

Contigo  
es posible



# INDICADORES BÁSICOS DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE MÉXICO: 2005



Con oportunidades para que vivas mejor...

El Gobierno del Cambio **Cumple**



[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)



**INDICADORES  
BÁSICOS DEL DESEMPEÑO  
AMBIENTAL  
DE MÉXICO: 2005**

DR©2005, **SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

Edificio sede

Boulevard Adolfo Ruíz Cortines No. 4209

Jardines en la Montaña, C. P. 14210

Tlalpan, México D. F.

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

[contactodgeia@semarnat.gob.mx](mailto:contactodgeia@semarnat.gob.mx)

**INDICADORES BÁSICOS DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE MÉXICO: 2005**

Impreso en México

**ISBN 968-817-677-X**

**Ing. José Luis Luege Tamargo**  
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**Dr. Fernando Tudela Abad**  
Subsecretario de Planeación y Política Ambiental

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

**Dr. Arturo Flores Martínez**  
Director de Análisis e Indicadores Ambientales

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Proyecto PNUD-SEMARNAT, « Espacios públicos de concertación social para procesos de desarrollo sustentable local» apoyó parcialmente la elaboración de esta obra y su versión electrónica, con objeto de mejorar la cantidad, calidad y accesibilidad de la información ambiental.



## Coordinadores de la obra

Arturo Flores Martínez  
Luz María González Osorio  
César E. Rodríguez Ortega

## Participantes en la integración y edición

Suraya Avelar Ortega  
Sergio Eric Daniel Barrios Monterde  
Mildred Castro Hernández  
Rogelio Chávez Pérez  
Karla Gabriela Clemente Medina  
Angélica Daza Zepeda  
Gerardo Grobet Vallarta  
Miguel de Jesús Gutiérrez Ladrón de Guevara  
Ariadna Jaimes Chacón  
Juan David Reyes Vázquez  
Jorge Rodríguez Monroy  
Verónica E. Solares Rojas

Esta obra está disponible a través de la página [www. semarnat. gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

### Para mayor información comunicarse a:

Dirección General de Estadística e Información Ambiental  
Dirección de Análisis e Indicadores Ambientales  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Boulevard Adolfo Ruíz Cortínez 4209  
Jardines en la Montaña C.P. 14210  
Tlalpan, México D. F.  
Teléfonos: 5628 0854, 5628 0747 Fax:5628 0853

# INDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	1
<b>ACERCA DE ESTA OBRA</b>	3
<b>INDICADORES AMBIENTALES</b>	
1. Los Indicadores Ambientales	6
2. Marcos Conceptuales de Indicadores Ambientales	13
3. El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales	23
<b>COMENTARIOS FINALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS</b>	28
<b>GUÍA DE CONSULTA RÁPIDA</b>	32

## I **ATMÓSFERA**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	34
<b>I.1 SECCIÓN: CALIDAD DEL AIRE</b>	
Introducción	36
Justificaciones: Indicadores de presión	37
Indicadores de estado	38
Indicadores de respuesta	39
Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Calidad del Aire	41
I.1-1 CONSUMO FINAL DE PETROLÍFEROS A NIVEL NACIONAL	42
I.1-2 EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN ZONAS URBANAS E INDUSTRIALES	43
I.1-3 PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: MONÓXIDO DE CARBONO	44
I.1-4 PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: BIÓXIDO DE NITRÓGENO	45
I.1-5 PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: PARTÍCULAS MENORES A 10 $\mu\text{m}$	46
I.1-6 PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: BIÓXIDO DE AZUFRE	47
I.1-7 PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIA Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: OZONO	48
I.1-8 ZONAS METROPOLITANAS O POBLACIONES CON MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE	49
I.1-9 CIUDADES CON PROAIRE	50
I.1-10 GASTO DEL SECTOR PÚBLICO EN EL ABATIMIENTO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	52
I.1-11 CONTENIDO DE AZUFRE EN GASOLINAS Y DIESEL	53
<b>I.2 SECCIÓN: CAMBIO CLIMÁTICO</b>	54
Introducción	56
Justificaciones: Indicadores de presión	57
Indicadores de estado	58
Indicadores de respuesta	59
Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Cambio Climático	59
I.2-1 EMISIÓN MUNDIAL DE CO <sub>2</sub> POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES	60
I.2-2 EMISIÓN NACIONAL DE CO <sub>2</sub> POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES	61
I.2-3 EMISIÓN Y CAPTURA NACIONAL DE CO <sub>2</sub> POR CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA	62
I.2-4 CONCENTRACIÓN GLOBAL ATMOSFÉRICA DE CO <sub>2</sub>	63
I.2-5 VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA GLOBAL	64
I.2-6 MEDIDAS TOMADAS POR MÉXICO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO	65

