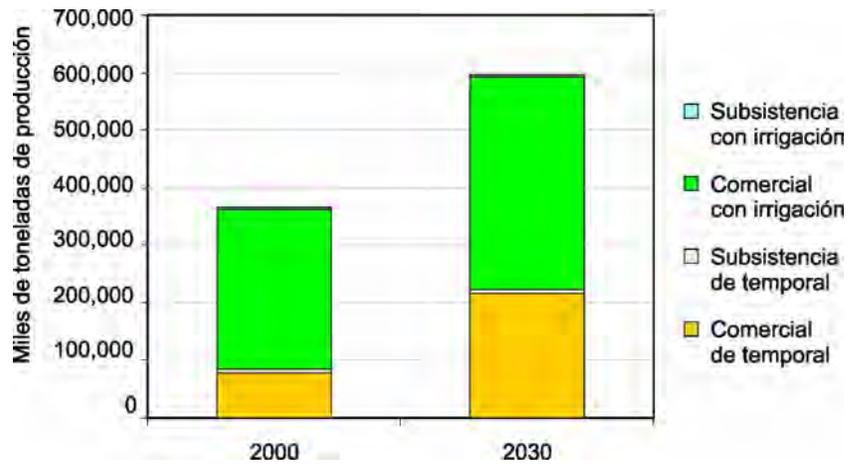
de los más pobres, lleva a que se aumente, aun con muy bajos rendimientos, la producción local de alimentos para autosustento y se empuja a una ampliación de las áreas cultivadas en más de 125%, lo que ejerce presiones adicionales sobre bosques y áreas no afectadas por la actividad humana, con sus consiguientes efectos en la biodiversidad (gráficas 5.7 y 5.8).

En muchas zonas, sin embargo, el deterioro ambiental es tal que ni la agricultura de sustento es

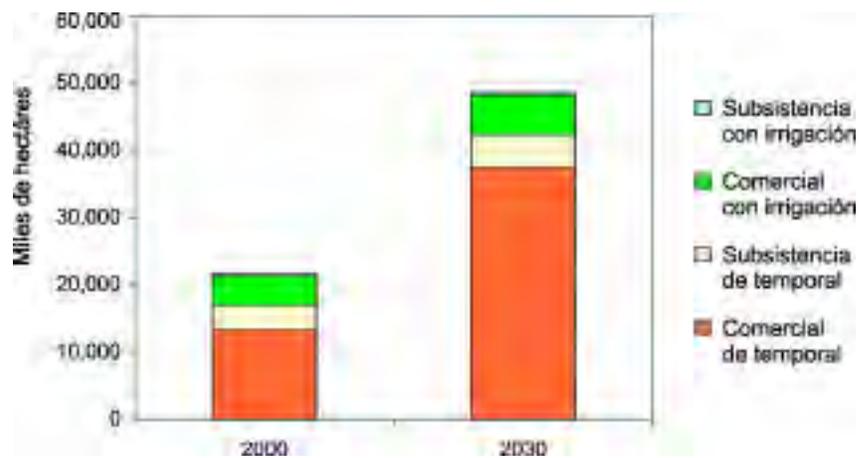
posible. Esto alimenta la migración masiva y una creciente producción de drogas ilícitas, además de que se presentan brotes de violencia y en grandes zonas con recursos naturales con valor estratégico salen del control del Estado, en particular los bosques, cuyos recursos forestales y de especies animales son explotados sin control alguno, constituyéndose en otra presión sobre la biodiversidad.

Aunque la economía no crece y, por lo mismo, no aumenta significativamente el movimiento de perso-

GRÁFICA 5.7. LA VIDA NO VALE NADA. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA POR FORMA DE SUMINISTRO DE AGUA



GRÁFICA 5.8. LA VIDA NO VALE NADA. ÁREAS CULTIVADAS POR FORMA DE SUMINISTRO DE AGUA



nas y mercancías, en las ciudades, la continua dependencia de combustibles fósiles como energéticos para el transporte, la alta dependencia en el automóvil para el movimiento de personas y la carencia de políticas públicas efectivas para reducir la contaminación del aire, traen consigo un incremento de las emisiones de gases producto de la combustión y la consecuente caída de los índices de calidad del aire y de un mayor impacto negativo en la salud de la población que vive en los centros urbanos. Por la misma

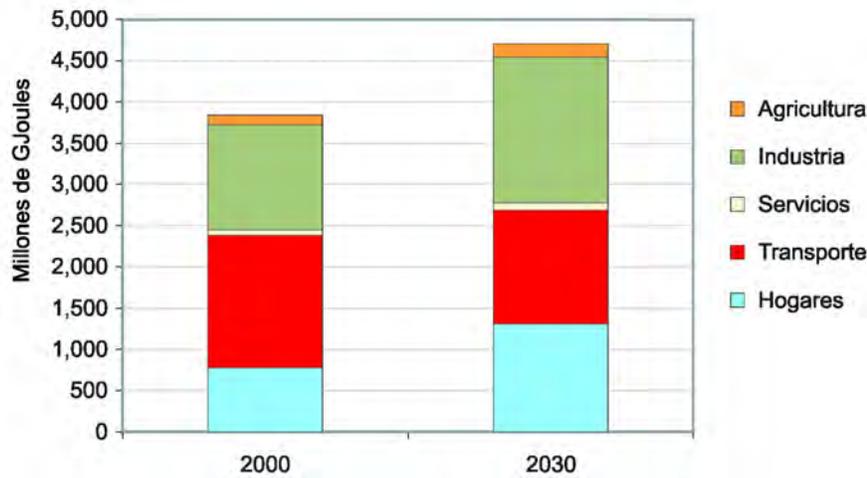
dependencia del petróleo y por no realizar acciones para reducir los índices de consumo energético, las industrias y las centrales de generación eléctrica siguen contaminando, muchas veces sin un monitoreo de la cantidad y calidad de las emisiones. Como resultado, y aunque el consumo final de energía crece 23% en treinta años (gráfica 5.9), los volúmenes de óxidos de azufre emitidos aumentan al doble (gráfica 5.10) y las emisiones de bióxido de carbono por el sector de la energía se duplican (gráfica 5.11).

Aunque aumenta la disponibilidad de sustitutos como el gas LP, en las zonas más pobres —donde además se presentan las mayores tasas de crecimiento de la población— se mantiene el nivel absoluto de consumo de leña para sus principales necesidades energéticas, con sus consiguientes efectos sobre la salud de mujeres y niños en hogares rurales y de deforestación.

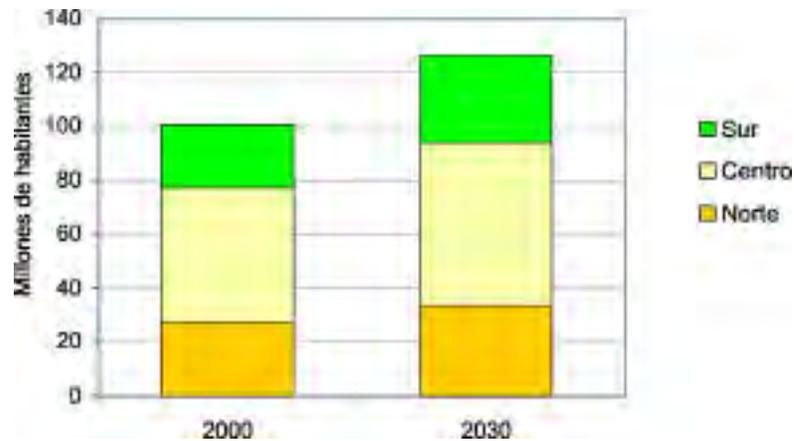
Independientemente de la suerte del Protocolo de Kioto, el cambio climático sigue evolucionando de

manera inercial y los eventos climáticos son cada vez más impredecibles e intensos, además de que sube el nivel de los mares, afectando zonas costeras, en específico las del sureste de nuestro país. Los desastres naturales aumentan y los costos de remediación llegan a estar fuera de la capacidad del Estado para cubrirlos, aumentando el deterioro, el cual se manifiesta en pérdida de bosques por incendios, pérdida de suelos por sequía o por arrastre en inundaciones y que van a dar a las zonas costeras y al mar, aumen-

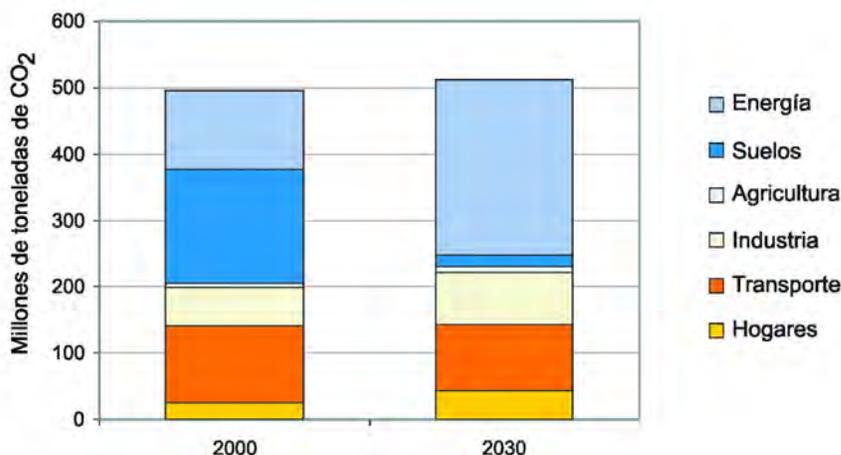
GRÁFICA 5.9. LA VIDA NO VALE NADA. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR SECTOR



GRÁFICA 5.10. LA VIDA NO VALE NADA. EMISIONES DE BIÓXIDO DE AZUFRE



GRÁFICA 5.11. LA VIDA NO VALE NADA. EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO



tando las presiones sobre una gran variedad de ecosistemas.

En México continúa la deforestación y el país acentúa su papel como uno de los países con mayores tasas de pérdida de bosques en el mundo. Las fronteras agrícolas, la población y las actividades económicas asociadas se amplían y se desplazan hacia el sur, donde existen más recursos forestales y de biodiversidad, los cuales son explotados sin que se cumplan las regulaciones federales correspondientes, acentuando el problema de deforestación y de pérdida de especies. El deterioro de los bosques es tal que sus impactos económicos y sociales, en particular su pérdida como sistemas de captación de agua y como hábitat de una gran diversidad biológica lo convierten en un asunto de seguridad nacional.

Los residuos sólidos del país continúan creciendo, con la industria dominando en su generación —más del 85%—. Se sigue sin disponer adecuadamente de aquellos residuos que son peligrosos, mezclándose con los no peligrosos y encareciendo cada vez más la remediación. Las inversiones en infraestructura para el manejo de residuos sólidos son muy limitadas, pero la necesidad de recursos económicos a nivel municipal y la limitada supervisión federal de las regulaciones ambientales lleva a la recepción de residuos de otros países sin desarrollar la infraestructura adecuada. Por lo tanto, aumenta considerablemente la contaminación de suelos y de mantos freáticos con su consiguiente efecto negativo en la salud de muchas comunidades en el país.

## Escenario 2. "Atole con el dedo"

### Descripción general

Después de las lecciones de los daños de la "parcelización" de la política a inicios del presente siglo, suficientes actores de la sociedad y economía de México logran establecer acuerdos mínimos que permiten llevar adelante reformas que aseguran una relativa estabilidad y crecimiento económico para que el Estado pueda manejar y dirigir aceptablemente al país por los primeros treinta años del siglo XXI. Esto se refleja en un fortalecimiento de las instituciones de gobierno en particular, pero también de las no gubernamentales, que representan intereses específicos de la sociedad. Sin embargo, el nivel de crecimiento no permite resolver los rezagos sociales, aunque se mejoran muchas de sus variables.

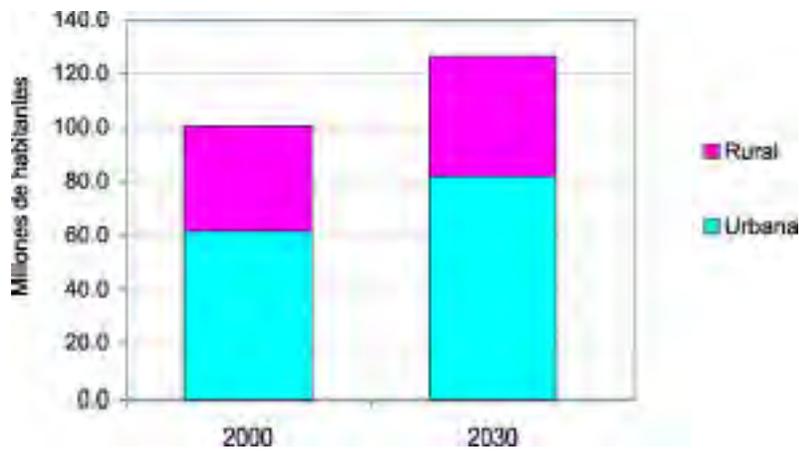
Al lograrse la reforma fiscal, el Estado se hace de un mayor flujo de recursos que le permiten asegurar la estabilidad económica y así operar y fortalecer la función pública federal, estatal y municipal, apoyando a sectores y zonas rezagadas en temas de salud, educación y vivienda. Se reduce ante ello, la carga tributaria a PEMEX lo que permite lograr una reforma al sistema de pensiones. Sin mejorar sus niveles de calidad, aumenta la escolaridad media en la población al asegurar programas técnicos terminales a nivel secundaria y bachillerato. El crecimiento moderado en la economía (2.42% anual) permite que el valor de la economía duplique su valor de 2000 a 2030 y en el mismo lapso la población aumenta en

26.5 millones de personas (gráficas 5.12 y 5.13). Esto permite que el PIB per cápita aumente 60% y que la población tenga una mayor capacidad de consumo (gráfica 5.14).

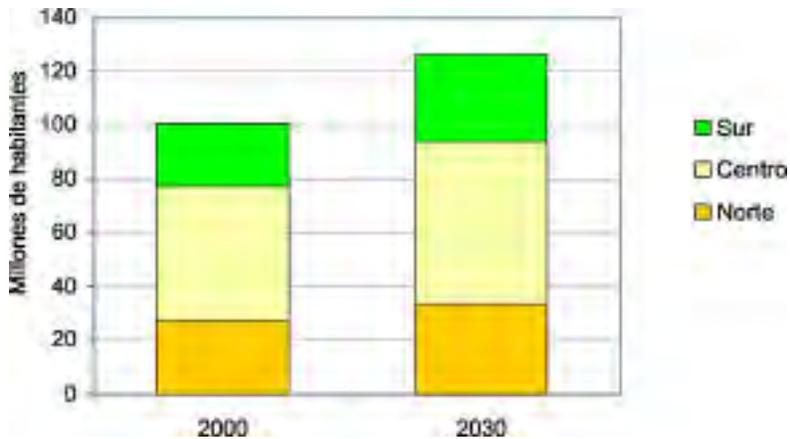
La tasa de natalidad disminuye pero la población sigue creciendo a 0.8% anual ya que aumenta la expectativa de vida. Una somera reforma laboral permite crear crecimiento en la oferta de empleos formales para dar oportunidades a una fracción im-

portante de quienes llegan a edad productiva, pero éstas se concentran en trabajos de bajos ingresos. Al mismo tiempo, se presenta un aumento de la población mayor a 60 años por lo que crece el gasto en pensiones, disminuye la fracción de la población económicamente activa y aumenta la presión sobre servicios médicos para atender enfermedades con alto costo de atención, todo esto con una enorme carga para el erario público.

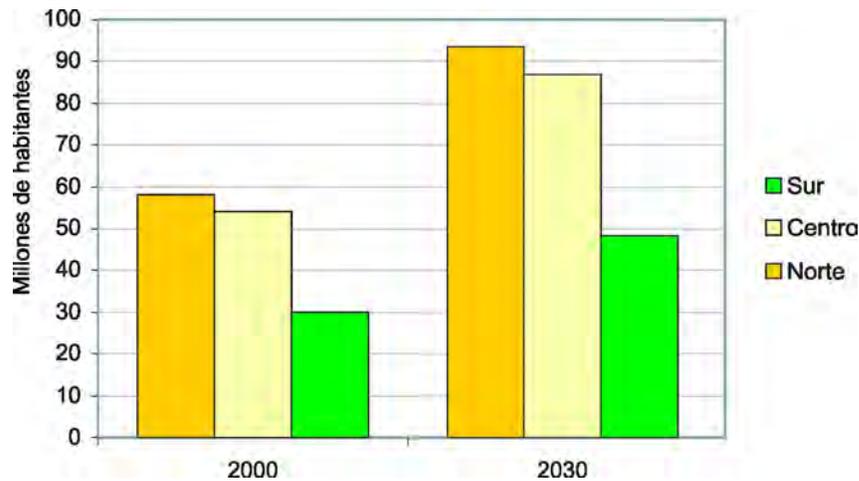
GRÁFICA 5.12. ATOLE CON EL DEDO. POBLACIÓN RURAL Y URBANA



GRÁFICA 5.13. ATOLE CON EL DEDO. POBLACIÓN POR REGIONES



GRÁFICA 5.14. ATOLE CON EL DEDO. INGRESO PER CÁPITA



Al no resolverse totalmente el problema del desempleo se mantiene el flujo de migrantes ilegales a los Estados Unidos de América y Canadá, quienes siguen aportando de manera significativa a la economía nacional a través de remesas. Las grandes redes del narcotráfico que ingresan divisas a la economía siguen operando dentro del país y con redes dentro de los EE.UU., aunque acotadas por la creciente solidez del sistema de cumplimiento de la ley. La migración y las remesas de los migrantes permiten reducir las presiones sociales pero mantienen en la agenda política el tema de la legalización en los Estados Unidos de América, aunque las permanentes preocupaciones del vecino del norte en cuanto a terrorismo y las ligas inevitables con actividades ilícitas como el narcotráfico mantienen el tema cerrado a la discusión formal.

La estabilidad institucional permite que la mayoría de las funciones públicas se cumplan a cabalidad, en particular en lo que se refiere al sistema de impartición de justicia, lo que mejora el cumplimiento del marco jurídico. De esta manera las diversas leyes, reglamentos y normas establecidos se cumplen y los particulares acceden al sistema legal para resolver sus conflictos. Un resultado es que en el contexto urbano se cumple con los programas de cuidado ambiental establecidos, aunque también crecen las emisiones como resultado del crecimiento de la economía. Igualmente, se reducen las regulaciones innecesarias y la economía formal tiene menores costos de operación. Sin embargo, estas mejoras no llegan a los sectores de menores ingresos, quienes

operan en los niveles más bajos del sistema de justicia. A su vez, las condiciones de estabilidad y la apertura a la inversión privada en infraestructura de servicios llevan a inversiones que, utilizando tecnología de punta, mejoran los sistemas de distribución y manejo de agua, residuos, comunicaciones, transporte público y carreteras.