## **I.3 SECCIÓN: OZONO**

	Introducción	67
	Justificaciones: Indicadores de presión	69
	Indicadores de estado	70
	Indicadores de respuesta	71
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Ozono	72
1.3-1	CONSUMO GLOBAL PONDERADO DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DEL OZONO	73
1.3-2	CONSUMO NACIONAL PONDERADO DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DEL OZONO	74
1.3-3	CONCENTRACIÓN DEL OZONO ESTRATOSFÉRICO: GLOBAL, SOBRE ANTÁRTICA Y SOBRE DOS CIUDADES MEXICANAS	75
1.3-4	CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA GLOBAL DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DEL OZONO	76
1.3-5	CONSUMO NACIONAL PONDERADO DE HCFC COMO SUSTANCIAS ALTERNATIVAS	77
1.3-6	INVERSIÓN EN PROYECTOS PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN MÉXICO	78

## **2 AGUA**

	INTRODUCCIÓN	80
2.1	SECCIÓN: DISPONIBILIDAD DE AGUA	
	Introducción	81
	Justificaciones: Indicadores de presión	82
	Indicadores de estado	84
	Indicadores de respuesta	85
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Disponibilidad de Agua	87
2.1-1	POBLACIÓN TOTAL, URBANA Y RURAL	88
2.1-2	EXTRACCIÓN TOTAL PARA USO CONSUNTIVO	89
2.1-3	EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	90
2.1-4	USO PARA ABASTECIMIENTO PÚBLICO PER CÁPITA	91
2.1-5	DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA PER CÁPITA	92
2.1-6	GRADO DE PRESIÓN	93
2.1-7	ACUÍFEROS SOBREEXPLOTADOS, CON INTRUSIÓN SALINA Y/O BAJO EL FENÓMENO DE SALINIZACIÓN DE SUELOS, O AGUAS SUBTERRÁNEAS SALOBRES	94
2.1-8	CONSEJOS DE CUENCA Y COMITÉS TÉCNICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	95
2.1-9	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN LAS PRESAS PRINCIPALES	96
2.1-10	EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN DISTRITOS DE RIEGO	97
2.1-11	POBLACIÓN CON ACCESO A AGUA POTABLE	98
2.1-12	TARIFAS PARA USO DOMÉSTICO Y RECAUDACIÓN	99
2.1-13	REUSO DE AGUA RESIDUAL	100
2.2	SECCIÓN: CALIDAD DEL AGUA	
	Introducción	101
	Justificaciones: Indicadores de presión	103

	<b>Indicadores de estado</b>	<b>108</b>
	<b>Indicadores de respuesta</b>	<b>111</b>
	<b>Esquema Presión-Estado-Respuesta de la Sección de Calidad del Agua</b>	<b>113</b>
2.2-1	<i>DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES</i>	114
2.2-2	<i>DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES NO MUNICIPALES</i>	115
2.2-3	<i>CONSUMO APARENTE DE FERTILIZANTES</i>	116
2.2-4	<i>POBLACIÓN PECUARIA</i>	117
2.2-5	<i>CONSUMO APARENTE DE PLAGUICIDAS</i>	118
2.2-6	<i>PRODUCCIÓN ACUÍCOLA</i>	119
2.2-7	<i>EROSIÓN DEL SUELO</i>	120
2.2-8	<i>COLIFORMES FECALES EN AGUAS SUPERFICIALES</i>	121
2.2-9	<i>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS SUPERFICIALES</i>	122
2.2-10	<i>FÓSFORO TOTAL EN AGUAS SUPERFICIALES</i>	123
2.2-11	<i>NITRATO EN AGUAS SUPERFICIALES</i>	124
2.2-12	<i>POBLACIÓN CON ACCESO A ALCANTARILLADO</i>	125
2.2-13	<i>AGUA RESIDUAL QUE RECIBE TRATAMIENTO</i>	126
2.2-14	<i>SUPERFICIE INCORPORADA AL PROGRAMA DE PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS</i>	127

### **3 SUELOS**

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>130</b>
	<b>Justificaciones: Indicadores de presión</b>	<b>132</b>
	<b>Indicadores de estado</b>	<b>134</b>
	<b>Indicadores de respuesta</b>	<b>135</b>
	<b>Esquema Presión-Estado-Respuesta del Capítulo Suelos</b>	<b>136</b>
3-1	<i>SUPERFICIE AGRÍCOLA</i>	137
3-2	<i>SUPERFICIE AFECTADA POR SOBREPASTOREO</i>	138
3-3	<i>SUPERFICIE AFECTADA POR DEGRADACIÓN EDÁFICA</i>	139
3-4	<i>SUPERFICIE INCORPORADA A PROGRAMAS INSTITUCIONALES PARA LA CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN DE SUELOS</i>	140

### **4 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>142</b>
	<b>Justificaciones: Indicadores de presión</b>	<b>144</b>
	<b>Indicadores de estado</b>	<b>145</b>
	<b>Indicadores de respuesta</b>	<b>146</b>
	<b>Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Residuos Sólidos Municipales</b>	<b>147</b>
4-1	<i>GASTO DEL CONSUMO FINAL PRIVADO</i>	148
4-2	<i>GENERACIÓN TOTAL Y PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES</i>	149
4-3	<i>DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES</i>	150