Otro efecto de la estabilidad es que se siguen transfiriendo facultades a los estados y municipios y se tienen suficientes recursos para fortalecer a las instituciones públicas en esos niveles, lo que asegura el seguimiento de normas ambientales en sistemas de agua y de residuos sólidos, los cuales mejoran en las principales ciudades. Se reducen, por lo tanto, las violaciones de regulaciones ambientales por la industria, aunque los recursos para el monitoreo no son suficientes, por lo que las evaluaciones de las políticas públicas y su ajuste para mejorar su costo-efectividad sigue siendo muy limitado. Tampoco lo son los recursos para mejorar y modificar el ordenamiento urbano y para mejorar la infraestructura relacionada con el transporte masivo de personas y mercancías —ni suficientemente aceptables las condiciones para grandes inversiones privadas relacionadas— por lo que se mantiene la dependencia en el uso del automóvil y de vehículos operados con refinados del petróleo y, dado que el crecimiento de la economía se manifiesta en más vehículos que transportan un volumen de mercancías y de personas que duplica su movilidad en treinta años, por lo que aumenta la congestión, con su consiguiente impacto negativo en la calidad del aire de las ciudades.

Se lleva a cabo una reforma energética que permite la inversión privada nacional y extranjera, pero nada más en la generación de electricidad. La reforma resuelve las presiones que el carácter público de este sector tenía sobre el erario público, pero no se atienden problemas crónicos como la gran dependencia de los combustibles fósiles y la carencia de servicios básicos de electricidad de comunidades aisladas. Precisamente, el incremento de la actividad económica trae un crecimiento del 225% en el consumo de energía, en particular de gas natural importado.

Las reformas que se logran, aunque necesarias, no son suficientes para asegurar la protección cabal del medio ambiente y reducir suficientemente la desigualdad social ya que están dominadas por criterios estrictamente de eficiencia económica. El combate a la pobreza no es de la más alta prioridad, por lo que el porcentaje de la población con niveles de pobreza se reduce muy poco.

**Impactos ambientales**

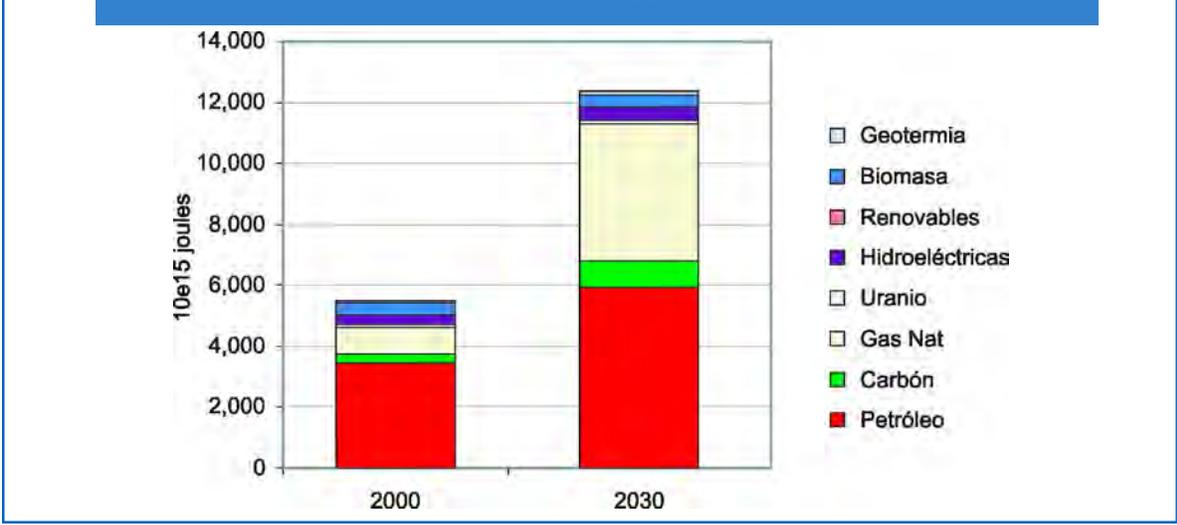
El deterioro ambiental no desaparece pero el Estado opera e instrumenta suficientes políticas como para revertir algunos de los procesos más importantes de degradación y logra, con esto, un éxito relativo.

La cuestión del agua domina la agenda ambiental. Por un lado, su uso en la agricultura (68% del consumo) representa una de las presiones ambientales más fuertes ya que se presentan niveles críticos de agotamiento en mantos freáticos de las zonas agrícolas y urbanas del centro y norte del país. Por otro

lado, la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales, que son descargadas a ríos, lagos, lagunas y mares acentúa las posibilidades de una catástrofe ecológica mayor hacia mediados de siglo, particularmente en las zonas costeras, en tierra y mar. Esto trae consigo la acción del Estado a través de las regulaciones relativas al uso de agua en la agricultura y al manejo y tratamiento de aguas municipales. En la agricultura, se logra establecer un precio al agua aunque sin eliminar significativamente los subsidios relacionados. Esto lleva a un uso más racional de la misma. Sin embargo, el consumo sigue creciendo, aumentando 32% en treinta años y manteniendo niveles de presión sobre el recurso en el centro y norte del país (gráfica 5.16), por lo que aumenta 27% el número de habitantes en zonas con niveles críticos de extracción de agua (gráfica 5.17). Por otro lado, aumentan los volúmenes de agua bajo tratamiento y hay reuso de aguas industriales y municipales, iniciándose el desarrollo de un incipiente mercado de servicios ambientales.

Continúa la presión constante a los bosques por efecto de desastres naturales y de la acción humana. La superficie cultivada crece 15% respecto del año 2000 (gráfica 5.18). En algunas regiones, los impactos ambientales son particularmente preocupantes. Igualmente se mantiene la presión poblacional en la zona sureste del país (que crece a tasas mayores que la nacional y en donde la población aumenta en 9 millones de personas) y donde un porcentaje alto de la población subsiste con agricultura de temporal en terrenos de desmonte. Sin embargo, se establece la

GRÁFICA 5.15. ATOLE CON EL DEDO. DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA



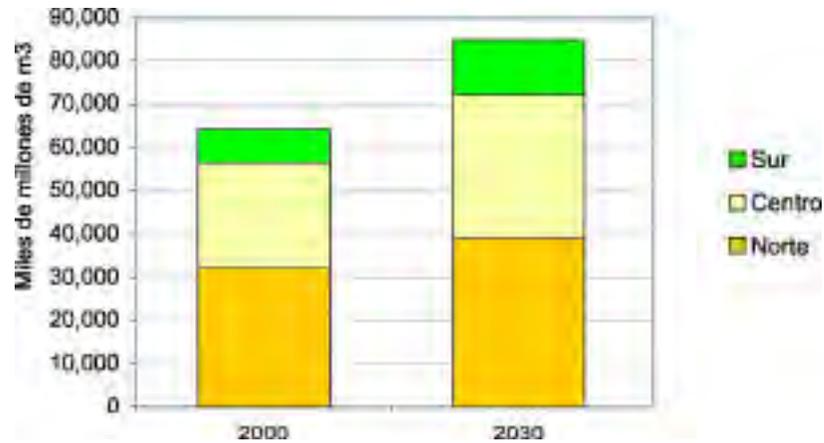
normatividad necesaria para proteger la propiedad comunal de los bosques, lo cual permite que mejore su cuidado.

El crecimiento de la economía trae consigo un incremento del movimiento de personas y mercancías en 212% respecto al año 2000, lo que se refleja en el aumento del parque vehicular, una creciente congestión en las ciudades y un aumento de 55% en el uso de energía para el transporte (gráfica 5.19). Estos procesos y la continuada dependencia en combustibles fósiles — aun y cuando se presen-

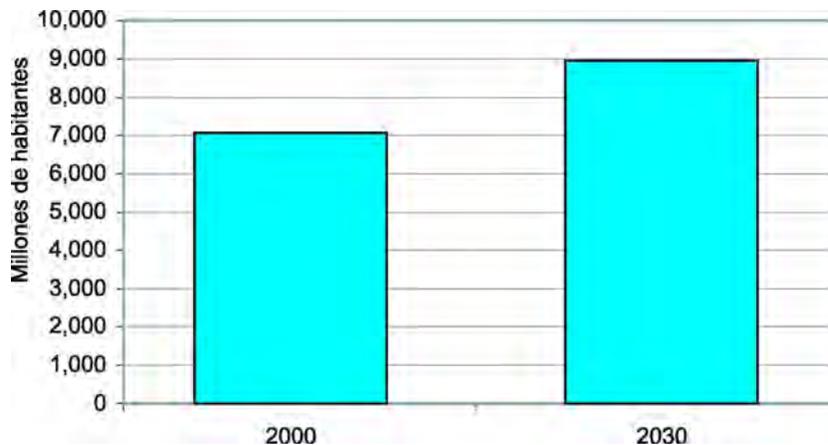
ta una mejora en los vehículos y la calidad de combustibles, y los programas ambientales establecidos son cada vez mejor observados— no son suficientes para detener el deterioro de la calidad del aire en las zonas urbanas.

Igualmente y al no haber recursos suficientes para subsidiar el fomento de nuevas alternativas energéticas no se promueven con suficiente intensidad acciones de eficiencia energética (en particular la cogeneración), se mantiene la dependencia de la economía en general de los combustibles fósiles y la

GRÁFICA 5.16. ATOLE CON EL DEDO. DEMANDA DE AGUA POR REGIONES



GRÁFICA 5.17. ATOLE CON EL DEDO. POBLACIÓN BAJO STRESS HIDRÁULICO

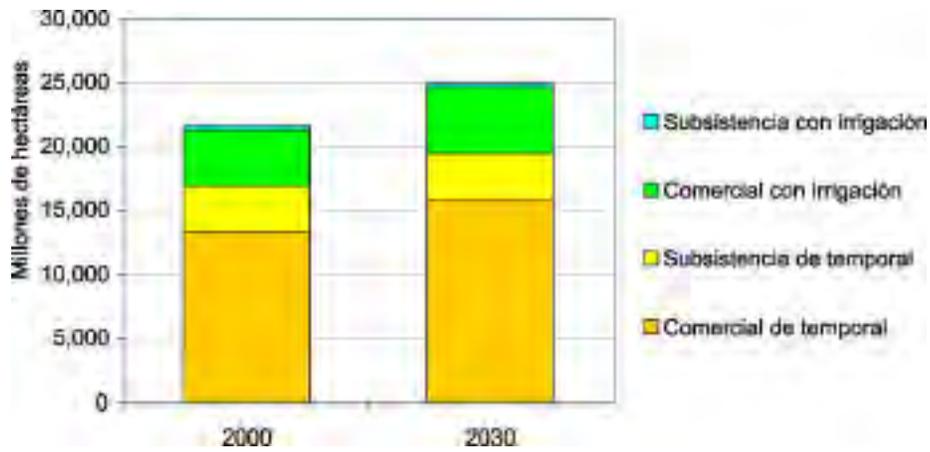


intensidad energética de la economía no se mueve en treinta años. Esto se refleja en un aumento de cerca del 100% en el consumo final de energía (225% en la demanda) en treinta años (gráfica 5.20) y, aun y cuando aumenta el uso del gas natural en 880% (para representar el 50% de la energía primaria utilizada para generar electricidad) las emisiones de SOx aumentan al doble, con el 48% de las mismas resultantes de la generación de electricidad (gráfica 5.21). En el mismo sentido, el país aumenta en 50% sus emisiones de bióxido de carbono y la contribu-

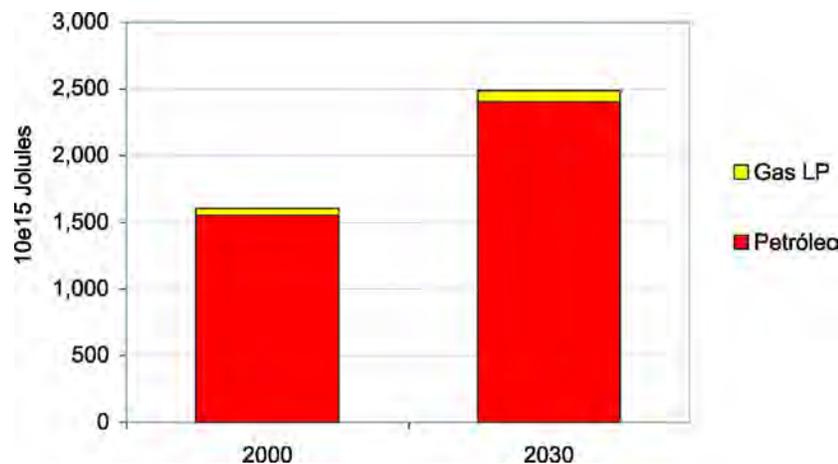
ción del sector energético a esas emisiones pasa de 23% en 2000 a 49% en 2030 (gráfica 5.22). Aunque aumenta la disponibilidad de sustitutos como el gas LP, en las zonas más pobres se mantienen el uso de la leña para sus principales necesidades energéticas, con sus consiguientes efectos sobre la salud de mujeres y niños en hogares rurales y de deforestación.

El inevitable cambio climático global se refleja en fenómenos climáticos extremos e impredecibles, por lo que periódicamente se presentan desastres naturales. Estos desastres, sin embargo, son atenuados por

Gráfica 5.18. Atole con el dedo. Superficie cultivada por forma de suministro de agua



Gráfica 5.19. Atole con el dedo. Energía utilizada para el transporte por fuente primaria

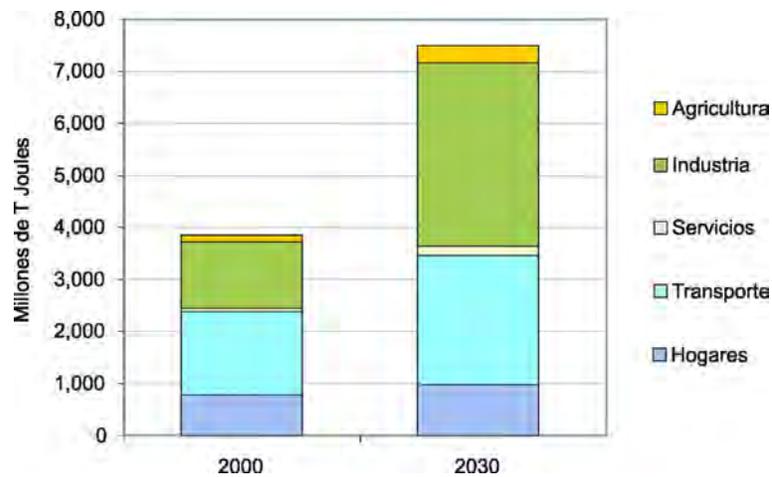


la creciente infraestructura de manejo ambiental y por la disponibilidad de recursos públicos para la remediación. A pesar de ser México uno de los primeros países en adherirse a la Convención Marco sobre el Cambio Climático e implementar acciones de gobierno y lograr avances en sus políticas ambientales, energética, forestal y de uso de suelo, el desarrollo de un marco institucional amplio y suficiente para llevar a cabo proyectos de mitigación congruentes, comparables a los mecanismos institucionales de otros países, se enfrenta a permanentes retrasos y compli-

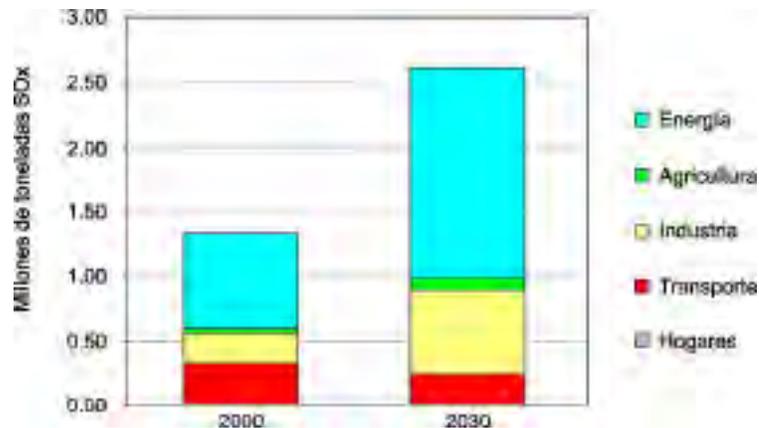
caciones, por lo que no se pueden aprovechar cabalmente. De la misma manera, aún y cuando se reducen las presiones sobre el medio ambiente en el país, no se logra detener completamente la pérdida de la biodiversidad ni la acumulación de contaminación en las zonas costeras y marítimas, lo que aumenta el pasivo ambiental en estos rubros.

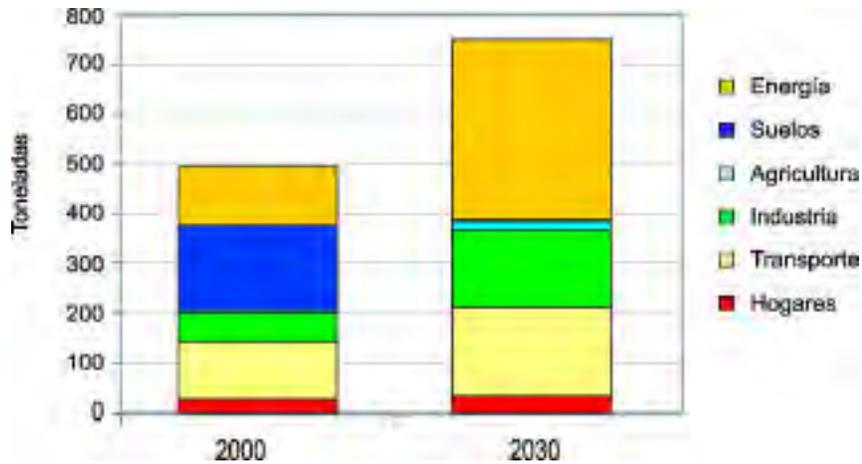
Por otro lado, con participación privada y administradores municipales cada vez más profesionalizados, el manejo de residuos sólidos se extiende y mejora al generalizarse el uso de rellenos sanitarios y

GRÁFICA 5.20. ATOLE CON EL DEDO. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA



GRÁFICA 5.21. ATOLE CON EL DEDO. EMISIONES DE SO<sub>x</sub> POR SECTOR



GRÁFICA 5.22. ATOLE CON EL DEDO. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR SECTOR

de separación de residuos en hogares en las grandes zonas urbanas del país.

La disponibilidad de recursos públicos para el cuidado del medio ambiente permite que se tengan programas permanentes de educación y concientización lo que, aunado a las continuas expresiones del deterioro ambiental, conllevan al fortalecimiento de la cultura del cuidado ambiental, lo cual se refleja en una multiplicación de grupos no gubernamentales que actúan sobre temas o regiones específicos y con incipiente profesionalización. Esto ayuda a que, a su vez, los temas se mantengan entre los más importantes de la agenda política nacional y regional, por lo que existe un número significativo de legisladores federales y estatales especializados en el tema. Sin embargo, otras prioridades dominan la agenda política y no se logran los recursos y las regulaciones adecuadas y suficientes, por lo que el deterioro del ambiente se sigue dando, aunque no con la fuerza con la que se manifestaba al comienzo del nuevo siglo.

### Escenario 3. "Abriendo brecha"

#### Descripción general

El país continúa con su transformación política y económica de manera acelerada, por lo que hay suficiente

crecimiento económico. El desarrollo sustentable se convierte en un objetivo nacional que es reconocido y adoptado por el gobierno, el sector privado y la sociedad en su conjunto. Lo mismo ocurre con la necesidad de igualdad social y eliminación de la pobreza. Esto se refleja en la reconstrucción del Estado, que renueva y moderniza su papel de regulador de la vida productiva y social, corrigiendo las imperfecciones del mercado para proteger el interés común. Además, mejora su eficiencia y abre espacios de participación a una ciudadanía cada vez más responsable de sus obligaciones, garantizando la equidad social y una pulcra administración de la justicia.