4-4	RELLENOS SANITARIOS	152
4-5	RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	

## 5 RESIDUOS PELIGROSOS

	INTRODUCCIÓN	154
	Indicadores de presión	156
	Justificaciones: Indicadores de estado	157
	Indicadores de respuesta	158
		160
	Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Residuos Peligrosos	
5-1	VOLUMEN FÍSICO DE PRODUCCIÓN DE LOS SECTORES MANUFACTURERO Y MINERO	161
		162
5-2	INTENSIDAD Y VOLUMEN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	163
5-3	SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS	164
5-4	CAPACIDAD INSTALADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	
5-5	SITIOS IDENTIFICADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS REMEDIADOS O EN PROCESO DE REMEDIACIÓN	165
5-6	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS	166
		167
5-7	AUDITORÍAS AMBIENTALES	

## 6 BIODIVERSIDAD

	INTRODUCCIÓN	170
6.1	SECCIÓN: ECOSISTEMAS TERRESTRES	172
	Introducción	Indicadores de presión
		174
	Justificaciones: Indicadores de estado	177
	Indicadores de respuesta	178
		179
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Terrestres	180
6.1-1	CAMBIO DE USO DEL SUELO	181
6.1-2	CRECIMIENTO DE LA RED DE CARRETERAS	182
6.1-3	ESPECIES INVASORAS EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES NACIONALES	183
6.1-4	EXTENSIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES NATURALES	184
6.1-5	ESPECIES TERRESTRES MEXICANAS EN RIESGO	186
6.1-6	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES TERRESTRES	
6.2	SECCIÓN: ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES	187
	Introducción	Indicadores de presión
		188
	Justificaciones: Indicadores de estado	193
	Indicadores de respuesta	194
		195
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Acuáticos Continentales	197

6.2-1	<b>GRANDES PRESAS MEXICANAS</b>	
6.2-2	<b>ESPECIES INVASORAS EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES NACIONALES</b>	198
6.2-3	<b>FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS Y DESCARGAS DE CONTAMINANTES EN AGUAS CONTINENTALES</b>	199 200
6.2-4	<b>ESPECIES ACUÁTICAS CONTINENTALES MEXICANAS EN RIESGO</b>	202
6.2-5	<b>HUMEDALES CONTINENTALES MEXICANOS EN LA CONVENCIÓN RAMSAR</b>	
<b>6.3</b>	<b>SECCIÓN: ECOSISTEMAS COSTEROS Y OCÉANICOS</b>	<b>203</b>
	Introducción    Indicadores de presión	204
	Justificaciones: Indicadores de estado	208
	Indicadores de respuesta	209
	<b>Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Costeros y Oceánicos</b>	<b>210</b>
	<b>CAPTURA NACIONAL DE CAMARÓN</b>	<b>213</b>
6.3-1	<b>PRODUCCIÓN ACUÍCOLA NACIONAL EN ENTIDADES COSTERAS</b>	
6.3-2	<b>FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS, DESCARGA DE CONTAMINANTES Y AGUA CONGÉNITA EN ZONAS MARINAS</b>	214
6.3-3	<b>POZOS EXPLORATORIOS Y EN DESARROLLO PERFORADOS EN ZONAS MARINAS</b>	215 216
6.3-4	<b>CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA ZONA COSTERA</b>	217
6.3-5	<b>TURISTAS EN DESTINOS COSTEROS</b>	218
6.3-6	<b>CARGA MARÍTIMA TRANSPORTADA Y PASAJEROS TRANSPORTADOS</b>	
6.3-7	<b>ESPECIES INVASORAS EN ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS NACIONALES</b>	219 220
6.3-8	<b>ESPECIES MARINAS MEXICANAS EN RIESGO</b>	222
6.3-9	<b>ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES EN ZONAS MARINAS</b>	
6.3-10	<b>ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS DECRETADOS EN ZONAS MARINAS Y COSTERAS</b>	223
6.3-11		
<b>6.3.1</b>	<b>SECCIÓN ESPECIAL: ARRECIFES CORALINOS</b>	<b>224</b>
	Introducción    Indicadores de presión	225
	Justificaciones: Indicadores de estado	227
	Indicadores de respuesta	228 229
	<b>Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Arrecifes coralinos</b>	
6.3.1-1	<b>CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA ZONA COSTERA CON ZONAS DE ARRECIFES DE CORAL</b>	230 231
6.3.1-2	<b>TURISTAS EN DESTINOS COSTEROS CON ARRECIFES DE CORAL</b>	232
6.3.1-3	<b>ESPECIES DE CORAL MEXICANAS EN CONDICIÓN DE RIESGO</b>	233
6.3.1-4	<b>BLANQUEAMIENTO DE CORAL EN ARRECIFES MEXICANOS</b>	234
6.3.1-5	<b>ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MARINAS CON ARRECIFES CORALINOS</b>	
6.3.1-6	<b>ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS DECRETADOS EN ZONAS MARINAS Y COSTERAS CON ZONAS DE ARRECIFES DE CORAL</b>	235

<b>6.4</b>	<b>SECCIÓN: ESPECIES</b>	
	Introducción	236
	Justificaciones: Indicadores de presión	237
	Indicadores de estado	238
	Indicadores de respuesta	239
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Especies	241
6.4-1	<b>ESPECÍMENES, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE ASEGURADOS POR OPERATIVO DE INSPECCIÓN</b>	242
6.4-2	<b>CONTINGENCIAS AMBIENTALES DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO</b>	243
6.4-3	<b>ESPECIES MEXICANAS EN RIESGO</b>	244
6.4-4	<b>UNIDADES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE (UMA)</b>	246
6.4-5	<b>EJEMPLARES INGRESADOS EN LOS CENTROS PARA LA CONSERVACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE (CIVS)</b>	247
6.4-6	<b>SUBCOMITÉS CONSOLIDADOS PARA LA CONSERVACIÓN, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LAS ESPECIES PRIORITARIAS</b>	248
6.4.7	<b>LICENCIAS DE CAZA DEPORTIVA</b>	249
<b>6.4.1</b>	<b>SECCIÓN ESPECIAL: CETÁCEOS</b>	
	Introducción	250
	Justificaciones: Indicadores de presión	251
	Indicadores de estado	253
	Indicadores de respuesta	254
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección especial de Cetáceos	255
6.4.1-1	<b>AUTORIZACIONES PARA LA OBSERVACIÓN DE BALLENAS</b>	256
6.4.1-2	<b>EMBARCACIONES PESQUERAS Y ARRIBOS DE CRUCEROS EN ZONAS COSTERAS CON PRESENCIA DE BALLENAS</b>	257
6.4.1-3	<b>CAPTURA PESQUERA EN LA ZONA COSTERA CON PRESENCIA DE BALLENAS</b>	258
6.4.1-4	<b>ESPECIES MEXICANAS DE CETÁCEOS EN RIESGO</b>	259
6.4.1-5	<b>TAMAÑOS POBLACIONES DE LAS BALLENAS GRIS Y JOROBADA Y DE LA VAQUITA MARINA</b>	260
6.4.1-6	<b>DELFINES MUERTOS Y TASA DE MORTALIDAD POR LANCE PESQUERO</b>	262
6.4.1-7	<b>ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES MARINAS EN LAS ZONAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS BALLENAS GRIS Y JOROBADA Y LA VAQUITA MARINA</b>	263
<b>6.4.2</b>	<b>SECCIÓN ESPECIAL: TORTUGAS MARINAS</b>	
	Introducción	264
	Justificaciones: Indicadores de presión	265
	Indicadores de estado	266
	Indicadores de respuesta	267
	Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección especial Tortugas Marinas	269
6.4.2-1	<b>ASEGURAMIENTO DE EJEMPLARES Y HUEVOS DE TORTUGAS MARINAS</b>	270
6.4.2-2	<b>CAPTURA NACIONAL DE ATÚN, CAMARÓN, TIBURÓN Y LANGOSTA</b>	271

6.4.2-3	ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS MEXICANAS EN RIESGO	272
6.4.2-4	CRÍAS DE TORTUGAS MARINAS LIBERADAS EN LOS CAMPAMENTOS TORTUGUEROS	273
6.4.2-5	EMBARCACIONES CAMARONERAS CON DISPOSITIVOS EXCLUIDORES DE TORTUGAS (DETs) CERTIFICADOS	274
6.4.2-6	VERIFICACIONES DE LOS DISPOSITIVOS EXCLUIDORES DE TORTUGAS MARINAS (DETs)	275
6.4.2-7	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES DECRETADAS PARA LA PROTECCIÓN DE TORTUGAS MARINAS	276

## 7 RECURSOS FORESTALES

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	278
	Justificaciones: Indicadores de presión	279
	Indicadores de estado	282
	Indicadores de respuesta	283
	Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Recursos Forestales	285
7-1	CAMBIO DE USO DEL SUELO EN ZONAS FORESTALES	286
7-2	PRODUCCIÓN FORESTAL MADERABLE Y NO MADERABLE	287
7-3	INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE AFECTADA	288
7-4	SUPERFICIE AFECTADA POR PLAGAS FORESTALES	289
7-5	MADERA DECOMISADA POR INSPECCIÓN FORESTAL	290
7-6	EXTENSIÓN DE BOSQUES Y SELVAS	291
7-7	EXISTENCIAS MADERABLES EN BOSQUES Y SELVAS	292
7-8	SUPERFICIE PLANTADA, VERIFICADA Y PAGADA DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES	293
7-9	SUPERFICIE INCORPORADA AL MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE	294
7-10	SUPERFICIE AFECTADA POR PLAGAS FORESTALES QUE RECIBIÓ TRATAMIENTO	295
7-11	SUPERFICIE REFORESTADA	296
7-12	INSPECCIONES, OPERATIVOS Y RESOLUCIONES FORESTALES	297