Las reformas fiscal, energética, laboral y ambiental permiten un desarrollo económico pleno. El crecimiento del PIB es de 3.8% promedio anual, lo que triplica el valor de la economía en treinta años (gráfica 5.23). Este crecimiento económico va acompañado de políticas vigorosas de redistribución de ingresos, generación de empleo, y mejoramiento de la educación. Asimismo, las nuevas condiciones hacen crecer el ahorro interno y se incrementa el flujo de capitales privados hacia todo tipo de inversiones productivas y de infraestructura. El padrón de contribuyentes integra a todos los que tienen algún tipo de actividad económica y las tasas impositivas son relativamente bajas, con políticas fiscales progresivas y redistributivas. La pobreza se reduce radicalmente y la

informalidad en la economía se convierte en un fenómeno aislado y muy localizado.

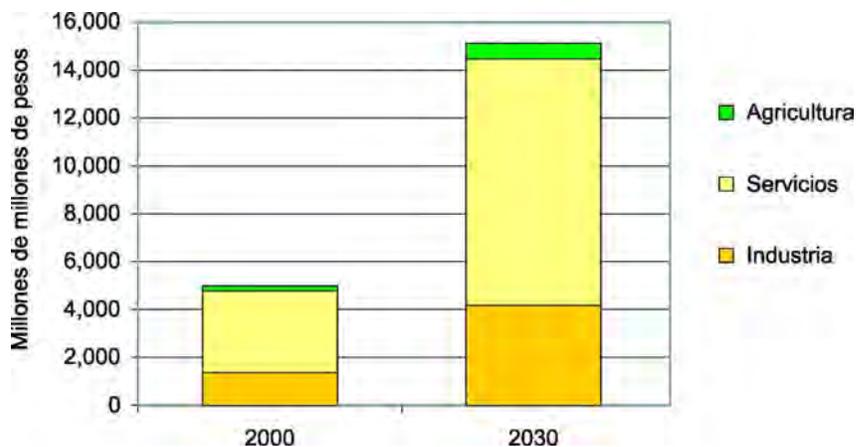
En el plano demográfico, resultado de la solidez económica del país, de las mejoras en la educación, de la calidad de los servicios médicos y de la mayor participación de la mujer en actividades productivas fuera del hogar, la población crece con una tasa de 0.5% anual, lo que significa un incremento de cerca de 600 mil personas por año de 2000 al 2030 (gráfica 5.24). Un efecto claro de esto es que el PIB per-cápita aumenta más de 2.5 veces en el periodo, lo que permite que la población con índices de pobreza disminuya (gráfica 5.25). Asimismo, al inducirse un desarrollo regional más balanceado a través de mejoras en infraestructura urbana y de creación de polos regionales de empleo bien remunerado, el mayor crecimiento poblacional se da en ciudades intermedias más que en las megalópolis. En el sector salud, se mejora la atención a enfermedades crónicas, se amplían los sistemas de medicina preventiva y se implementan medidas integrales para controlar y revertir la diseminación de enfermedades contagiosas y de alto riesgo (como el VIH). Esto, junto con las mejoras en la calidad del ambiente, trae consigo un aumento en la expectativa de vida. El aumento de la participación de los adultos mayores de 60 años en el espectro poblacional — de 7% en 2003 a 14% en 2025— no representa un problema para el erario público y las empresas, ya que la reforma en el sistema de retiro permite asegurar los fondos suficientes para la manutención de esta fracción de la población, además

de que existen suficientes recursos para cubrir sus necesidades de atención médica.

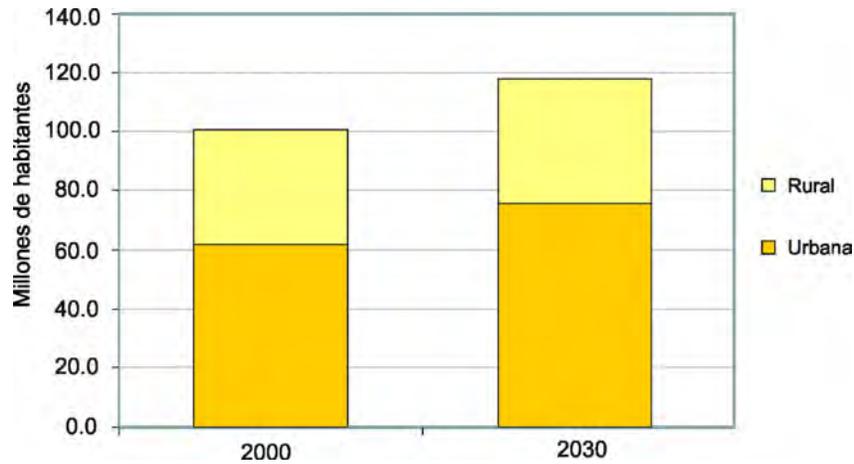
La reforma energética abre plenamente el sector al capital privado pero con una capacidad muy fortalecida del Estado para regular su funcionamiento además de contar con amplia participación social en la supervisión. Esta reforma es, además, integral, ya que reconoce los impactos ambientales y la necesidad de diversificación y de eficiencia energética, de desarrollo industrial y tecnológico y de equidad social, por lo que las regulaciones e instrumentos de fomento amplían notablemente la generación de electricidad por cogeneración y a partir de energías renovables y se extienden los programas y acciones de ahorro de energía a todos los ámbitos de la actividad económica, desde los grandes corporativos industriales hasta los hogares. Como resultado, en treinta años la demanda de electricidad crece por debajo del crecimiento de la economía, la necesidad de combustibles fósiles para la generación de electricidad crece apenas en 10% y la intensidad energética de la economía se reduce a la mitad.

Al profesionalizarse y mejorar las administraciones municipales y al tenerse una participación ciudadana activa y permanente, se da continuidad a programas y proyectos de plazos mayores a los ciclos políticos. Dadas las condiciones favorables para la inversión privada, las ciudades establecen programas de largo plazo de reordenación territorial y mejoran los sistemas de transporte público, lo que disminuye el uso del automóvil. Igualmente, se promueven nuevos combustibles, primero el gas natural y después el

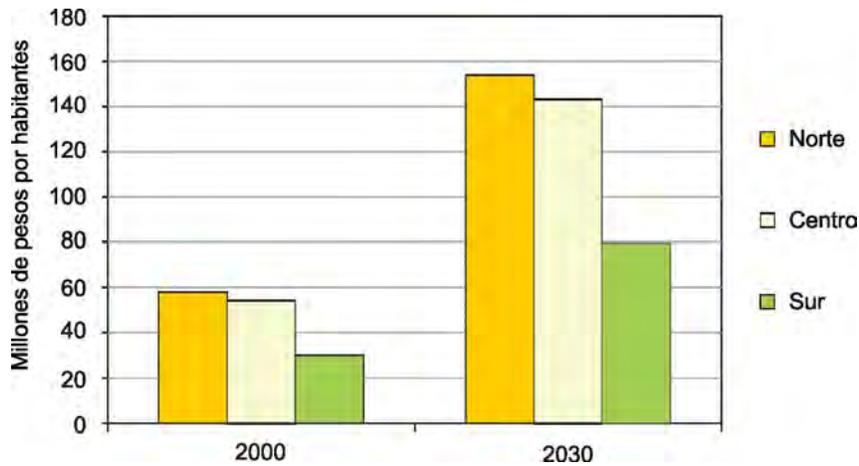
GRÁFICA 5.23. ABRIENDO BRECHA. PIB POR SECTOR



GRÁFICA 5.24. ABRIENDO BRECHA. POBLACIÓN URBANA Y RURAL



GRÁFICA 5.25.0 ABRIENDO BRECHA. PIB PER CAPITA



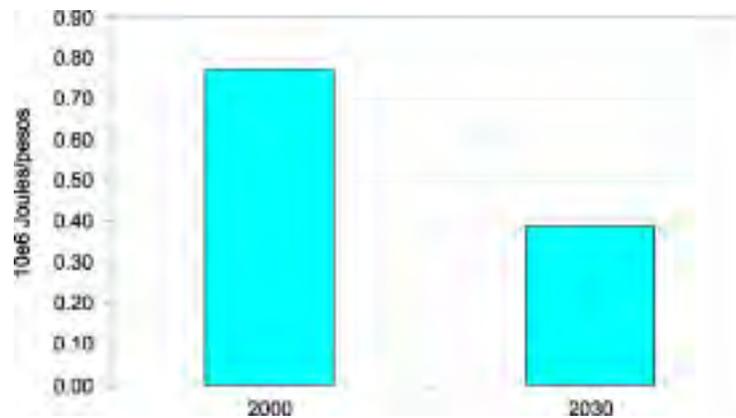
hidrógeno. Aunado a programas de verificación cumplidos cabalmente, estas acciones llevan a que la calidad del aire mejore y se cumpla con los estándares ambientales más estrictos.

También los programas de reforestación de zonas de recarga de los mantos freáticos y de reuso obligatorio de las aguas negras de las ciudades, reducen la necesidad de grandes proyectos de extracción y transporte de agua.

Hacia el año 2015 se cuenta con programas educativos con oferta diversificada a todos los niveles, la

calidad del sistema educativo cumple con los parámetros internacionales más exigentes y se logra un acceso universal a la educación básica y superior. Los perfiles de capacitación se mejoran para que vayan de acuerdo con las demandas de los sectores productivos. En particular, se fortalecen los programas de profesionalización del servicio público para cubrir las crecientes necesidades de los gobiernos estatales y de miles de municipios. Para el año 2030 toda la población mayor de 18 años tiene al menos educación media superior y la mitad de quienes están entre

GRÁFICA 5.26. ABRIENDO BRECHA. ENERGÍA POR UNIDAD DE SPIB



19 y 23 años de edad están cursando o han terminado el ciclo de educación superior.

En la agricultura, se logra establecer un precio real al agua. Esto lleva al manejo racional de la misma y a la aplicación de tecnología de punta para su uso eficiente, además de impulsar una reconversión de los cultivos. Por otro lado, se obliga al tratamiento y reuso de aguas industriales y municipales, y las condiciones institucionales y económicas permiten que las inversiones redituen para que esto sea posible provengan del sector privado, estableciéndose un amplio mercado de servicios ambientales. El resultado es que el consumo crece solamente en 21%.

La mancha agrícola detiene su crecimiento como resultado de un ordenamiento territorial y del funcionamiento cabal del sistema de propiedad de la tierra. Se logran cambios en el uso del suelo y se recuperan suelos abandonados. Estrictas regulaciones ambientales, apoyos fiscales y nuevas inversiones en el campo permiten acceder a tecnología que lleva a un mayor aprovechamiento del agua y suelos, reduciendo presiones sobre mantos freáticos y de la contaminación resultante del uso de agroquímicos.

La cultura de cuidado ambiental se generaliza entre la ciudadanía, y son permanentes las campañas de cuidado de los recursos naturales en ciudades y empresas, lo que lleva a una participación entusiasta, informada y generalizada en grupos de consulta que apoyan a organismos municipales, estatales, regionales y federales de gobierno. Bajo esta influencia, los políticos buscan tener las mejores calificaciones en relación con sus posiciones y actividades a favor del cuidado ambiental y el tema es punto de partida que define políticas públicas y asignación de presupues-

tos para asuntos como salud, vivienda, alimentación y servicios públicos.

#### Impactos ambientales

Para el año 2030 las excelentes condiciones económicas e institucionales traen consigo la instalación generalizada de plantas de tratamiento de agua, el cumplimiento cabal de estrictas normas ambientales para los municipios y la industria y el cobro del agua a precios que consideran los costos de recuperación permite que se reuse más del 60%. Asimismo, se amplía la cobertura de los servicios de agua potable y se generaliza la aplicación de tecnologías que permiten el uso eficiente del agua tanto en la industria, la agricultura y los hogares. Por lo mismo aun y cuando la economía crece tres veces en treinta años, el consumo de agua aumenta apenas en 21%, pudiéndose mantener bajo control las presiones que sobre el recurso se presentan en las regiones centro y norte del país (gráfica 5.27).

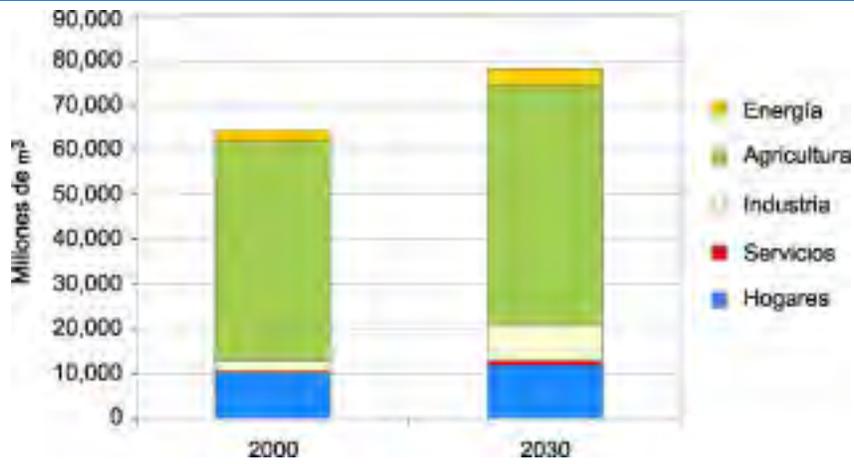
Con la participación social y en trabajos coordinados entre el gobierno federal y los de los estados y municipios a través de consejos de cuencas, se mejora y fortalece el manejo integrado de cuencas y acuíferos, se mejora la calidad de los afluentes, se disminuyen las descargas de contaminantes a cuerpos de agua superficiales y subterráneos así como a la zona costera, y se evitan disminuciones en las recargas de mantos freáticos, lo cual se logra con la ampliación de la cobertura vegetal. Esto permite concentrar recursos en la costosa remediación de los daños ambientales acumulados en los delicados hábitats costeros (en el mar y tierra adentro).

El mejoramiento de los rendimientos en la producción de alimentos y un crecimiento moderado de la población permiten que se reduzca el área cultivada en 20% y se amplíe la superficie bajo reforestación (gráfica 5.28). La compactación de áreas naturales protegidas y la consolidación de territorios biológicos, el respeto a prácticas y costumbres de cuidado sustentable por parte de las comunidades indígenas, la participación activa de la sociedad que apoya al gobierno en la vigilancia del cumplimiento de las estrictas leyes de protección a la diversidad

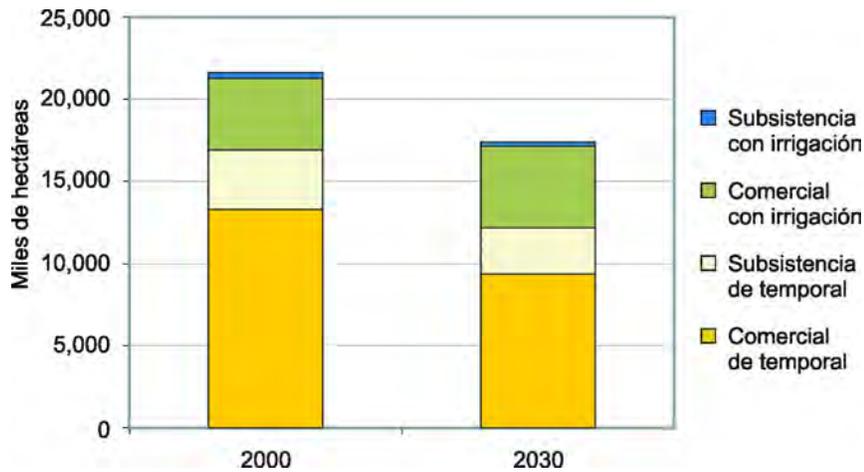
biológica, así como una generalización del ecoturismo, permiten un alto total al tráfico ilegal de especies y garantizan la supervivencia de especies en riesgo de extinción a principios de siglo. Mediante mecanismos de concertación con los productores y programas de manejos más específicos, se mejora la administración de las áreas naturales protegidas, con su consiguiente efecto positivo en la calidad de vida de los campesinos que viven en las zonas forestales.

Aun y cuando —por el crecimiento de la economía— el movimiento de personas y mercancías casi

GRÁFICA 5.27 ABRIENDO BRECHA. CONSUMO DE AGUA POR SECTOR



GRÁFICA 5.28 ABRIENDO BRECHA. SUPERFICIE CULTIVADA POR FORMA DE SUMINISTRO DE AGUA



se triplica en treinta años, las inversiones en infraestructura que mejoran el transporte público y la mejora en la eficiencia energética de los vehículos hacen que el consumo de energía para este propósito aumente solamente en 60% (gráfica 5.29). El fortalecimiento de la normatividad a través de regulaciones más estrictas, la consolidación de las instituciones públicas locales, un uso más amplio de la tecnología de medición y monitoreo y los incentivos para el uso de vehículos de bajas emisiones reducen notablemente la contaminación del aire en las ciudades. Por otro lado, las políticas de fomento y la compra de tecnología de punta que se hace con los recursos que se obtienen de proyectos que generan bonos de carbono establecidos para el cumplimiento del protocolo de Kioto, resultan en la ampliación de la participación de las energías renovables para la generación de electricidad. Estas acciones, junto con el mayor uso del gas natural y la mejora en la eficiencia en la generación, transmisión, distribución y uso final de la energía y normas más estrictas de emisiones para plantas de generación de electricidad, permiten que las emisiones de SOx se reduzcan a una quinta parte del volumen que representaban en 2000 (gráfica 5.30) y traen consigo un decrecimiento neto de 21% en las emisiones de gases de efecto invernadero (gráfica 5.31).