## 8 RECURSOS PESQUEROS

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	300
	Justificaciones: Indicadores de presión	301
	Indicadores de estado	303
	Indicadores de respuesta	304
	Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Recursos Pesqueros	305
8-1	CAPTURA PESQUERA NACIONAL	306
8-2	ESFUERZO PESQUERO NACIONAL	307
8-3	PRODUCTOS PESQUEROS DECOMISADOS POR OPERATIVO DE INSPECCIÓN	308
8-4	RENDIMIENTO RELATIVO DE LAS PESQUERÍAS DE ALTURA MEXICANAS	309
8-5	ESTADO DE SUSTENTABILIDAD DE LOS RECURSOS PESQUEROS	310
8-6	ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LOS RECURSOS PESQUEROS	311

<b>8-7</b>	<b>PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PESQUERA</b>	<b>312</b>
	<b>PUBLICACIONES RECOMENDADAS</b>	<b>313</b>
	<b>INSTITUCIONES Y PÁGINAS DE INTERNET PARA CONSULTA</b>	<b>314</b>
	<b>GLOSARIO</b>	<b>315</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>320</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>320</b>
	<b>CAPÍTULO 1. ATMÓSFERA</b>	<b>320</b>
	<b>CAPÍTULO 2. AGUA</b>	<b>322</b>
	<b>CAPÍTULO 3. SUELOS</b>	<b>325</b>
	<b>CAPÍTULO 4. RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES</b>	<b>327</b>
	<b>CAPÍTULO 5. RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>328</b>
	<b>CAPÍTULO 6. BIODIVERSIDAD</b>	<b>328</b>
	<b>CAPÍTULO 7. RECURSOS FORESTALES</b>	<b>335</b>
	<b>CAPÍTULO 8. RECURSOS PESQUEROS</b>	<b>336</b>

## PRESENTACIÓN

El hombre siempre ha estado íntimamente ligado a la naturaleza ya que para vivir depende de los beneficios que le ofrece la biosfera y sus ecosistemas. El oxígeno que respiramos, el agua que bebemos, los alimentos que consumimos, la regulación del clima, la formación del suelo que permite toda clase de cultivos y la purificación de nuestros desechos son sólo algunos de los bienes que recibimos de los ecosistemas naturales y que no valoramos como se debiera.

La demanda irracional de productos y servicios que requiere la sociedad para su desarrollo, en combinación con una mínima e insuficiente preocupación por la conservación del ambiente, han generado lo que hoy es una realidad: el deterioro significativo de los ecosistemas que, al poner en riesgo el suministro de los bienes que proveen a las sociedades, compromete seriamente la posibilidad de nuestra subsistencia a futuro. Ahora reconocemos que el bienestar humano y el avance hacia el desarrollo sostenible dependen fundamentalmente de un mejor manejo de los ecosistemas de la Tierra, un manejo que combine de manera armoniosa el desarrollo económico y social con la protección ambiental.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) tiene entre sus objetivos la conservación de la biodiversidad, la protección del ambiente y los recursos naturales del país en un contexto de desarrollo sustentable. Un elemento primordial para avanzar en ese sentido es contar con información ambiental confiable, actualizada y útil para la elaboración de estrategias y programas encaminados a detener y revertir el deterioro de los ecosistemas.

Desde hace varios años, la Semarnat trabaja en la creación y actualización de esa base de información y ahora tiene el agrado de presentar los *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México 2005*. Como su nombre lo anuncia, este documento registra e integra una serie de indicadores que, sin duda, serán de enorme utilidad para la evaluación tanto de las condiciones ambientales del país como de la efectividad de las políticas en esta materia.

Los indicadores están agrupados en ocho temas básicos: atmósfera, agua, suelo, residuos sólidos municipales, residuos peligrosos, biodiversidad, recursos forestales y recursos pesqueros. Para cada tema se desarrollan indicadores que permiten conocer y evaluar su estado actual y las presiones que sufren, así como las respuestas gubernamentales que se han implementado para atender sus problemáticas de manera integral y específica.

La serie de indicadores ambientales que se presenta aquí no es un producto aislado; forma parte –en conjunto con las bases de datos estadísticos y geográficos y los *Informes sobre la Situación del Medio Ambiente en México*– del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), que está desarrollando la Semarnat y que tiene como objetivo principal constituir la base de información confiable y oportuna que sustente el diseño y la evaluación de políticas públicas en materia ambiental, a la vez que permita mantener informada a la sociedad sobre el estado que guarda el ambiente y los recursos naturales de nuestro país.

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez  
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2003-2005

Ing. Jose Luis Luege Tamargo  
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2005-



## ACERCA DE ESTA OBRA

Desde siempre, la humanidad ha interactuado estrechamente con los ecosistemas naturales ya que depende, en gran medida, de los bienes y servicios que éstos le proporcionan. En la actualidad, las crecientes demandas de recursos que impone la población (tanto por su número como por sus patrones de consumo), así como el volumen de desechos que genera, han presionado de tal manera a estos sistemas que muchos de ellos muestran evidentes signos de deterioro, lo que compromete seriamente la posibilidad de seguir contando con sus invaluable bienes y servicios ambientales en el futuro. Ante esta situación resulta cada vez más urgente la necesidad de tomar acciones encaminadas a mejorar el manejo de los ecosistemas y evitar su degradación.

La información resulta esencial en este proceso. La mínima que se debe tener, considerando un manejo sustentable de los sistemas naturales, es aquella que permita identificar y documentar las presiones y amenazas sobre el ambiente, su situación y tendencias de deterioro. En una fase posterior, se debe añadir aquella otra que conduzca a la evaluación de la efectividad de los programas y acciones que se implementan tanto para reducir las presiones como para mejorar las condiciones ambientales. A pesar de que contar con información de calidad no garantiza las mejores decisiones, es un requisito indispensable para tener un proceso de toma de decisiones adecuado.

El proceso de obtención y recopilación de información ambiental no es una tarea fácil. Un primer obstáculo en el momento de decidir qué información es relevante y, por lo tanto, necesaria de obtener, es que no conocemos lo suficientemente bien los ecosistemas naturales, su estructura, funcionamiento y respuesta ante perturbaciones, por lo que no contamos con una “lista única” de variables a medir ni procesos definidos para integrar y analizar la información. En la práctica, esto se traduce en que siempre existe cierta incertidumbre sobre la utilidad y forma de analizar la información que se puede obtener.

En el estudio de los sistemas naturales existen dos aseveraciones que describen bien el eterno problema que enfrentan los investigadores con respecto a la obtención de información: i) no es posible medir todo lo que se pudiera o quisiera debido a dificultades técnicas, económicas o de tiempo, y ii) no todo lo que se puede medir resulta útil en función de los objetivos planteados en las investigaciones. Por ejemplo, para el estudio de un cuerpo de agua se puede pensar en un sinnúmero de variables fisicoquímicas (pH, O<sub>2</sub> disuelto, nitratos, etc.), hidrodinámicas (por ejemplo, flujo de agua) y biológicas (riqueza de especies, estructura trófica, diversidad genética, etc.), que no son igualmente útiles para describir el estado de contaminación de ese río o lago. El problema se puede complicar aún más si consideramos que, aunado a la selección de variables, es necesario decidir la periodicidad y resolución con que debe obtenerse dicha información e, incluso, la manera en que debe ser integrada y analizada.

Quizá por esta razón, el uso de indicadores tiene actualmente tanta demanda. En un mar de posible información, los indicadores son el medio para sintetizar e integrar los datos clave de un fenómeno determinado. En el caso de los indicadores de desempeño ambiental, pretenden lograr que los usuarios tengan una visión, lo suficientemente completa, para conocer la situación del ambiente y los factores que lo presionan o amenazan.

Si bien es importante conocer las ventajas y potencialidades de los indicadores, también debemos tener conciencia de sus limitaciones para no cometer errores en su interpretación y uso. Los indicadores son, al final de cuentas, un reflejo parcial de la realidad, construido a partir de incertidumbres y modelos imperfectos. En este sentido, la responsabilidad de que un sistema de indicadores sea adecuado, depende de la correcta selección y documentación de los indicadores.

A pesar de que para elaborar este trabajo se procuró ser objetivo y riguroso, es inevitable que exista un cierto sesgo explicado

por la formación e intereses de los participantes en su elaboración. No obstante el conjunto de indicadores presentados recogen la experiencia de más de diez años de trabajo en el sector ambiental del país, por lo que consideramos que son suficientemente robustos.

Un cambio significativo que se dio en México en los años recientes relacionado con los indicadores, es que pasamos de una actitud de respuesta a otra propositiva; esto es, dejamos de documentar indicadores con la finalidad de cubrir solicitudes externas para involucrarnos en la formulación de nuestros propios indicadores, buscando que sirvan de apoyo para la solución de los problemas ambientales del país. Con este propósito se incluyó en cada tema una justificación de la selección de los indicadores, sustentada en bibliografía especializada.

En esta obra se ha concentrado y sistematizado una gran cantidad de información ambiental. Se describen cerca de 140 indicadores, todos con la información más actualizada posible y cada uno con su respectiva ficha técnica o metadato. Se incluyen también más de 450 variables, en forma de tablas o mapas, que permiten conocer los temas con mayor amplitud y, por consiguiente, posibilitan una mejor interpretación. Estas variables de apoyo también se pueden utilizar como indicadores para ciertos propósitos particulares, si así lo consideran conveniente los usuarios.