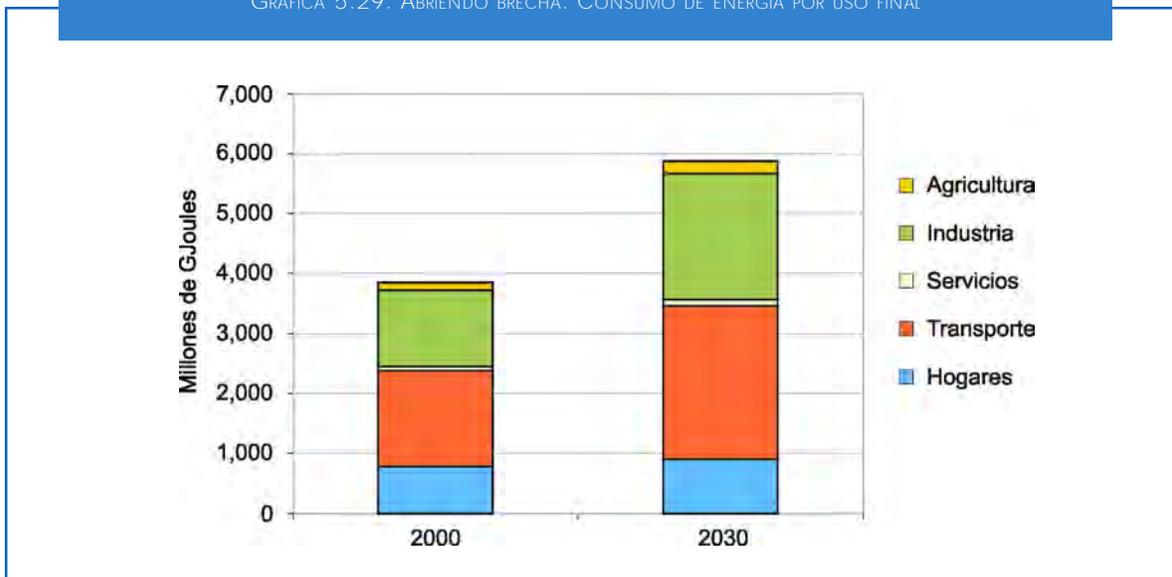
El reciclaje y la reutilización logran una importante reducción en la generación de desechos sólidos — domiciliarios e industriales—. Se generalizan las

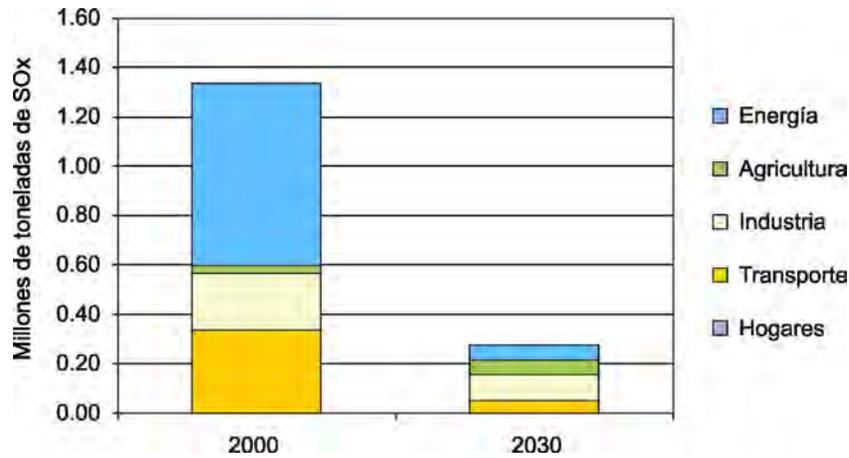
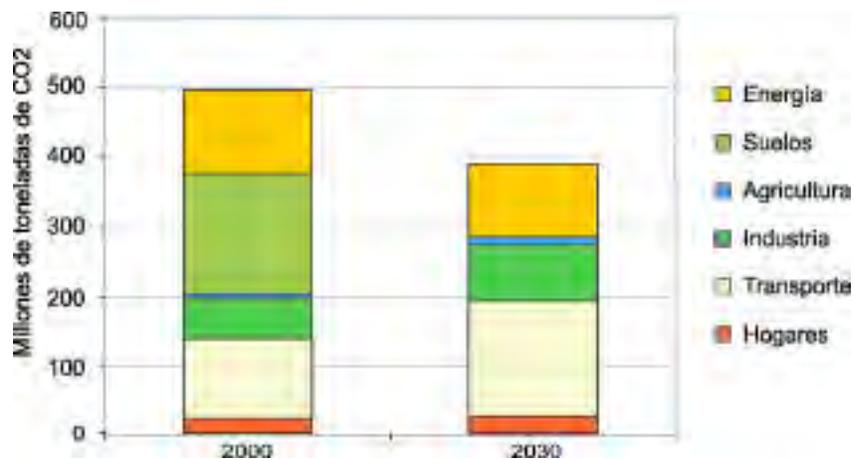
inversiones en sistemas de manejo integrado de los desechos sólidos, incluyendo tratamiento o incineración y disposición final adecuada, en confinamientos estrictamente controlados y supervisados por organismos con amplia participación ciudadana.

Aunque los patrones de cambio climático y sus consecuencias no varían significativamente a causa de la larga demora en la respuesta del sistema climático a los cambios en emisiones, la implantación de medidas para la minimización de la vulnerabilidad y de prevención de desastres naturales permite que los fenómenos climáticos no resulten en grandes desastres y que la reparación de los daños sea rápida y adecuada. El Protocolo de Kioto y sus mecanismos de transferencia de derechos de emisión es aprovechado a plenitud por México y el país se convierte en líder en la emisión de bonos de carbono, lo que permite acelerar la entrada de tecnologías de aprovechamiento de energías renovables y tener recursos para programas de reforestación, además del reconocimiento generalizado como ejemplo para otros países, incluyendo algunos de mayor desarrollo.

Con el aumento de recursos públicos para la remediación, conservación y uso adecuado de los recursos marinos, se mejoran las condiciones de los ecosistemas marino-costeros. Igualmente, un enfoque comprensivo e integrado para el manejo del mar, permite su explotación racional y lo convierte en una fuente sustentable de alimentos de alto valor nutritivo.

GRÁFICA 5.29. ABRIENDO BRECHA. CONSUMO DE ENERGÍA POR USO FINAL



GRÁFICA 5.30. ABRIENDO BRECHA. EMISIONES DE SO<sub>x</sub> POR SECTORGRÁFICA 5.31. ABRIENDO BRECHA. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR SECTOR

Se logran adoptar marcos de regulación para el acceso a recursos genéticos así como una participación justa y equitativa en los beneficios derivados de su utilización, compatibles con el convenio sobre la Diversidad Biológica o Tratado de Cartagena.

### Conclusiones

Como se ha establecido en los trabajos del grupo de expertos convocados para establecer escenarios del fu-

turo ambiental de México, las condiciones actuales llevan a considerar a la política como principal variable impulsora del futuro del país en los próximos años. La evolución de México de un país gobernado —y controlado— por un solo partido a un país plural con una competencia abierta por el poder pasa por una etapa en la que se dificulta el tener los acuerdos que se requieren, entre fuerzas políticas y grupos sociales, para seguir llevando adelante las grandes reformas que el país necesita y así fortalecer la economía y mejorar las condiciones generales de la población.

Como se ha vislumbrado en este ejercicio, el estado actual del medio ambiente en México sólo puede empeorarse de mantenerse y extenderse esta etapa de desacuerdos políticos. Desafortunadamente, en ese tipo de contextos, los esfuerzos que tienen resultados en el largo plazo corren el riesgo de ser sacrificados a nombre de prioridades de corto plazo. En particular, es muy grave la posible desarticulación —empujada por los vaivenes de grupos políticos y por la falta de recursos públicos— de sus instituciones publicas relacionadas, en particular, a la protección ambiental.

Contemplando de manera conjunta las evoluciones de las variables que se consideran para los tres escenarios anotados, se pueden observar sus diferencias significativas. En primer lugar, la población crece de manera muy significativa en el escenario más pesimista (Atole con el dedo) en comparación con los otros dos escenarios (gráfica 5.32).

A su vez, es mucho más significativo, en este mismo sentido, lo que se considera para la evolución del PIB, que se triplica para el escenario optimista (Abriendo brecha) mientras que para el pesimista no existe crecimiento (gráfica 5.33).

Con esta evolución se tiene como resultado, para el escenario más pesimista, de un decrecimiento del ingreso per cápita, mientras que para los otros dos escenarios este ingreso mejora respecto del escenario base, que es el del año 2000 (gráfica 5.34).

Como puede observarse, se considera como variable muy importante —aún y cuando para este análisis se le considera como una función de la política— a la economía. Las reformas que se logren con acuerdos políticos harán que la economía funcione mejor y crezca, que se tengan recursos públicos para reformar y mejorar el papel del Estado, que se descentralicen adecuadamente funciones y se atiendan mejor las particularidades de cada comunidad o región. Esto mejorará la certidumbre en las inversiones privadas —y la confianza de los ciudadanos en la participación privada en las inversiones de infraestructura— lo que traerá consigo mayores inversiones, en particular las relacionadas con la infraestructura ambiental para tratar y reutilizar cada vez mayores volúmenes de agua en ciudades e industrias, manejar residuos sólidos y aprovechar las energías renovables. El Estado, por su parte y con mayores recursos, podrá apoyar la reforestación y la rehabilitación de suelos y cuerpos de agua y zonas costeras y marítimas altamente contaminados por décadas de descuido y desatención.

En cuanto al uso de recursos, los tres escenarios tienen claras diferencias, aunque sin el contraste que se presenta para población y Producto Interno Bruto. Para agua, el escenario pesimista representa poco menos de 50% de crecimiento sobre el escenario base, mientras que el optimista representa 15% (gráfica 5.35).

GRÁFICA 5.32. POBLACIÓN POR REGIÓN. TRES ESCENARIOS



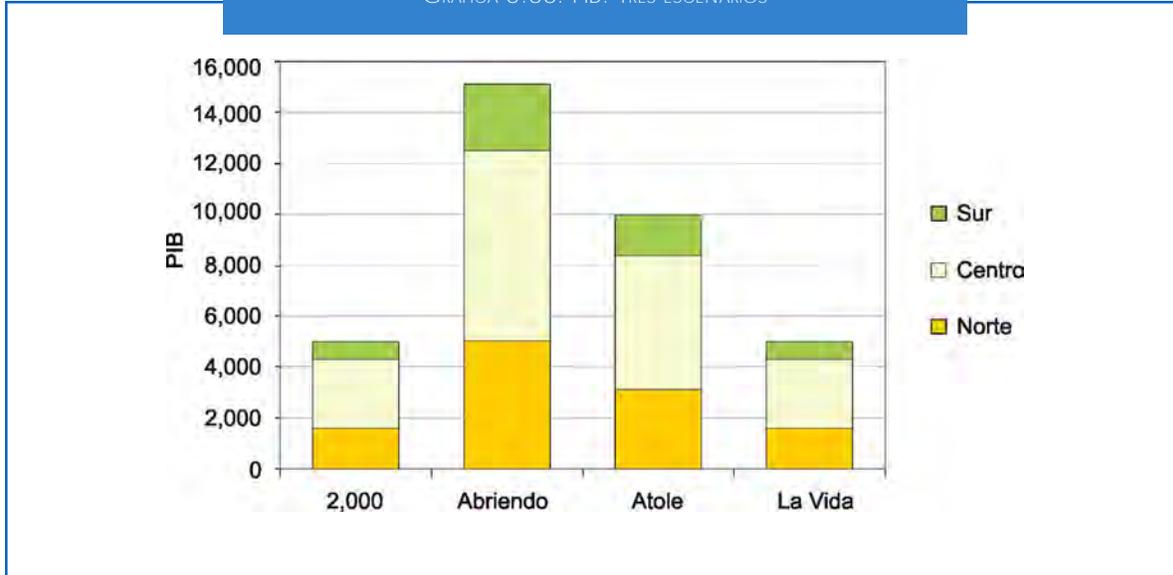
Esta diferencia está marcada, de manera particular, por el incremento del uso de agua en la agricultura, al extenderse la superficie agrícola, principalmente la que depende de temporales para su suministro (gráfica 5.36).

Desde una perspectiva regional, resalta el crecimiento absoluto del consumo de agua en las regiones

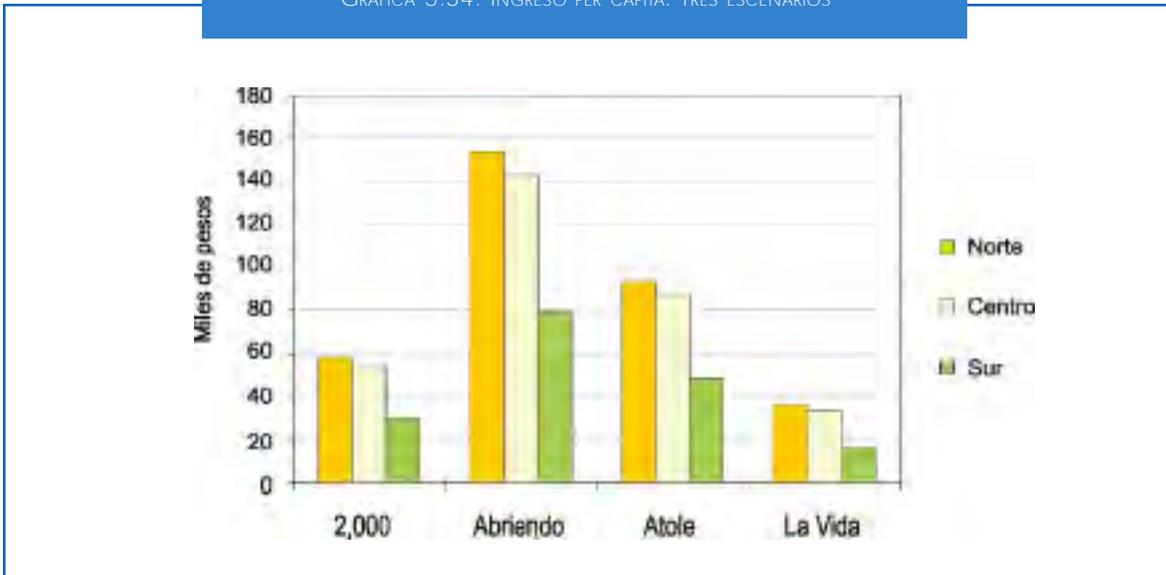
centro y norte, donde hay crecimientos —para el escenario pesimista— de más de 50%, lo cual es reflejado en las presiones sobre el suministro en regiones que ya están, como se refiere más arriba, muy presionadas en cuanto a uso del agua (gráfica 5.37).

Otro recurso importante que tiene diferencias notables en cuanto a su demanda es la energía. En este

GRÁFICA 5.33. PIB. TRES ESCENARIOS



GRÁFICA 5.34. INGRESO PER CAPITA. TRES ESCENARIOS

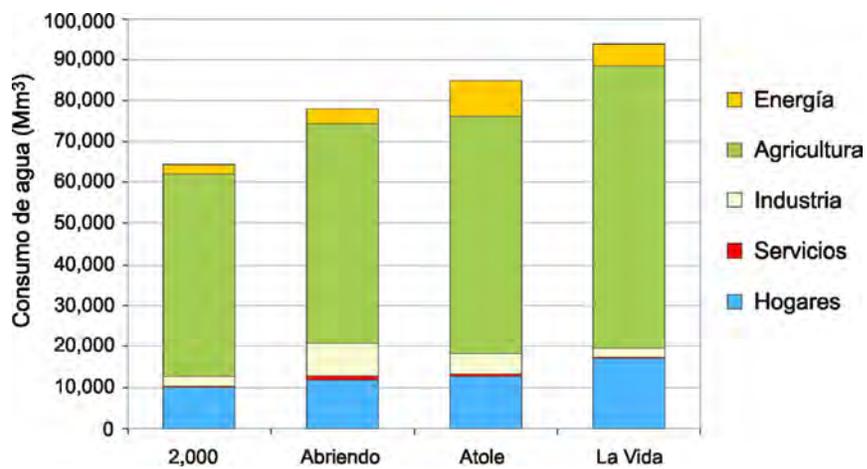


caso, a diferencia del agua, el escenario más radical es el intermedio (Atole con el dedo), esto debido a que en este escenario el crecimiento económico no va acompañado de inversiones públicas para modificar patrones de consumo de energía (gráfica 5.38).

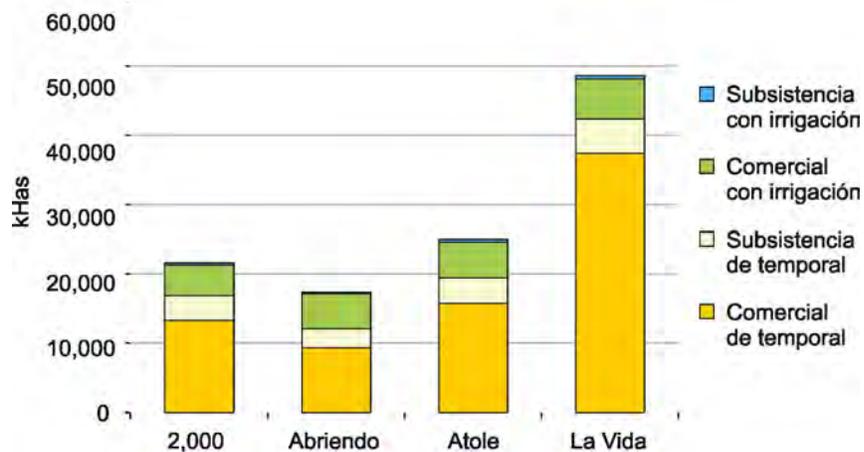
Esto también se refleja, para los escenarios La vida no vale nada y Atole con el dedo, en el que se mantiene una alta dependencia de combustibles fósiles (gráfica 5.39)

Los diferentes niveles de dependencia en combustibles fósiles y los diferentes grados de implantación de medidas de mitigación del impacto ambiental de su uso se refleja, a su vez, en los volúmenes de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. En este caso, se refleja una nueva diferencia respecto de las tendencias de largo plazo de otras variables, en particular para los óxidos de azufre, de los cuales, para los escenarios pesimista e intermedio, se duplican más —con

GRÁFICA 5.35. CONSUMO DE AGUA POR SECTOR. TRES ESCENARIOS



GRÁFICA 5.36. SUPERFICIE CULTIVADA POR TIPO DE IRRIGACIÓN. TRES ESCENARIOS



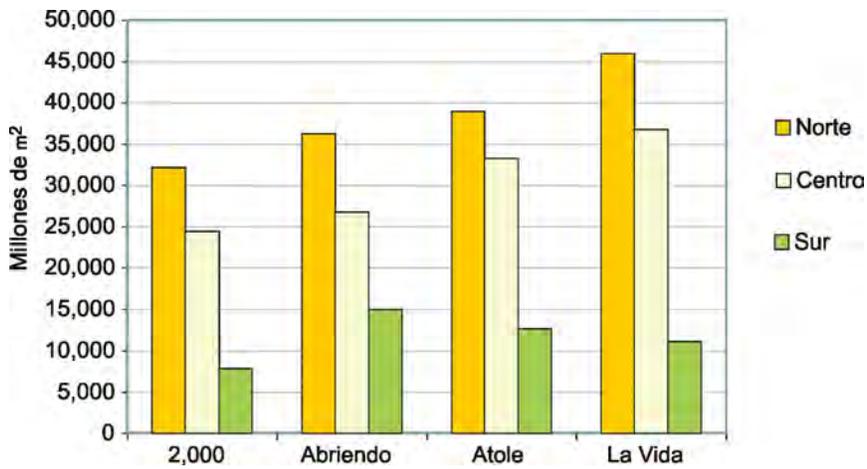
volúmenes muy parecidos— al escenario base (gráfica 5.40). Por su parte, con las suposiciones del escenario Abriendo brecha, la reducción en este contaminante es radical, al reducirse a menos de una quinta parte que en el escenario base.

Igualmente— aunque no de la misma manera— varían las emisiones de bióxido de carbono. En este caso el peor escenario es el intermedio, con crecimiento cercano al 50% sobre el año base. Por su parte, el escenario La vida no vale nada representa

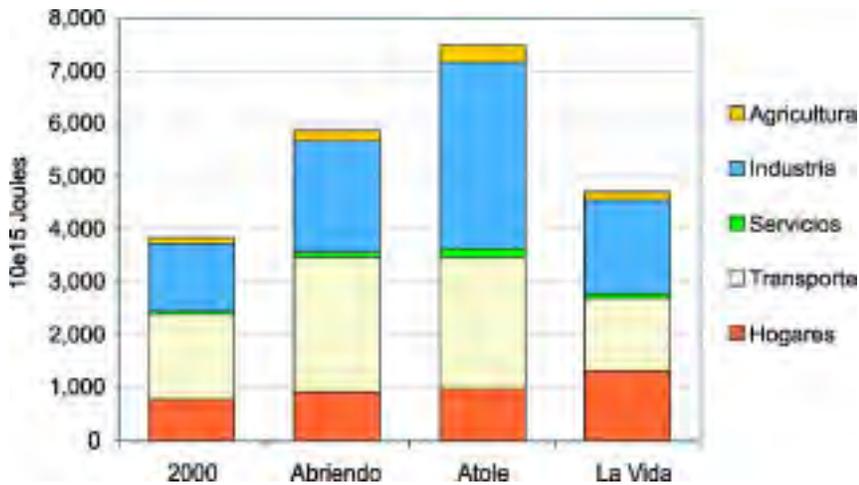
una estabilización de las emisiones, mientras que para Abriendo brecha hay una reducción del 20%.