La manera en que se agruparon los indicadores ambientales obedeció a un criterio pragmático y de congruencia con las bases de datos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Semarnat, y es similar también a la manera en que está organizado el último *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*, que se publicó en 2003, y el próximo que será publicado hacia finales de 2005.

El presente libro consta de dos partes. En la primera se describen la base conceptual y los antecedentes que explican la selección y organización de los conjuntos de indicadores ambientales. Si bien cualquier lector puede encontrar útil e interesante esta sección, en realidad está concebida como un apoyo para los encargados de desarrollar este tipo de indicadores en los gobiernos estatales y municipales, así como en diferentes dependencias, quienes durante los últimos años han comenzado a trabajar en el tema; consideramos que la experiencia recabada en la Semarnat puede serles de utilidad.

La segunda parte contiene los indicadores de desempeño ambiental para el país. En cada tema se presenta una breve introducción seguida por una justificación de los indicadores incluidos, sustentada en revisiones bibliográficas; también se muestra un esquema de organización de los indicadores de acuerdo con el modelo PER (Presión-Estado-Respuesta). En este esquema se precisa si el indicador está documentado debidamente o si falta información; asimismo, en los casos en que se utiliza un indicador en más de un tema (por ejemplo, “consumo de plaguicidas” que aparece tanto en el tema de calidad de agua como en el de suelos), se indica la referencia para localizarlo fácilmente en las páginas del libro.

Para cada indicador se elaboró una ficha que contiene seis elementos básicos: 1) un breve texto de la *justificación* y relevancia del indicador; 2) una descripción de la *situación* o *tendencia* del indicador (no un análisis formal), acompañada en la mayoría de los casos por elementos gráficos o tablas para facilitar su interpretación; 3) cuando se consideró necesario se añadieron *comentarios al indicador* que ofrecen aspectos útiles para complementar la interpretación del mismo, y también se incluyeron referencias acerca de la utilización del indicador en sistemas similares de otras partes del mundo; 4) una lista de *información complementaria* que puede ser consultada en el disco compacto anexo; y, por último, dos recuadros que especifican los nombres de los archivos donde se pueden consultar 5) los *datos fuente*, que tienen por lo general un mayor desglose, y 6) la *ficha técnica* o *metadato* del indicador con definiciones, método de cálculo, responsable de generar

la información, entre otros datos.

Con la finalidad de hacer más accesible y provechosa la gran cantidad de información contenida en esta obra, se concibió un diseño sencillo y visualmente atractivo por sus elementos gráficos. Es importante resaltar este aspecto porque se trata sobre todo de una obra de consulta que no pretende, de ninguna manera, hacer un diagnóstico de la situación ambiental del país.

De acuerdo a la nueva organización del SNIARN, tanto las bases de datos estadística y geográfica como el sistema nacional de indicadores constituyen los insumos primarios para el *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*, que por ley se presenta cada dos años y que sí contiene una descripción, análisis e información de contexto sobre los temas ambientales relevantes. Esto no impide, por supuesto, que la información mostrada en la presente obra pueda ser empleada por otros usuarios, dentro y fuera del gobierno, para elaborar documentos de integración, análisis y diagnóstico del medio ambiente.

Por último, como una forma de propiciar su amplia difusión, esta obra también puede ser consultada en el sitio internet de la Secretaría [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx) en la sección correspondiente al Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN).

## I. Los indicadores ambientales

En prácticamente todas las actividades que involucran decisiones se utilizan indicadores, aunque quizá no tengamos plena conciencia de ello. La definición formal de *indicador* es: “Relativo a indicar. Dar a entender o significar una cosa con indicios o señales. Señalar, advertir, manifestar, apuntar, mostrar”. En otras palabras, la información clave que usamos para conocer algo y, frecuentemente, tomar una decisión, es un indicador. La temperatura corporal o la presión arterial, por ejemplo, son indicadores de nuestro estado de salud y según su valor nos permiten tomar la decisión de visitar o no al médico.

La capacidad de identificar de manera adecuada los indicadores del entorno es fundamental para tomar mejores decisiones; una elección incorrecta de la información o una pobre comprensión de lo que significa el indicador puede llevarnos a interpretaciones y acciones equivocadas. Por ello, es importante enfatizar que un indicador es una herramienta y no un fin mismo. Los indicadores se emplean en todos los ámbitos del quehacer humano; aunque éstos varían en su grado de complejidad y relación con el fenómeno al que se refieren; desde sencillos, como el color de una fruta que sirve para evaluar su grado de madurez, hasta más sofisticados, como la concentración de agentes inmunológicos para detectar cáncer.