De esta manera —reflejado en las diferencias entre el escenario Atole con el dedo y Abriendo brecha— la mejora en la economía aumentará las presiones que se ejercen sobre el medio ambiente lo que, si no va acompañado de una activa gestión gubernamental para evitar un mayor deterioro, el daño al medio ambiente crecerá de manera inversa a las mejoras en la economía. En otras palabras, al mejorar

GRÁFICA 5.37. CONSUMO DE AGUA POR REGIÓN. TRES ESCENARIOS



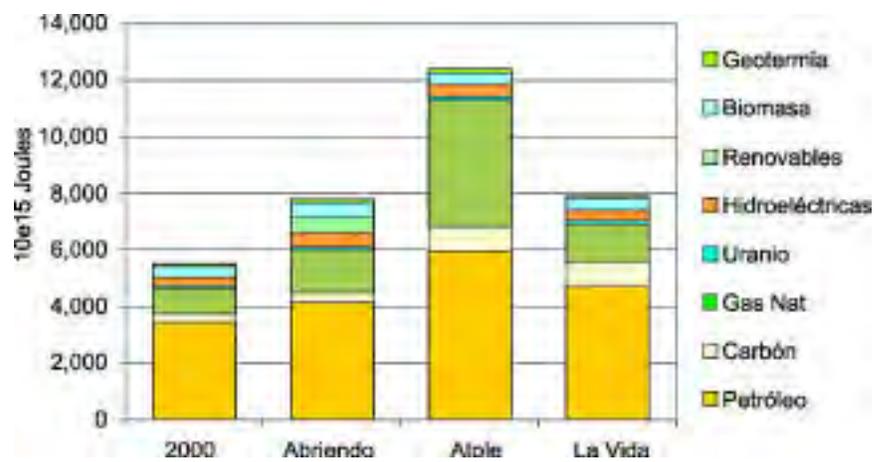
GRÁFICA 5.38. CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTOR. TRES ESCENARIOS



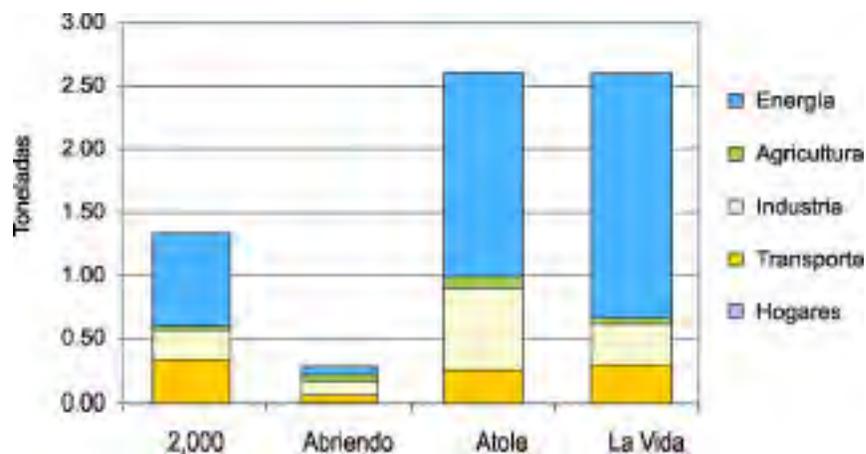
la economía aumentará el consumo de todo tipo de bienes y productos y, si no hay una mejora en la intensidad en el uso de recursos, a su reciclaje y a su diversificación, la calidad del ambiente seguirá empeorando y la economía misma sufrirá en el mediano plazo por los costos asociados de salubridad, de carencia del agua y del subsiguiente encarecimiento de los alimentos, tan solo por mencionar los más importantes.

En particular, se mantendría una presión alta sobre los recursos hídricos del centro y norte del país y los impactos ambientales negativos crecerán de continuar dependiendo de los energéticos predominantes y manteniendo los patrones de su consumo de la actualidad. Seguir dependiendo de combustibles fósiles sin fomentar opciones sustitutas (como las energías renovables), no modificar las intensidades actuales de consumo (reflejado en equipos y sistemas

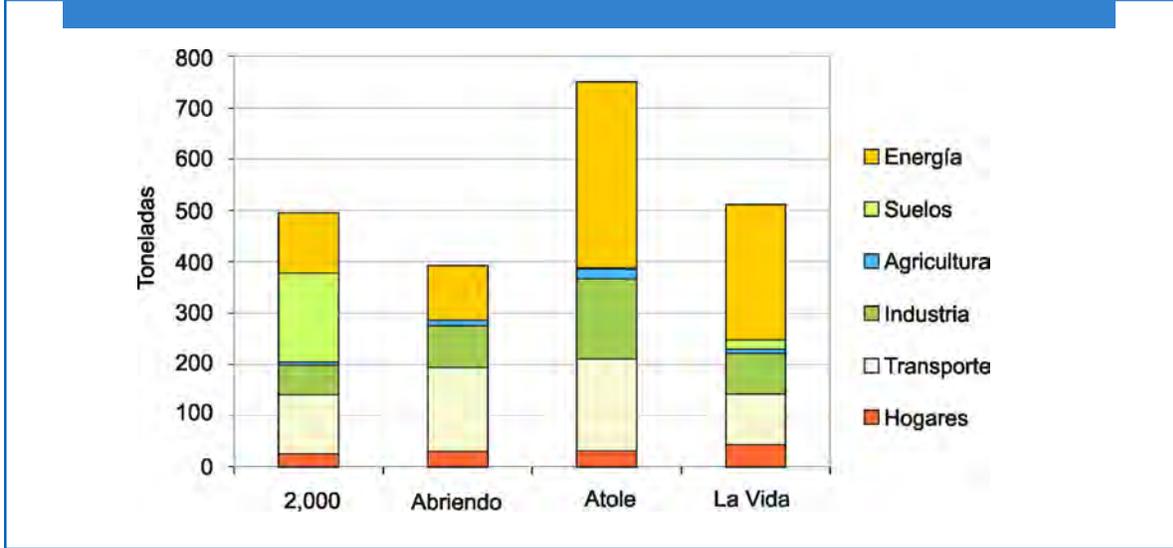
GRÁFICA 5.39. DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA. TRES ESCENARIOS



GRÁFICA 5.40. EMISIONES DE ÓXIDOS DE AZUFRE POR SECTOR. TRES ESCENARIOS



GRÁFICA 5.41. EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO POR SECTOR. TRES ESCENARIOS



que no tienen la eficiencia energética que se puede lograr con productos en el mercado), ni cambiar los sistemas de transporte para reducir la dependencia del automóvil, sólo servirán para aumentar los productos de la combustión y hacer crecer el actual deterioro de la calidad del aire en las comunidades donde viven ya la mayoría de los mexicanos. Igualmente, además de poder significar el agotamiento de las reservas económicamente explotables de hidrocarburos, los compromisos internacionales de México —en particular el Protocolo de Kioto— no se cumplirán.

Es de esperarse, sin embargo, que el tradicional y ancestral respeto de los mexicanos por la naturaleza los mantenga atentos y activos a lo que ocurre en sus comunidades y que, cualquiera que sea el escenario de la política y/o la economía, su sentido de futuro y de supervivencia los haga guardianes de los grandes tesoros naturales que existen dentro de las fronteras de su Nación. Al final de cuentas, es en la cultura donde los pueblos demuestran su grandeza.



# Capítulo 6





## Perspectiva

México, por su posición geográfica, su gran extensión, su variada orografía y por estar localizado entre dos grandes océanos (con más de 11,000 kilómetros de litoral) es un país rico en diversidad de paisajes, de climas y de ecosistemas. En sus más de dos millones de kilómetros cuadrados de superficie terrestre y sus más de tres millones de kilómetros cuadrados de mar territorial se presentan casi la totalidad de climas del mundo. Además, por su riqueza biológica ocupa el cuarto lugar a nivel mundial entre los países megadiversos.

En este contexto de extraordinaria riqueza natural, la economía de la Nación Mexicana creció 30 veces en el transcurso del último siglo, pasando de una economía agrícola a una industrial y de servicios. Sin embargo, este crecimiento se realizó a costa de reducciones significativas en la calidad y cantidad de los recursos naturales, pérdida de biodiversidad, bosques y selvas, contaminación del aire, agua y suelo, y erosión y desertificación de grandes extensiones de terreno.

La agricultura y la ganadería han mediado las transformaciones ambientales más importantes en México desde hace más de un siglo, constituyéndose con el tiempo en las actividades económicas con el mayor impacto ecológico y de alcance territorial. La ganadería extensiva y la agricultura itinerante de subsistencia, aunados a la aplicación de modelos tecnológicos de explotación poco apropiados a la diversidad natural de nuestro país, han tenido un impacto significativo en el deterioro de zonas tropicales, áridas y semiáridas y en la pérdida de biodiversidad.

A su vez, la acelerada industrialización que se inició a finales de la primera mitad del siglo XX, con su consiguiente crecimiento demográfico y urbanización que han llevado a las principales ciudades del país a formar grandes metrópolis, ha aumentado y hecho más complejas las presiones que se ejercen sobre los recursos naturales. En particular, la urbanización y una creciente movilidad basada en el uso intensivo de combustibles fósiles han hecho que el problema de la contaminación del aire sea grave en las zonas metropolitanas más pobladas. La explotación del agua para uso urbano y agrícola presiona cada vez más a las fuentes de suministro y a la calidad de este recurso. Alrededor del 64% de la superficie del territorio nacional está afectada por diversos procesos e intensidades de degradación ambiental.

Estos procesos de deterioro ambiental tienen evidentes impactos en la salud de la población. Se ha documentado que entre el 40 y 60% de las enferme-

dades respiratorias es atribuible a causas ambientales y para 1998 se estimó una pérdida de poco menos de medio millón de años de vida saludable por infecciones respiratorias agudas, de los cuales el 80% corresponde a niños menores de 5 años. Se observa así mismo un incremento gradual en las tasas de morbilidad y mortalidad por cáncer, que desde 1990 es la segunda causa de mortalidad en el país, y se han identificado riesgos por exposición a sustancias tóxicas y radiaciones en 28 estados de la República Mexicana. Para el año 2000, más de once millones de personas estaban expuestas a agua microbiológicamente contaminada. La contaminación de aire intramuros por uso de leña para cocción repercute en la salud de millones de mujeres y de menores de cinco años.

Afortunadamente, desde la década de los setentas del siglo pasado el gobierno y la sociedad en su conjunto han instrumentado la aplicación de diversas medidas tratando de controlar, revertir o disminuir los procesos de degradación ambiental y de pérdida de recursos naturales.

En este periodo se desarrolló un marco legal y normativo, institucional, de gestión y de política pública, que va de una Ley que ha transitado desde un enfoque reactivo orientado a atender las consecuencias del desarrollo a una Ley que surge al amparo de la Comisión Brundtland y la **Agenda 21** que ya hace uso del principio de precaución. Las instituciones responsables del diseño de la política ambiental y de su gestión, tanto a nivel federal como estatal y municipal han evolucionado o, en su caso, se han creado para responder a los retos de mejorar la calidad del ambiente y de conservar los recursos naturales. En este proceso la participación de los organismos no gubernamentales han jugado un papel preponderante.

Asimismo, en los últimos 30 años se han desarrollado diversos planes, programas y proyectos, tanto para las áreas urbanizadas como para la protección de los distintos ecosistemas en el país, entre los que podemos mencionar: programas de mejoramiento de la calidad del aire en las principales ciudades del país; programas de manejo agrícola, ganadero y forestal sustentables; programas de reforestación; programas de manejo de áreas naturales protegidas; programas de restauración y conservación de ecosistemas, y programas de ordenamiento ecológico del territorio.

Sin embargo, la respuesta del Estado mexicano y de la sociedad no ha sido suficiente para revertir el estado actual y las tendencias respecto al medio ambiente y conservación de los recursos naturales, lo que plantea grandes retos para el futuro. En este sentido, en el informe se evaluaron tres escenarios de evolución de la economía y sociedad mexicanas y su impacto sobre la calidad del medio ambiente.

En el primero, el más pesimista, el desacuerdo y desgaste en lo político dominan la evolución del país y llevan a un debilitamiento del orden institucional, con su inevitable y extensa secuela de eventos negativos con efectos de largo plazo. Con una desarticulación de las instituciones públicas relacionadas con esfuerzos de protección ambiental, que requieren de largos procesos de maduración, los problemas ambientales crecen sin una adecuada respuesta y pueden llegar a convertirse en los catalizadores de un rompimiento social.

En un segundo escenario la economía mejora, pero ésta aumentará las presiones que se ejercen sobre el medio ambiente, por lo que su deterioro aumentará en paralelo a las mejoras en la economía.

En el tercer escenario, la economía mejora y los recursos para el cuidado del medio ambiente crecen de manera paralela. Esto permite que existan condiciones para que se den las inversiones ambientales y que el Estado tenga recursos para fortalecer las instituciones a todos los niveles de gobierno y para promover cambios estructurales, particularmente los relacionados con el agua y el sector energético.

En cualquier escenario es claro que, para mejorar la calidad del medio ambiente de México, se necesitan establecer líneas de acción que permitan vislumbrar un mejor futuro para las generaciones venideras. Por ello a continuación se sugieren algunas grandes líneas de acción:

#### *Fortalecimiento de la política ambiental*

Los procesos de toma de decisiones en el campo ambiental tienen una visión de largo plazo, lo que obliga a un entendimiento claro de las implicaciones que tiene la incorporación de una estrategia nacional en todos los sectores de la sociedad. Por lo tanto, se necesita fortalecer, ampliar y, en su caso, modificar el diseño y ejecución de la política pública ambiental uniéndola incluso a la política económica de manera tal que todas las áreas del sector público consideren la variable ambiental como un elemento prioritario en cualquier proyecto de desarrollo.

#### *Fortalecimiento del marco legal*

Se debe continuar con un proceso permanente de actualización y ampliación del marco legal y normativo que regule las actividades que se desarrollan en todos los niveles de la sociedad. Una parte fundamental en el cumplimiento de un marco legislativo adecuado a las necesidades de México es fortalecer los esquemas

de vigilancia y monitoreo que garanticen el cumplimiento de la normatividad ambiental; así como la implantación de un sistema de responsabilidad por daño ambiental y acceso a la justicia ambiental.

Adicionalmente, se necesita orientar la elaboración de normas oficiales mexicanas que favorezcan el uso de incentivos económicos y fiscales, así como actualizar y ampliar el marco regulatorio y normativo existente.

#### *Fortalecimiento institucional*

Es necesario repensar el papel que han jugado las instituciones que directa o indirectamente son responsables de atender los asuntos de medio ambiente y recursos naturales en las últimas tres décadas y cómo hacerlas más eficientes ante los retos de una agenda ambiental globalizada. En un contexto de crisis económica, no es recomendable inflar el aparato burocrático dedicado a atender los temas ambientales; pero, sin embargo, es necesario ampliar en cantidad y calidad los grupos técnicos. También no hay que perder de vista que en los estados de la República Mexicana no se tiene un criterio uniforme respecto a la jerarquía que deben tener los asuntos ecológicos, lo cual se refleja en los distintos niveles que tienen las unidades responsables de atender los asuntos ambientales.

#### *Internacionalización de la agenda ambiental*

Los procesos de globalización económica muestran cada vez más la interdependencia de los países y vinculan la agenda ambiental local a la agenda ambiental mundial como un mecanismo para enfrentar los retos de problemas planetarios como el cambio climático, la desertificación, la pérdida de biodiversidad, los problemas asociados a la bioseguridad o la bioprospección, y los contaminantes orgánicos persistentes, entre otros. Obligan a asumir los retos y responsabilidades desde un punto de vista institucional, requiriendo de la asignación tanto de recursos humanos como del gasto público para cumplir con eficiencia este tipo de compromisos internacionales.

#### *Infraestructura ambiental*

Se necesitan establecer los mecanismos para fomentar el desarrollo de la infraestructura ambiental que requiere el país para controlar o disminuir los procesos de degradación del ambiente y la destrucción de

los recursos naturales. Para lograr este objetivo, es necesario fortalecer el marco jurídico para que los mercados manden las señales correctas a los inversionistas, punto clave en este proceso, y ampliar la infraestructura en la mayor parte de los sectores ambientales (plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales, de residuos sólidos y peligrosos, sistemas de monitoreo atmosférico, entre otros).

### *Participación ciudadana y acceso a la información*

La democratización de México, y las necesidades de una población cada vez más dinámica, requieren fomentar la participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones y de acciones de conservación de los recursos naturales y de protección ambiental, facilitando el acceso a la información y a la discusión seria e informada.

### *Gasto ambiental*

De los países miembros de la OCDE, México es de los que menos recursos asigna en el rubro ambiental. Se necesitan identificar los mecanismos que permitan a los tres niveles de gobierno y al sector privado y social reconocer tanto las necesidades reales de gasto público como de las posibles fuentes de financiamiento y de aplicación de esquemas financieros y fiscales. Asimismo, la iniciativa privada necesita asumir el reto de promover las inversiones necesarias para cubrir la demanda del mercado respecto al desarrollo de la infraestructura ambiental.

### *Investigación ambiental*

Parte fundamental en el diseño de políticas públicas y de procesos de gestión ambiental eficientes y costo-efectivos es un conocimiento profundo de las condiciones ambientales y sus interrelaciones. Por ello se debe invertir y favorecer la generación de información científica y técnica que sustente la toma de decisiones a través del apoyo a las instancias públicas, académicas y privadas que se dedican a la investigación científica.

### *Fomentar el uso de tecnologías limpias*

La adaptación y reconversión tecnológica es parte fundamental del crecimiento económico dinámico e

independiente. Entre muchas otras acciones, es urgente fomentar la diversificación energética hacia fuentes menos contaminantes y a la incorporación de tecnologías limpias de prevención y control de la contaminación, a través de esquemas de apoyos económicos. El diseño de estrategias adecuadas de transición hacia tecnologías limpias es uno de los aspectos más críticos en el desarrollo de una economía moderna.

### *Educación y capacitación ambiental*

Más que ningún otro aspecto, la educación refleja la capacidad de los países y las sociedades para pensar en el largo plazo, para invertir en su propio futuro, para imaginar escenarios viables de desarrollo humano. En esa perspectiva, es fundamental desarrollar programas de capacitación ambiental con un enfoque acorde a los requerimientos técnicos y científicos actuales, necesarios para el fortalecimiento de capacidades en todos los sectores de la sociedad, así como consolidar los programas de educación ambiental en todos los niveles educativos.

## *Conclusiones finales*

Con influencia biogeográfica del Mar Caribe y del Océano Pacífico, del trópico mesoamericano y de los ecosistemas templados de Norteamérica; con una compleja orografía que agrega desiertos, humedales, páramos alpinos, chaparrales, manglares y lagunas costeras a la heterogénea conformación del territorio nacional, México posee uno de los patrimonios biológicos más ricos del planeta.

En plena y acelerada transición de un país agrícola a un país industrial, la preservación del patrimonio natural de México, y la confianza en nuestra capacidad para desarrollar ciudades ambientalmente sustentables aparecen como algunos de los desafíos más grandes del siglo XXI. México no puede continuar creciendo a expensas de su patrimonio natural, debemos asumir el desafío de un crecimiento capaz de abastecer las necesidades de la transición y, al mismo tiempo, capaz de legar el rico patrimonio del país a las generaciones futuras.

Hace treinta años, México impulsaba el desmonte de nuestras selvas, la tala de nuestros matorrales, y el secado de nuestras lagunas costeras como vía para el desarrollo. Una acelerada industrialización, sin consideración ambiental alguna, envenenaba el aire

de nuestras ciudades y las aguas continentales del país. La agenda ambiental no aparecía en la bitácora de los ideólogos de los modelos de desarrollo. Actualmente, es imposible imaginar el desarrollo nacional sin un fuerte componente ambiental y sin una preocupación sobre la conservación de nuestros recursos naturales. El país ha cambiado, y sigue cambiando hacia un ideal de progreso que permita asegurar no sólo nuestro presente, sino también nuestro futuro. La agenda ambiental conforma ahora una de las temáticas más importantes del gobierno y, so-

bre todo, de la sociedad. La discusión sobre el medio ambiente llegó para instalarse en la agenda nacional, y no se retirará fácilmente de ella.

El desafío hoy es satisfacer las necesidades del desarrollo moderno, con un ambiente saludable y una naturaleza tan rica como la que teníamos antes del inicio de la transición industrial. Y el reto es también asegurar esta misma riqueza, este mismo patrimonio, a nuestros hijos, y a aquellos que los sucedan.

Ese es nuestro desafío y es también nuestro compromiso.



# Notas





## Capítulo 1

- 1a Pobreza alimentaria: hogares cuyo ingreso por persona es menor al considerado como necesario para cubrir las necesidades de alimentación, equivalentes a 15.4 y 20.9 pesos diarios del 2000 en zonas rurales y urbanas respectivamente.
- 1b Desarrollo de capacidades: hogares cuyo ingreso por persona es menor al considerado como necesario para cubrir las necesidades de alimentación y el ingreso necesario para asumir los gastos de educación y salud, equivalentes a 18.9 y 24.7 pesos diarios del 2000 en zonas rurales y urbanas respectivamente.
- 1c Desarrollo de patrimonio: hogares cuyo ingreso por persona es menor al considerado como necesario para cubrir, además de alimentación, educación y salud, los gastos de vestido, calzado, vivienda y transporte público, equivalentes a 28.1 y 41.8 pesos diarios del 2000.
- 2 El cual representa el incremento del Producto Interno Bruto controlado por el aumento de la población.
- 3 La estimación se llevó a cabo a partir de los datos de la encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares (INEGI) y de los factores de expansión de esta encuesta (SEDESOL). En particular, el dato de volumen de residuos generados se obtuvo a partir del factor de generación de residuos (kilogramos por día por habitante), multiplicado por el número de habitantes que componen cada decil de ingreso corriente; y para obtener el porcentaje de cada grupo de ingreso se dividió el volumen generado por éste entre el total de residuos generados.
- 4 Esta fue una reforma sustantiva que puede calificarse como una Ley nueva.

## Capítulo 2

- 1 El consumo final de energía es distinto a la demanda. La demanda es lo que se suministra al sistema energético (previo a transformación en, por ejemplo, electricidad y gasolina) mientras que el consumo final es lo que se suministra a los usuarios finales.
- 2 Gay C., C. Conde, J. Martínez, E. Betancourt y R. Araujo. 1996. Estudio de País: México, vulnerabilidad ante el cambio climático global" en la Reunión Plenaria del Panel Internacional sobre Cambio Climático. SEMARNAP, México.
- 3 En el Caribe mexicano, el crecimiento descontrolado lleva a un aumento notable de los daños a la naturaleza y medio ambiente locales, perdiéndose grandes zonas de bosque tropical, contaminándose mantos freáticos, playas y mares, y reduciendo su atractivo para los visitantes, lo que hace que caiga el negocio del turismo en la región y, por lo tanto, su principal fuente de ingresos. Esta situación se acentúa por el incremento en intensidad y frecuencia de huracanes en la región.
- 4 "Aspectos Institucionales y técnicos en el desarrollo de un programa para la mitigación de gases de invernadero en México" Documento de discusión, INE, SEMARNAP y Comisión de Cooperación Ambiental de Canadá. Noviembre de 1996.
- 5 Datos de CONAPO ([www.conapo.gob.mx](http://www.conapo.gob.mx)).

## Capítulo 4

- 1 En otra perspectiva Enrique Leff advierte sobre la necesidad de instrumentos jurídicos que permitan la práctica de una defensa legal de los derechos ambientales y colectivos para transitar de un derecho privado, individual, de dominio sobre la naturaleza, donde los valores de la conservación quedan atrapados sin encontrar expresión ni defensa, a la definición y legitimación de nuevos derechos sociales (Leff 2001).
- 2 El programa de descentralización ambiental es impulsado a partir de 1995 con el análisis de atribuciones de la SEMARNAP que requerían ser transferidas a las autoridades locales o que podrían ser desconcentradas en las delegaciones radicadas en las entidades federativas. El programa fue impulsado en 1997 por conducto de las delegaciones, de los programas de desarrollo regional sustentable (PRODERS) y del programa de desarrollo institucional ambiental (PDIA). Actualmente, los PRODERS se han incorporado a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas como instrumentos de gestión en las zonas estratégicas establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- 3 Convertida en Secretaría de la Función Pública (SFP)
- 4 Información obtenida del Informe de Labores de SEMARNAT 2003.

## Capítulo 3

- 1 Indicador compuesto que contabiliza los años de vida saludables que se pierden debido a muertes prematuras y que se viven con una discapacidad (Banco Mundial 1993)
- 2 Índice de cinco categorías basado en siete indicadores: educación, agua entubada, drenaje, energía eléctrica, tipo de piso y número de habitantes en las viviendas (CONAPO/PROGRESA 1998: 58).

## Capítulo 5

- 1 Estos datos incluyen especies terrestres, de agua dulce y marinas.



# Bibliografía





- Aguilar, A. y W. Aguilar. 1995. Banco Chinchorro: arrecife coralino del Caribe Mexicano propuesto como área natural protegida. En: *Boletín Humedales de México*, 2(4).
- Anaya, M. 2003. La desertificación en México: lineamientos estratégicos para su prevención y control. Trabajo presentado en: Diálogo Internacional sobre Políticas en Materia de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Junio 17-18. Zacatecas, México.
- Álvarez Icaza, P. 2004. Términos de referencia del estudio "Guía Metodológica para la Gestión de Ordenamientos Ecológicos en México. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental. México, D.F.
- Aparicio R. 2002. Transición demográfica y vulnerabilidad durante la vejez. En: *La situación demográfica de México 2002*. CONAPO, México.
- Arizmendi, M.C y L. Márquez (eds.). 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA)*. México.
- Arriaga Cabrera, L., D.E. Vázquez, C.R. González, R.R. Jiménez, E.L. Muñoz y V.S. Aguilar (coordinadores). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 1998.
- Arriaga Cabrera, L., J.M. Espinosa y M.P. Gallina (coordinadores). 2002. *Memorandum de país. Gestión del medio ambiente y los recursos naturales*. Biodiversidad y recursos naturales. CONABIO-CONANP, México.
- Arriaga Cabrera, L., J.M. Espinosa, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000a. *Regiones terrestres prioritarias de México*. CONABIO, México.
- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra y J. Alcocer Durand. 2000b. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. CONABIO, México.
- Avilés Barrera, J. 2002. *La gestión ambiental en México: una mirada desde el gasto*. INAP, México.
- Banco Mundial. 1993. *Informe sobre el desarrollo mundial 1993. Invertir en salud*. Washington, D.C. Oxford University.
- . 2000. *En el umbral del siglo XXI. Informe sobre el Desarrollo Mundial, 1999-2000*. Banco Mundial.
- Banco Mundial-SEMARNAP. 1993. *Estudio de Revisión del Sector Forestal y Conservación de Recursos Naturales*. 153 pp. Banco Mundial, SEMARNAP, México.
- Barkin, D. (compilador). 2001. *Innovaciones Mexicanas en el Manejo del Agua*. Universidad Autónoma Metropolitana, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, Asociación Internacional de Recursos Hídricos. Centro de Ecología y Desarrollo A.C., México.
- Bassols, M. y P. Melé. 2001. *Medio ambiente, ciudad y orden jurídico*. UAM, M.A. Porrúa, México.
- Baumgartner, A. y E. Reichel. 1975. *The world water balance*. R. Oldenbourg, Munich.
- Berman, H. 2001. *La formación de la tradición jurídica de Occidente*. FCE, México.
- Blackman, A., S. Newbold, J.S. Shih y J. Cook. 2000. *The Benefits and Costs of Informal Sector Pollution Control: Mexican Brick Kilns*. Resources for the Future. Discussion Paper 46, Washington.
- Boltvinik, J. 2003. La teoría de las necesidades humanas de Doyal y Gough. *Comercio Exterior*. 53(5): 410-412. México.
- Borja-Aburto, V., M. Castillejos, D. Gold, S. Bierzwinski, y D. Looks. 1998. Mortality and ambient fine particles in southwest Mexico City, 1993-1995. *Environmental Health Perspectives* 106: 849-856.
- Botello, A.V., G.G. Díaz, S. Villanueva y V.G. Ponce. 1998. Contaminación por metales, plaguicidas e hidrocarburos de petróleo en lagunas costeras de golfo de México. Res. XI Congreso Nacional de Oceanografía. UABC. Ensenada, B. C.
- Botello, A.V., V.G. Ponce y G. Díaz G. 1990. La contaminación en zonas costeras mexicanas. Resúmenes II Congreso Ciencias del Mar. 323.
- . 1993. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) en áreas costeras del Golfo de México. *Hidrobiológica* 3 (1 y 2): 1-15.
- Botello, A. V., V.G. Ponce y S.A. Macko. 1996a. Niveles de concentración de hidrocarburos en el Golfo de México. En: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz, J.A. Benítez y D. Zarate-Lomeli (eds.). Golfo de México, *Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica 5, México.
- Botello, A. V., V.G. Ponce Vélez, A. Toledo G. Díaz González y S. Villanueva. 1996b. Ecología, Recursos Costeros y Contaminación en el Golfo de México. En: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz, J.A. Benítez y D. Zarate-Lomeli (eds.). *Golfo de México, Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica 5.
- Bozeman, B. (coord). 1998. *La gestión pública. Su situación actual*. FCE, México.
- Brañes, R. 2000a. La protección de los suelos. En: *Manual de derecho ambiental mexicano*. Fundación Mexicana para la Educación Ambiental y FCE, México.
- . 2000b. *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*. Fundación Mexicana para la Educación Ambiental. FCE, México.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw Hill, EUA.
- Buitrón, B.E. y F.A. Solís. 1993. La biodiversidad de equinodermos fósiles y recientes de México. En: Gío, R. y E. López-Ochoterena (eds.). *Diversidad biológica en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, vol. XLIV (número especial).
- Bye, R. 1993. The role of humans in the diversification of plants in Mexico. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A.

- Lot y J. Fa (eds). *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press. New York.
- CAM. 2002. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*. Comisión Ambiental Metropolitana, México.
- Candia González, C. 2003. Cruzada por un México Limpio. En: Primer Foro Día Interamericano de la Limpieza y Ciudadanía DIADESOL. 19 de septiembre de 2003.
- Canfield, R.L., C.R. Henderson, D.A. Cory-Slechta, C. Cox, T.A. Jusko y B.P. Lanphear. 2003. Intellectual Impairment in Children with Blood Lead Concentrations below 10 µg per Deciliter. *N. Engl. J. Med.* 348: 1517-1526.
- Carmona, M.C. 2003. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Comentarios y Concordancias*. PROFEPA/INSTITUTO de Investigaciones Jurídicas. UNAM.
- Castillejos, M., V. Borja-Aburto, D. Dockery y D. Loomis. 2000. Coarse particles and mortality in Mexico City. *Inhalation Toxicology* 12 (Suplemento): 61-72.
- Castro Castro, L.J. 1995. *El desarrollo urbano de México a fines del siglo XX*. SOMEDE, México.
- Castro V.M.A. y Salazar G. 2000. Salud reproductiva en Sonora. Un estudio exploratorio. El Colegio de Sonora. Cuadernos. *Cuarto creciente* 5. Sonora, México.
- CCA. 2002. Metales y derivados. Peticiones ciudadanas bajo la lupa. En: *TRIO. Boletín de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte*. Primavera. <http://www.cec.org/trio/stories/index.cfm?ed=7&ID=92&varlan=espanol>.
- . 2003. Iniciativa Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas de la Resumen y actualización.
- CCA, CONABIO y WWF. 1997. *Provincias biogeográficas de México. Estudio de País*. México.
- Ceballos, G. 1993. Especies en peligro de extinción. En: Flores, O. y A. Navarro (comps.). *Biología y problemática de los vertebrados en México*, núm. especial de la revista *Ciencias* 7: 5-10.
- Ceballos, G. y J.A. Simonetti (eds). 2002. *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. CONABIO, México.
- Cebrián, M.E., A. Albores, M. Aguilar y E. Blakely. 1983. Chronic arsenic poisoning in the North of Mexico. *Human Toxicology* 2: 121-133.
- CENAPRED. 1999. *Prevención* No. 23.
- . 2001a. *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana*. México.
- . 2001b. *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México 1980-1999*. México.
- . 2002. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el 2001*. México.
- . 2004. Monitoreo y vigilancia del Volcán Popocatepetl. <http://www.cenapred.gob.mx>.
- CESPEDES. 2001. *Índice de sustentabilidad ambiental para las entidades federativas en México*. CESPEDES, México.
- CESPEDES, PRONATURA. 2002. *Bosques y biodiversidad en riesgo: vulnerabilidad en áreas estratégicas y nuevos instrumentos de conservación*. CESPEDES, México.
- CICESE. 2004. El fenómeno de "El Niño" en <http://elnino.cicese.mx/nino.htm>.
- CINU. 2003. Centro de Información de las Naciones Unidas. [http://www.cinu.org.mx/temas/des\\_sost/desert.htm](http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/desert.htm).
- Clark, E.G., C. William, J. Jaeger, R. Corell y R. Kaspersen. 1998. Assessing vulnerability of coastal communities to extreme storms: The case of Revere MA, USA. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*.
- CNA. 1999a. *Compendio Básico del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, México.
- . 1999b. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a diciembre de 1998, 27-52. Comisión Nacional del Agua, México.
- . 2001. *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. SEMARNAT, México.
- . 2002. *Compendio Básico del Agua en México 2002*. SEMARNAT, México.
- . 2003a. *Estadísticas del Agua en México*. Edición 2003. Comisión Nacional del Agua, México.
- . 2003b. Informe de la Atención a Emergencias Hidroecológicas y Contingencias Ambientales Presentadas en el Territorio Nacional durante 2002. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. SEMARNAT, México.
- CONABIO. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País*, 1998. CONABIO, SEMARNAT, México.
- . 2000. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*. CONABIO, SEMARNAT, México.
- CONAFOR-SEMARNAT. 2002. Avances y perspectivas del sector forestal 2002. Bosques y selvas para siempre. SEMARNAT. México.
- . 2004. Incendios forestales. <http://www.conafor.gob.mx/>. Consultado en enero 2004. Comisión Nacional Forestal.
- CONANP-SEMARNAT. 2001. *Programa de Trabajo: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2001-2006*. SEMARNAT, México.
- . 2002. *II Aniversario, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Perspectivas y Logros*. SEMARNAT, México.
- . 2003a. *Logros 2003*. III Aniversario. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAT, México.
- . 2003b. Sitios Ramsar en México. <http://conanp.gob.mx/sig/anps/ramsar/>.
- CONAPO. 2001a. *La población de México en el nuevo siglo*. CONAPO, México.

- . 2001b. *Índices de desarrollo humano*. CONAPO, México.
- . 2002. *La situación demográfica en México*. CONAPO, México.
- CONAPO-PROGRESA. *Alivio a la pobreza. Análisis del programa de educación, salud y alimentación dentro de la política social*. Memoria del seminario. CIESAS, México.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://www.conacyt.gob.mx>. Consultado en octubre de 2003.
- Consejo Consultivo Nacional Científico y Técnico de los Arrecifes Corales de México 2001. En <http://coccyta-c.ibecmx.org/com060301.html>.
- Contreras, E.F. 1991. Clasificación trófica de lagunas costeras. *Ciencias* 42(2):227-231.
- . 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. CONABIO y UAM Iztapalapa, México.
- Cortez, A.R., D.U. Hernández y R. Luna. 1995. Mareas rojas en México: Una revisión. Res. VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar.
- Cortinas de Nava, C. 2002. Manual 1. *Introducción y Elementos de Técnica Regulatoria*. Serie de Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común. Cámara de Diputados. LVIII Legislatura. PVEM, México.
- . 2003. Manual 3. *Valorización de Residuos, Participación Social e Innovación en su Gestión*. Serie de Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común. Cámara de Diputados. LVIII Legislatura. PVEM, México.
- Corvalan, C.F., T. Kjellstrom y K.R. Smith. 1999. Health, Environment and Sustainable Development. Identifying Links and Indicators to Promote Action. *Epidemiology* 10: 656-660.
- Cuarón, A.D., M.A. Martínez-Morales, K.W. McFadden, D. Valenzuela y M.E. Gompper. 2004. The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, México. *Biodiversity and Conservation* 13: 317-331.
- Cuéllar Salinas, R. 2003. Manejo de los Residuos Sólidos en el Distrito Federal. En: Primer Foro "Día Interamericano de la Limpieza y Ciudadanía DIADESOL". 19 de septiembre de 2003. México, D.F.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre, S.C. México.
- Chen, C.J., Y.C. Chuang, T.M. Lin y H.J. Wu. 1985. Malignant neoplasms among residents of a blackfoot disease-endemic area in Taiwan: High arsenic artesian well water and cancers. *Cancer Research* 45: 5895-5899.
- Christiani, D.C. y W. Xiao-Rong. 2003. Impact of chemical and physical exposures in workers' health. En: J. Heymann (ed.) *Global inequalities at work*. Oxford, NY, EE.UU.
- D'Agrosa, C., C.E. Lennert y O. Vidal. 2000. Vaquita by-catch in Mexico's Artisanal Gillnets Fisheries: Driving a small population to Extinction. *Conservation Biology* 15(4): 1110-1119.
- Dabelko, G.D. 1997. Conflict and the Environment. En: *Environmental Change and Security Project Report*, Issue 3: 220-223.
- Darlington, P.J. 1957. *Zoogeography: The geographical distribution of animals*. Wiley, Nueva York.
- De La Lanza, G. 1991. *Oceanografía de los mares mexicanos*. Primera edición. AGT Editor, S.A., México.
- DGE. 1953. *VII Censo General de Población, 1950*. México, D.F.
- . 1962. *VIII Censo General de Población, 1960*. México, D.F.
- . 1972. *IX Censo General de Población, 1970*. México, D.F.
- Diamond, J.M. 1989. Overview of recent extinctions. En: D. Western y M.C. Pearl (eds.), *Conservation for the Twenty-first Century*. Oxford University Press, Nueva York.
- Díaz, R y O.R. Masera. 2003. *Uso de la leña en México: situación actual, retos y oportunidades. Balance Nacional de Energía*. Secretaría de Energía, México.
- Díaz-Barriga, F., A. Navarro-Quezada, M. Grijalva, M. Grijalmo, J.P. Loyola-Rodríguez y M.D. Ortiz. 1997. Endemic Fluorosis in México. *Fluoride* 30: 233-239.
- Díaz-Jiménez, R. 2000. Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO<sub>2</sub>, Tesis Maestría en Ingeniería (energética), División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, p. 113, México, D. F.
- Domínguez Villalobos, L. s/f. Comportamiento empresarial hacia el medio ambiente: el caso de la industria manufacturera de la zona metropolitana de la Ciudad de México.
- ECOCE. 2003. Plan de acciones. <http://www.ecoce.org.mx>.
- Elorduy, J. 1996. Insectos comestibles. ¿Una dieta para el futuro? *Biodiversitas* 5. CONABIO, México.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1996. *Environmental Health Threats to Children*. Office of Research and Development, Washington, D.C.
- Escalera-Romay, S. 2001. Manejo de residuos industriales peligrosos. *Revista del Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (Cespedes)* 1(4).
- Escamilla-Cejudo, J.A. et al. 2000. Ambient Carbon monoxide and fatal myocardial infarctions: a case crossover study.
- Espinosa, P.H., P. Fuentes Mata, M.T., Gaspar Dillanes y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. UNAM, México.
- Espinosa, H. 1993. Riqueza y diversidad de peces. En: O. Flores y A. Navarro (comps.). *Biología y problemática de los vertebrados en México*. *Ciencias* núm. especial 7.

- Espinosa, P., H.P. Fuentes Mata, M.T. Gaspar Dillanes y V. Arenas. 1993. Notes of the Mexican Ichthyofauna. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa Eds. *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distributions*. Oxford University Press, New York.
- Evans, J., J. Levy, J. Hammit, C. Burgoa y M. Castillejos. 2002. Health benefits of air pollution control. En: L. T. Molina y M. Molina (eds.). *Air Quality in the Mexico Megacity*. Kulwer Academic Publishers.
- FAO. 1995. *World agriculture: towards 2010, a FAO study*. FAO y John Wiley & Sons.
- . 2000a. A new framework for: Conservation-effective land management and desertification control in Latin America and the Caribbean. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/gaez/index.htm>.
- . 2000b. World Soil Resources Report 90: Land resource potential and constraints at regional and country levels.
- . 2003a. *State of the World's forest 2003*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- . 2003b. *Situación forestal en la región de América Latina y el Caribe 2002*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- FAO-TERRASTAT. 2003. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/terstat>.
- Fejerskov, O, F. Manj y V. Bælum. 1990. The nature and mechanisms of dental fluorosis in man. *J. Dent. Res.* 1990; 69 (número especial): 692-700.
- Fernández-Álamo, M.A. 1993. Reseña del estudio de la Clase Polychaeta (Annelida) en México. En: G. Gó y E. López-Ochoterena (eds.). *Diversidad biológica en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, vol. XLIV (número especial).
- Flores Verrdugo, F., F. González F., D.S. Zamorano y P.G. Ramírez. 1992. Mangrove ecosystem of the Pacific Coast of Mexico: Distribution, structure, litterfall and detritus dynamics. En: U. Seeliger (ed.) *Coast plant communities of Latin America*. Academic Press.
- Flores-Villela, O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Flores-Villela, O. y L. Marquez-Canseco. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2).
- FONATUR. 2003. Estadísticas sobre turismo [http://www.fonatur.gob.mx/index\\_estadisticas.html](http://www.fonatur.gob.mx/index_estadisticas.html).
- Gallup. 2000. Internacional Millenium Survey 2000.
- García, E. 1987. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Gelbard, A.H. 1996. An Action Plan for Population, Development and the Environment. *Environmental Change and Security Project Report* 2: 18-21.
- Gil Corrales, M.A. 2004. Crónica ambiental. Gestión pública de políticas ambientales en México. Manuscrito.
- Gobierno del estado de Baja California-SEMARNAP-SSA. 1997. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire Tijuana-Rosarito 2000-2005*. México.
- Gobierno del estado de Baja California-SEMARNAP-SSA. 1999. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005*. México.
- Gobierno del estado de Chihuahua-SEMARNAP. 1998. *Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 1998-2002*. México.
- Gobierno del Estado de México. 2003. El agua: un recurso que se agota. *Agua y desarrollo sustentable* 1(1). México.
- Gobierno del Estado de México-SEMARNAP. 1997. *¡Claro! Con tu participación aire limpio. Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*. México.
- Gobierno del estado de Jalisco-SEMARNAP-SSA. 1997. *Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001*. México.
- Gobierno del estado de Nuevo León-SEMARNAP-SSA. 1998. *Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000*. México.
- Gómez Rosas, E. 2003. Generación y Manejo de Residuos Peligrosos. En: Segundo Curso Regional sobre Manejo Adecuado de Residuos. CENICA-JICA-SRE. México, D.F.
- González, N.E. 1993. Moluscos endémicos del Pacífico de México. En: Salazar, S.I. y N.E. González (eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO/CIQRO. México.
- González Márquez, J.J. 1997. *Nuevo derecho ambiental mexicano*. UAM, México.
- González-Medrano, F. 2003. *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la nomenclatura de la vegetación de México*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Grimaldo, M., V. Borja, A. Ramírez, M. Ponce, M. Rosas y F. Díaz-Barriga. 1995. Endemic Fluorosis in San Luis Potosi, Mexico. *Environmental Research* 68: 25-30.
- GTZ. 2002. Bases conceptuales y de diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos. Zona Metropolitana del Valle de México. SEMARNAT, Gobierno del Estado de México, Gobierno del Distrito Federal, Comisión Ambiental Metropolitana y Agencia Alemana de Cooperación Técnica.
- Hall, F.G. 1936. *Physical and chemical survey of cenotes of Yucatán*. Carnegie Institution of Washington Publications 457: 5-16.
- Hansen A.M. y Van Afferden M. 2001. Toxic Substances. Sources, Accumulation and Dynamics. En: A.M. Hansen y M. Van Afferden (eds.). *The Lerma-Chapala*

- Watershed. Evaluation and Management*. Kluwer Academic, Plenum Publishers.
- . 2001. *The Lerma-Chapala Watershed. Evaluation and Management*. Kluwer Academic, Plenum Publishers.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1993. Aspects of plant domestication in Mexico: a personal view, En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press.
- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, EUA.
- Holladay, S.D. y R.J Smialowicz. 2000. Development of the murine and human immune system. Differential effects of immunotoxins, depend on time of exposure. *Env. Health Perspectives* 108: 463-473.
- Horta, G. y J.P. Carricart. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. En: S.I. Salazar y N.E. González (eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO/CIQRO, México.
- Howell, S.N.G. y S. Webb. 1992. Observations of birds from Isla Guadalupe, México. *Euphonia* 1:1-6.
- Ibarra Obando, S.E. 1990. Lagunas costeras de Baja California. *Ciencia y Desarrollo* 16(92): 39-49.
- IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). 2002. *Estadísticas de riesgos de trabajo*. IMSS, México.
- INE-SEMARNAP. 1997. *Conservación y uso sustentable de los arrecifes en México*. INE, México.
- . 1999. *Cuarto Informe de Avances, 1998*. Programa de Medio Ambiente 1995-2000. SEMARNAP, México.
- . 2000. *La calidad de Aguas en los Ecosistemas Costeros de México*. SEMARNAP, México.
- . 2000a. Elementos de análisis y áreas de oportunidad en el ámbito de la regulación directa. Elementos para un proceso inductivo de Gestión Ambiental de la Industria, México.
- . 2000b. *Evolución de la política nacional de materiales peligrosos, residuos y actividades altamente riesgosas*. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. SEMARNAP, México.
- . 2000c. *Gestión de la calidad del aire en México*. Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995-2000. SEMARNAP, México.
- . 2000d. *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental: Reporte 2000*. SEMARNAP, México.
- . 2000e. *La calidad de aguas en los ecosistemas costeros de México*. SEMARNAP, México.
- . 2002a. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. CAM, México.
- . 2003a. Dirección de Conservación de Ecosistemas. Subdirección de Conservación de Especies. SEMARNAT, México.
- . 2003b. Cuencas hidrográficas de México, escala 1:250,000. En <http://mapas.ine.gob.mx/website/metadato/cuencas/cuencas.html>.
- . 2003c. *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. INE, México.
- INE-SEMARNAT. 2001. *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. INE, México.
- INEGI. 1995. *Estadísticas del medio ambiente*. INEGI, México.
- . 1996a. *Encuesta Nacional de Empleo, 1996*. INEGI, México.
- . 1996b. *Conteo de Población y Vivienda, 1995. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos*. INEGI, México.
- . 1997a. *Estadísticas del Medio Ambiente*. INEGI, México.
- . 1997b. *Conteo de población y vivienda, 1995*. INEGI, México.
- . 1998a. *Estadísticas demográficas y socioeconómicas de México*. INEGI, México.
- . 1998b. *Situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1995-1996*. INE, México.
- . 1999. *Censos Económicos, 1999*. INEGI, México.
- . 2000a. *Estadísticas del medio ambiente*. INEGI, México.
- . 2000b. *Encuesta Nacional de Empleo, 2000*. INEGI, México.
- . 2001a. *Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos 2001*. INEGI, México.
- . 2001b. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, tercer trimestre del 2000*. INEGI, México.
- . 2001c. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Tabulados básicos y por entidad federativa*. INEGI, México.
- . 2002a. *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 1995-2000*. INEGI, México.
- . 2002b. *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. INEGI, México.
- . 2003a. Estadísticas Ambientales. Población, Economía y Medio Ambiente. <http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=3680>.
- . 2003b. Estadísticas Sociodemográficas. Series Históricas en gráficas. <http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=985>.
- . 2003c. Estadísticas sociodemográficas. Dinámica de la Población. <http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=2343>.
- . 2003e. Estadísticas Ambientales. <http://www.inegi.gob.mx>.
- . 2003d. Banco de Información Económica. México, 2003. INEGI, México.
- . 2003e. Sistema Municipal de Bases de Datos, México, 2003. INEGI, México.
- . *División Territorial de los Estados Unidos Mexicanos de 1810 a 1995*. INEGI, México.

- INEGI-SEMARNAP. 1998. *Estadísticas del medio ambiente en México, 1997*. INEGI-SEMARNAP, México.
- . 2000a. *Estadísticas del medio ambiente, México 1999*. Tomo I. INEGI. México.
- . 2000b. *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. INEGI, SEMARNAP, México.
- INP-SAGARPA. 2001. *Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo 1999-2000*. INP-SAGARPA. México.
- . 2000. Estado de la acuicultura en México. Disco compacto. SEMARNAP, México.
- Instituto Nacional de Salud Pública. 1993. La Salud Ambiental en México. *Perspectivas en Salud Pública* 17.
- ISAT. 1998. Exposición a manganeso y sus efectos crónicos en población general. Fichas técnicas (FISAT), México.
- Iturriaga, J. 2003. La protección del entorno. En: *Memorias del Primer Encuentro Internacional de Derecho Ambiental*. INE-SEMARNAT, México.
- Jaramillo-Legorreta, A.M., L. Rojas-Bracho y T. Gerrodette. 1999. A new abundance estimate for vaquitas: First step for recovery. *Mar. Mam. Sci.* 15: 957-973.
- Jefferson, T.A. y Curry, B. 1994. A global review of porpoise (Cetacea:Phocoenidae) mortality in gillnets. *Biological Conservation* 67: 67-183
- Jefferson, T.A., S. Leatherwood y M.C. Webber. 1993. *FAO species identification guide. Marine mammals of the world*. FAO, Roma.
- Jehl, J.R. Jr. y W. T. Everett. 1985. History and status of the avifauna of Isla Guadalupe, México. *Transactions of the San Diego Society of Natural History*. 20: 313-336.
- Jiménez Peña, A. 1999. Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA, México.
- Krewski, D., R.T. Burnett, M. Goldberg, K. Hoover, J. Siemiatycki, M. Jerrett, M. Abrahamowicz y W. White. 2000. *Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality*. Health Effects Institute, Cambridge, MA.
- Kuri, M.P. 2002. *La situación epidemiológica del cáncer en México*. www.salud.gob.mx.
- Lai, Z.W., P.J. Fiore y T.A. Hahn. 2000. Differential effects of diethylstilbestrol and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin on thymocyte differentiation, proliferation and apoptosis in bcl-2 transgenic mouse fetal thymus organ culture. *Toxicol Appl Pharmacol.* 168: 15-24
- Lankford, R.R. 1977. Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. En Willey, J. (ed). *Estuarine Processes*. Academic Press.
- Leff, E. (coord). 2001. *Justicia ambiental. Construcción y defensa de los nuevos derechos ambientales, culturales y colectivos en América Latina*. PNUMA-UNAM, México.
- . 2000. *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. Siglo XXI Editores, México.
- Lomelí, M.G., R. Tamayo y A. Conrado. 2000. El deterioro del suelo. UNAM. <http://www.sagan-gea.org/hojared-/portada1.htm>
- López Ayllón, S. 1998. *Las transformaciones del sistema jurídico y los significados sociales del derecho en México*. UNAM.
- López Jardínez, J. 2003. Fundamentos y aplicación del compostaje. En: Segundo Curso Regional sobre Manejo Adecuado de Residuos. CENICA-JICA-SRE, México.
- López Portillo, M. 1982. Estructura administrativa y gestión ambiental. En: *El Medio Ambiente en México*. FCE, México.
- López Portillo, J. y E. Ezcurra 2002. Los manglares de México: Una Revisión. *Madera y Bosques* (número especial): 27-51.
- Lot, A. y A. Novelo. 1990. Forested wetlands of Mexico. En: A. E. Lugo et al., (ed.). *Ecosystems of the world 15, forested wetlands*. Elsevier, Amsterdam.
- Lozano, R. 1996. El peso de la enfermedad en México: avances y desafíos. En: *Observatorio de la Salud*. Fundación Mexicana para la Salud.
- . 2002. La medición del peso de la enfermedad (presentación). Reunión La investigación en México sobre factores psicosociales en el trabajo. SSA-IMSS-UNAM-UCLA.
- MacPhee, D.E. 1999. *Extinctions in the near time*. Kluwer Academic-Plenum Publishers, Nueva York.
- Martínez-Morales, M.A. y A.D. Cuarón 1999. Boa constrictor, an introduced predator threatening the endemic fauna on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 8: 957-963.
- Masera, O. 1993. *Sustainable Fuelwood Use in Rural Mexico*. Volume 1. USEPA and Energy and Environmental Division. Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory.
- Masera, O., G. Guerrero, A. Ghilardi, A. Velázquez, J.F. Mas, M. Ordóñez y R. Drigo. 2003. Identifying household fuelwood Hot Spots using the WISDOM approach: a case study for Mexico. Wood Energy Programme, Forest Products Division. FAO, Roma.
- May, R.M., J.H. Lawton y N.E. Stork. 1995. Assessing extinction rates. En: Lawton, J.H. y R.M. May (eds.). *Extinction Rates*. Oxford University Press, Oxford.
- Mellink, E. y E. Palacios. 1990. Observations on Isla Guadalupe in November 1989. *Western Birds* 21:177-180.
- Mercado, A. 1999. *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México*. El Colegio de México, FCE, México.
- Merino Ibarra, M. 1992. Afloramiento en la plataforma de Yucatán: Estructura y Fertilización. Tesis de Doctorado. Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de

- Posgrado del Colegio Ciencias y Humanidades. ICMyl. UNAM. México.
- Merino, G. 2000. Federalismo fiscal: Diagnóstico y propuestas. *Gaceta de economía*, ITAM, México.
- Merino, M. 1987. The Coastal Zone of Mexico. *Coastal Management* 5: 27-42.
- Miller, M.D., M.A. Marty, A. Arcus, J. Brown, D. Morry y M. Sandy. 2002. Differences between children and adults: Implications for risk assessment at California EPA. *Int. J. Toxicol.* 21: 403-418.
- Millar, R.R. 1986. Composición and derivation of the freshwater fish fauna of México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30: 121-153.
- Minckley, W.L. 1969. Environments of the Bolsón de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México with especial reference to the aquatic biota. University of Texas, El Paso. *Science Series* 2: 1-65.
- Mittermeier, R.A., P. Robles-Gil y C.G. Mittermeier (eds.). 1997. *Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations*. CEMEX, México.
- Molina, L.T. y M. Molina. 2002. *Air Quality in The Mexico Megacity: An integrated assessment*. Kluwer Academic Publishers.
- . (eds) *Air Quality in the Mexico Megacity. An Integrated Assessment*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Murad Robles, P. 2003. La auditoria ambiental voluntaria. En: *Memorias del primer encuentro internacional de derecho ambiental*. INE-SEMARNAT.
- Murray, C.J.L. y A.D. López. 1996. *The global burden of disease*. Harvard University Press.
- National Reserach Council. 1999. *Hormonally active agents in the environment*. National Academy, EUA.
- Navarro, A. 2002. *Atlas de las Aves de México*. Fase II. Museo de Zoología Alfonso L. Herrera. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Needleman, H.L. y D. Bellinger. 1991. The Health Effects of Low Level Exposure to Lead. *Annual Review of Public Health* 12: 111-140.
- NOM-059-SEMARNAT-2001. *Diario Oficial de la Federación*. Miércoles 6 de marzo de 2002, segunda sección.
- OCDE. 2003. *Evaluación del desempeño ambiental de México*. OCDE, México.
- OMS. 2000. *Directivas de Calidad del Agua de Bebida*. Vol. 2. Criterios de Higiene y Documentación de Apoyo. Programa Internacional para la Seguridad Química. Organización Mundial de la Salud. OMS, Ginebra.
- . 2000. *Directivas de Calidad del Agua de Bebida*. Vol. 2. Criterios de Higiene y Documentación de Apoyo. Programa Internacional para la Seguridad Química. OMS, Ginebra.
- . 2002. *Informe sobre la salud del mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana*. OMS, Ginebra.
- ONU. 1997. *Evaluación General de los Recursos de Agua Dulce del Mundo*. ONU.
- OPS. 2003. *Ambientes saludables: Niños saludables*. Un movimiento para lograr ambientes saludables para los niños de las Américas. OPS, Washington, D.C.
- Ortiz, V. y S. Ortiz. 1984. *Edafología*. UACH. México.
- Pacheco Ladrón de Guevara, L.C. 1999. *Nomás venimos a malcomer. Jornaleros indios en el tabaco de Nayarit*. Tepic. Universidad Autónoma de Nayarit, México.
- Palacio-Prieto, J.L., G. Bocco, A. Velázquez, J. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Velázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones Geográficas. *Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 43: 183-203.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese y F. Torres Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279: 860-863.
- Pauly, D., V. Christensen, S. Guenette, T. J. Pitcher, U. R. Sumaila, C. J. Walters, R. Watson y D. Zeller. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418: 689-695.
- PEF. 2001. *Sexto Informe de Gobierno, 2000*. Anexo. México, D.F.,
- PEMEX. 2000. Diagnóstico de los efectos ambientales de la industria petrolera asociada la Región Sur. México.
- . 2002. Seguridad, salud y medio ambiente 2002. Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y Protección Ambiental. [www.pemex.com](http://www.pemex.com).
- . 2003. *Anuario estadístico*. PEMEX, México.
- Perera, F.W., V. Jedrychowski, V. Rauh y R.M. Whyatt. 1999. Molecular epidemiologic research on the effects of environmental pollutants on the fetus. *Environ. Health Perspect.* 107: 451-460.
- Pérez-Gil, S.R., F.M. Jaramillo, A.F. Muñiz y M.G. Torres. 1996. *Importancia económica de los vertebrados silvestres de México*. PG7 Consultores, S.C. y CONABIO.
- PNUMA. 2003a. *Perspectivas del medio ambiente. GEO Andino 2003*. PNUMA.
- . 2003b. <http://www.rolac.unep.mx/desela-c/esp/html/mapas.htm#severidad>.
- . 2002. *Perspectivas del medio ambiente mundial. GEO-3*. 2002. Mundi-Prensa, Madrid.
- Presidencia de la República. 2003. *Tercer Informe de Gobierno, Anexo Estadístico*. México.
- Protocolo de Montreal. 2003. Primer informe forestal general. Criterio cuatro: conservación y mantenimiento de recursos suelo y agua. [http://www.mpci.org/rep-pub/2003/overview\\_s.html](http://www.mpci.org/rep-pub/2003/overview_s.html).
- PROFEPA-SEMARNAP. 1998. *Informe trianual 1995-1997*. SEMARNAP, México.

- . 2000. *Informe 1995-2000*. SEMARNAP, México.
- PROFEPA-SEMARNAT. 2001. *Programa de Procuración de Justicia Ambiental 2001-2006*. SEMARNAT, México.
- . 2002a. Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación, México.
- . 2002b. *Informe anual*. SEMARNAT, México.
- . 2003. Inspección industrial. [www.profepa.gob.mx/seccion.asp?sec\\_id=427&com\\_id=0](http://www.profepa.gob.mx/seccion.asp?sec_id=427&com_id=0).
- . 2003b. Programa Nacional de Auditoría Ambiental. [www.profepa.gob.mx/seccion.asp?sec\\_id=223&com\\_id=0](http://www.profepa.gob.mx/seccion.asp?sec_id=223&com_id=0).
- . 2004. Principales emergencias ambientales ocurridas en México. <http://www.profepa.gob.mx/>. Consultado enero de 2004.
- PVEM. 2003. *Los contaminantes orgánicos persistentes: Una visión regional*. Cámara de Diputados LVIII Legislatura. PVEM, México.
- RAMSAR. 1971. Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente cómo hábitat de aves acuáticas, en [http://www.ramsar.org/key\\_conv\\_s.htm](http://www.ramsar.org/key_conv_s.htm).
- . 1996b. Definición de "humedales" y sistema de clasificación de tipos de humedales de la Convención de Ramsar. Convenio sobre los humedales.
- Reguero, M. y A. García 1993. Estado actual de la investigación sobre diversidad de moluscos en México. En: R. Gío y E. López-Ochoterena (eds.). *Diversidad biológica en México*. *Rev. Soc. Mex Hist. Nat.*, vol. XLIV (número especial).
- Reis, L.A.G., J.G. Smith y M. Gurney. 1999. Cancer incidence and survival among children and adolescents: United States SEER Program 1975-1995. NIH Publication. 99-4649. National Cancer Institute, EUA.
- Restrepo, I., G. Bernache y W. Rathje. 1991. *Los demonios del consumo (basura y contaminación)*. Centro de Eco-desarrollo, México.
- Riojas-Rodríguez, H, P. Romano-Riquer, C. Santos-Burgoa y K.R. Smith. 2001. Household firewood use and the health of children and women of Indian communities in Chiapas, Mexico. *Int. J. Occup. Environ. Health*. 7(1): 44-53.
- Rojas-Bracho L., 2001. Introducción. En: *La salud del niño y el ambiente*. Primer Taller Nacional. Ciudad de México, 2001. Documento Técnico. DGSA/COFEPRIS/ SSA.
- Rojas-Bracho, L. y A.M. Jaramillo. 2000. La vaquita. En: M.A. Cisneros-Mata, L.F. Beléndez-Moreno, E. Zárate-Becerra, M.T. Gaspar-Dillanes, L.C. López-González, C. Saucedo-Ruiz y J. Tovar-Avila (eds). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo 1999-2000*. Instituto Nacional de la Pesca, México.
- Rojas-Bracho, L. y A. M. Jaramillo-Legorreta. 2002. Vaquita. 1277-1280. En: W.F. Perrin, B. Würsig y H. Thewissen (eds.) *Encyclopaedia of Marine Mammals*. Academic Press, EUA.
- Rojas-Bracho, L. y B.L. Taylor. 1999. Risk factors affecting the vaquita (*Balaenoptera musculus*). *Mar. Mammal Sci.* 15(4): 974-989.
- Romieu, I., F. Meneses, J. Sienna-Monge, J. Huerta, S.R. Velasco, M.C. White, R.A. Etzel, R.A. y M. Hernandez-Avila. 1995. Effects of urban air pollutants on emergency visits for childhood asthma in Mexico City. *Am. J. Epidemiol.* 141: 546-553
- Rosiles Castro, G. 2003. Situación Actual en el Manejo y Generación de Residuos Sólidos Municipales y Propuesta de una Estrategia de Solución. En: Segundo Curso Regional sobre Manejo Adecuado de Residuos. CENICA-JICA-SRE. México, D.F., noviembre de 2003
- Rothenberg, S. J. 2000. Blood Lead Secular Trend in a Cohort of Children in Mexico City, II. 1990-1995, *Archives in Environ. Health* 55(4): 245-249.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- . 1990. Vegetación potencial, IV.8.2. En: *Atlas Nacional de México*. Vol. II. Instituto de Geografía-UNAM, México.
- SAGAR. 2000. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SAGAR, México.
- SAGARPA. 2003. *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 1990 - 1998*. SAGARPA, México.
- Salazar, V.S.I. y N. E. González. 1992. Biodiversidad marina y costera de México. *Ciencia y Desarrollo* 17.
- Saldaña Méndez, J.L. 2003. Generación de Energía de un Relleno Sanitario. En: Primer Foro Día Interamericano de la Limpieza y Ciudadanía DIADESOL. 19 de septiembre de 2003. México, D.F.
- Sánchez, P.J.A., B. Tershy y J.L. Aguilar. 2000. Acciones de conservación de las islas de México. *Gaceta Ecológica* 56: 41-45.
- Santos-Burgoa, C. 2003. Condiciones de la Salud Ambiental en México. Documento de trabajo.
- SARH. 1992. Inventario Forestal Nacional de Gran Visión. Reporte principal. SARH, México.
- Secretaría de Energía. 2002. *Balance Nacional de Energía 2001*. Secretaría de Energía, México.
- . 2002. Balance Nacional de Energía, 2001. Secretaría de Energía, México.
- . *Balance Nacional de Energía*. Varios años. Secretaría de Energía, México.
- Secretaría de Gobernación. 2001. *Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres 2001-2006*. SEGOB, México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, ONUDI y Nacional Financiera. 1986. Bienes de Capital e Insumos para la Agricultura Mexicana. SPP, México.
- SEDESOL. 1993. México. *Informe de la situación actual general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992*. México.

- . 2000. *Programa Nacional de Jornaleros Agrícolas*. 2000. SEDESOL, México.
- . 2001. Factores de Expansión para la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (2000). 2001.
- . 2003. *Medición del desarrollo en México (2000-2002)*. México, 2003.
- SEMARNAP. 1994. NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial, y establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Federación* 488: 2-60.
- . 1996. *Programa para el Desarrollo Forestal Mexicano*. SEMARNAP, México.
- . 1998. *Información Estadística de Incendios en Áreas Forestales por Entidad Federativa: Informe Final*. SEMARNAP, México.
- . 1999. La Evaluación de la degradación del Suelo causada por el Hombre. Inventario Nacional de Suelos. Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos-SEMARNAP. SEMARNAP, México.
- . 2000a. *Balance del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000*. SEMARNAP, México.
- . 2000b. *La gestión ambiental en México*. SEMARNAP, México.
- . 2000c. Carta Nacional Pesquera 2000. *Diario Oficial de la Federación*. Lunes 28 de Agosto de 2000, segunda, tercera y cuarta secciones.
- . 2000d. *Estrategia ambiental para la Gestión Integrada de la Zona Costera de México*. SEMARNAP, México.
- . 2000e. *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental: Reporte 2000*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP, México.
- SEMARNAT. 2001a. El sector forestal en cifras: Información de 2000. SEMARNAT, México.
- . 2001b. Inventario Nacional de Suelos. [http://148.233.168.204/suelos/invent/index\\_just.shtml](http://148.233.168.204/suelos/invent/index_just.shtml).
- . 2001c. Primer Informe de Labores, 2001. SEMARNAT, México.
- . 2002a. NOM-059-SEMARNAT-2001. *Diario Oficial de la Federación*. Miércoles 6 de Marzo de 2002, (Segunda sección). 80 pp.
- . 2002b. Sistema Nacional de Información Ambiental. <http://sepultura.semarnat.gob.mx/upsec/programas/comision/opinver.html>.
- . 2002c. *Segundo Informe de Labores, 2002*. SEMARNAT, México.
- . 2002d. Dirección General de Vida Silvestre. SEMARNAT, México.
- . 2003a. Directorio de empresas de servicio autorizadas para el manejo de residuos peligrosos. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. <http://carpetas.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/directorio/rubro9.shtml>.
- . 2003b. Protocolo de Montreal, aplicación de los criterios e indicadores para el manejo forestal sustentable: Informe de México. México.
- . 2003c. Estadísticas de Exportaciones, Importaciones y Aviso de Retorno de Residuos Peligrosos. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. [http://www.semarnat.gob.mx/wps/portal/.cmd/cs/.ce/155/s/4822/\\_lpid.1386/1611/\\_th/902/\\_lp.1386/0/\\_s.155/4819](http://www.semarnat.gob.mx/wps/portal/.cmd/cs/.ce/155/s/4822/_lpid.1386/1611/_th/902/_lp.1386/0/_s.155/4819)
- . 2003d. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002*. SEMARNAT, México.
- . 2003e. *Informe de Labores 2003*. SEMARNAT, México.
- . 2003f. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx).
- . Dirección General Forestal. <http://www.semarnat.gob.mx>. Consultado en enero de 2004.
- . Subcomité de Comercio y Fomento Industrial. 2001. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx).
- SEMARNAP, Gobierno del Estado de México, Gobierno del Distrito Federal, Comisión Ambiental Metropolitana y Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ. 2002. Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos. Zona Metropolitana del Valle de México.
- Serrano-Trespalcacios, P. 1999. Indicadores Ambientales de Compuestos Orgánicos Volátiles en el Aire Ambiente de la Ciudad de México, CONSERVA, Consejo de Estudios para la Restauración Ambiental. *Estudios* 58-64.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2004. Detección y Seguimiento de Incendios Forestales de 2003. <http://smn.cna.gob.mx>. Consultado en enero de 2004.
- Servicio Sismológico Nacional. 2003. Reporte de Sismos. Sismo de Colima de enero 2003. <http://www.ssn.unam.mx/Colima030121/colima03.pdf>.
- Sheinbaum, C. 1996. Tendencias y perspectivas de la energía residencial en México. Análisis comparativo con las experiencias de conservación de los países de la OCDE. Programa Universitario de Energía (PUE), Documentos de análisis y prospectiva del PUE. UNAM. México, D. F.
- SMA-GDF. 2003. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000. Versión preliminar, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, México.
- Smith, J., C. Corvalan y T. Kjellstrom. 1999. How much of global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 10:573-584.
- Snook, L. 1993. Production Models for Mexican Forests: A First Approximation. Inédito.

- Soil Science Society of America (SSSA). 1984. *Glossary of Soil Science Terms*. SSSA, SSSA, EUA.
- Solis, V. 1990. Edenes productivos del litoral mexicano: arrecifes coralinos, manglares y pastos marinos. En: E. Leff (Ed.). *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol. 2, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM. México.
- SSA. 2001. *Programa Nacional de Salud 2001–2006. La democratización de la salud en México Hacia un sistema universal de salud*. SSA, México.
- . 2002a. *Anuario Estadístico*. Secretaría de Salud, México.
- . 2002b. *Programa de Acción: Salud Ambiental* PRASA, México.
- . 2002c. Salud: México 2001. Información para la rendición de cuentas. SSA, México.
- . 2002d. *Segundo Informe de Labores*. SSA, México.
- . 2002e. Primer Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental y Ocupacional. Dirección General de Salud Ambiental. Secretaría de Salud, México.
- . 2003. Mortalidad, Principales causas de Mortalidad general, infantil y posproductiva. [www.salud.gob.mx](http://www.salud.gob.mx).
- . 2003. Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), [www.salud.gob.mx](http://www.salud.gob.mx).
- Stiglitz, J. E. 2002. *El malestar en la globalización*. Taurus, Madrid.
- SAS, I. 1995. La condición social de la mujer y la salud. Introducción. En: González, M.S. (comp) *Las mujeres y la salud*. El Colegio de México, México.
- Tellez-Rojo, MM, I. Romieu I, M. Polo-Peña, S. Ruiz-Velazco, F. Meneses-González y M. Hernández-Avila. 1997. Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública en México* 39: 513-522.
- Toledo, A. 2003. *Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México*. INE-SEMARNAT, El Colegio de Michoacán A. C. y El Colegio de México.
- Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14(81): 17-30.
- Toledo, V.M. y Ma. de J. Ordóñez. 1993. The biodiversity scenario of México: A review of terrestrial habitats. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press.
- Torres, B. 1999. *Las ONG ambientalistas en las relaciones México–Estados Unidos*. El Colegio de México, México.
- Torres, G.A., C. Esquivel y G. Ceballos. 1995. Diversidad y Conservación de los mamíferos marinos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 1: 22-43.
- Torres-Meza, V. 2000. Acute morbidity at primary care settings and air pollution in Mexico City. Master in Sciences, National Institute of Public Health. Cuernavaca, Morelos, México.
- Tseng, W.P., H.M. Chu, S.W How, J.M. Fong, C.S Lin y S. Yeh. 1968. Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicism in Taiwan. *Jour. of the Nat. Cancer Inst.* 40, pp. 453-463.
- UICN. 1996. 1996 *IUCN Red List of Threatened Animals*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Gland, Suiza.
- . 1998. IUCN Red List of Threatened "Database Search Results". [www.wcmc.org.uk/cgi-bin](http://www.wcmc.org.uk/cgi-bin).
- . 2003a. 2003 IUCN Red List of Threatened Species. [www.redlist.org](http://www.redlist.org). 14 enero 2004.
- . 2003b. Lista Roja. En [www.redlist.org](http://www.redlist.org).
- UNAM. 1990. *Atlas Nacional de México*. Instituto de Geografía. México.
- UNEP. 2004. Global Programme of Action. 2004. <http://www.chem.unep.ch>.
- UNOFOC. 1997. *Forestería comunal*. Unión Nacional de Organizaciones de Forestería Comunal, A.C. México.
- Urquidi, V. 1997. *Globalización, medio ambiente y desarrollo sustentable, en Desarrollo sustentable, medio ambiente y población, a cinco años de Río*. El Colegio Mexiquense, Zinacatepec, Estado de México 1997.
- . 1999. Instrumentos económicos para la política ambiental: estructura industrial y comportamiento empresarial en los países en vía de desarrollo con referencia a México.
- Vargas, J.M. 2002. *La protección ambiental en México y sus aspectos internacionales*. INAP, México.
- Vega, S. 2002. Riesgo Sanitario Ambiental por la Presencia de Arsénico y Fluoruros en los Acuíferos de México. En: XII Congreso Nacional FEMISCA. 18 y 19 de Abril de 2002. Guanajuato, México.
- Velázquez, A., J. F. Mas y J. Palacio-Prieto (responsables). 2001. Análisis del cambio de uso del suelo. Convenio INE-IGG (UNAM). En [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx).
- Velázquez, A., J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Escurra y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.
- Velázquez, A., J.F. Mas, J.R. Mayorga-Saucedo, J.L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez-Rodríguez, L. Luna-González, I. Trejo, J. López-García, M. Palma, A. Peralta y J. Prado-Molina. 2001. El inventario Forestal Nacional 2000: Potencial de uso y alcances. *Ciencias* 64:13-19.
- Viscusi, K. 2000. *Economics of Regulation and Antitrust*. Tercera edición. MIT Press, EUA.
- Vitousek, P., P. Ehrlich, A. Ehrlich y P. Matson. 1986. Human appropriation of the products of photosynthesis. *Bioscience* 34(6): 368-373.

- Volke, T.L. y J.A. Velasco. 2002. *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. INE-SEMARNAT.
- Vovides, A. y G. Medina. 1994. Relación de plantas mexicanas amenazadas de extinción. En: O. Flores-Villela y P. Gerez. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. CONABIO, UNAM, México.
- Walss, R. 2001. *Los tratados internacionales y su regulación jurídica en el derecho internacional y el derecho mexicano*. Porrúa, México.
- WCMC. 1992. *Global Biodiversity. Status o the Earth's Living Resources*. Chapman and Hall, Londres.
- Weller, D.W., A.M. Burdin y R.L. Brownell. 2001. The western North Pacific gray whale: a review of past exploitation, current status, and potential threats. Int. Whal. Comm. Sci. Comm. Rep. SC/53/BRG 12.
- Wester, P., R. Melville y S. Ramos-Osorio. 2001. Institutional Arrangements for Water Management in the Lerma-Chapala Basin. En: A.M. Hansen y M. van Afferden (eds.). *The Lerma-Chapala Watershed. Evaluation and Management*. Kluwer Academic, Plenum Publishers.
- WHO. 2002. *Environmental Health Indicators for the WHO European Region. Update of Methodology*. WHO, Ginebra.
- Wilson, E.O. (ed.) 1988. *Biodiversity*. National Academy Press.
- World Economic Forum. *Environmental Sustainability Index*. Suiza.
- WRI/UNEP/UNDP. 1990. *World resources, 1990-91*. World Resources Institute, United Nations Environment Programme And United Nations Development Programme. Oxford University Press, Oxford.
- Yalaupari, J.P. 2001. Contaminación del agua y efectos a la salud. En: El documento técnico sobre la salud del niño (a) y el ambiente. Primer Taller Nacional. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Dirección General de Salud Ambiental. Junio. Ciudad de México.
- Zárate-Lomelí, D., T.V. Saavedra, J.L. Rojas-Galvís, A. Yáñez-Arancibia y E.A. Rivera. 1999. Terms of Reference Towards an Integrates Management Policy in the Coastal Zone of the Gulf of México and the Caribbean. *Ocean and Coastal Mangement* 42: 345-368.
- Zúñiga E. y C. Gómez. 2002. Pobreza, curso de vida y envejecimiento poblacional en México. En: *La situación demográfica de México 2002*. CONAPO, México.