En el campo ambiental se han desarrollado indicadores para entender, describir y analizar distintos fenómenos como el clima, la pérdida de suelos y el riesgo de especies, entre muchos otros. Si bien el uso de indicadores ambientales se ha extendido, no existe una definición única del concepto y éste varía de acuerdo a la institución y a los objetivos específicos que se persiguen. Una de las definiciones más conocida y aceptada proviene de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que desde hace varios años utiliza un conjunto de indicadores como información base para realizar evaluaciones periódicas del desempeño ambiental de los diferentes países que integran esta organización. Según la OCDE, un indicador ambiental es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo.

Para el Florida Center for Public Management, institución que desarrolló un sistema de indicadores con el fin de asesorar a las dependencias ambientales de la Unión Americana, un indicador ambiental es un elemento que describe, analiza y presenta información científicamente sustentada sobre las condiciones y tendencias ambientales y su significado (Florida Center for Public Management, 1998). Por su parte, el Ministerio del Ambiente de Canadá lo define como una estadística o parámetro que, monitoreado a través del tiempo, proporciona información de la tendencia o las condiciones de un fenómeno más allá de la que se asocia a la estadística en sí misma. En particular, precisa que los indicadores ambientales son estadísticas clave seleccionadas que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sustentabilidad de los recursos naturales y su relación con las actividades humanas (Environment Canada, 1995).

Cabe señalar que frecuentemente se utilizan las palabras “parámetro” e “índice” como sinónimos de indicador, sin embargo no tienen el mismo significado. Un parámetro se define como cualquier propiedad que es medida u observada, mientras que un índice designa a un conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores (OCDE, 2001); páginas más adelante se amplía la información sobre los índices.

### ***1.1. Funciones y características de los indicadores ambientales***

La importancia de los indicadores reside en el uso que se les puede dar. Idealmente, deben informar a los tomadores de decisiones o usuarios, ayudarlos a esclarecer un tema y descubrir las relaciones entre sus componentes, todo lo cual conduce a decisiones mejor sustentadas. También son una excelente herramienta de información al público porque, acompañados por una buena estrategia de comunicación, ilustran conceptos e información científica, contribuyendo al entendimiento de los temas y a que la sociedad tome un papel más activo en la solución de los problemas ambientales.

Según la OCDE (1998) las dos funciones principales de los indicadores ambientales son:

1. Reducir el número de medidas y parámetros que normalmente se requieren para ofrecer una presentación lo más cercana posible a la realidad de una situación.
2. Simplificar los procesos de comunicación.

Estas funciones básicas convierten a los indicadores en el instrumento mediante el cual se proporciona información concisa y sustentada científicamente a diversos usuarios, tomadores de decisiones y al público en general de manera que pueda ser entendida y usada fácilmente.

Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local para diversos fines, entre los que destacan: servir como herramientas para informar sobre el estado del medio ambiente, evaluar el desempeño de políticas ambientales y comunicar los progresos en la búsqueda del desarrollo sustentable. No obstante, para que los indicadores cumplan cabalmente con estas funciones es necesario que tengan ciertas características. A continuación se presenta una lista de las más importantes (OCDE, 1998):

1. Ofrecer una visión de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas de la sociedad o gobierno.
2. Ser sencillos, fáciles de interpretar y capaces de mostrar las tendencias a través del tiempo.
3. Responder a cambios en el ambiente y las actividades humanas relacionadas.
4. Proporcionar una base para las comparaciones internacionales (cuando sea necesario).
5. Ser aplicables a escala nacional o regional, según sea el caso.
6. De preferencia tener un valor con el cual puedan ser comparados.
7. Estar teórica y científicamente bien fundamentados.
8. Estar basados en consensos internacionales.
9. Ser capaces de relacionarse con modelos económicos y/o de desarrollo, así como con sistemas de información.
10. Estar disponibles con una razonable relación costo/beneficio.
11. Estar bien documentados y gozar de calidad reconocida.
12. Ser actualizados a intervalos regulares con procedimientos confiables.

En la mayoría de los casos, los indicadores comúnmente propuestos no cumplen todas estas características. En este sentido, es importante considerar que, en la medida en que los indicadores cuenten con menos características de las señaladas, su confiabilidad también será menor y, por consiguiente, la interpretación que de ellos resulte deberá tomarse con las reservas necesarias.

Como resultado de la experiencia de las distintas etapas en el desarrollo de indicadores, se reconocen las tres primeras características como criterios básicos. El primero se refiere a que deben proporcionar la suficiente información de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas, para entender claramente el fenómeno que se está tratando, de tal manera que las decisiones que se tomen estén sustentadas. El valor de los indicadores descansa precisamente en la premisa de que un mayor entendimiento de un fenómeno o proceso conduce a mejores decisiones. Cabe recordar que una de las justificaciones para el uso de indicadores señala que es imposible medir todo, por lo que resulta fundamental contar con la información más relevante.

El segundo criterio está relacionado con el aspecto de la sencillez, lo cual no implica que el indicador sea “simplista”. Detrás de la selección y definición de cada indicador debe existir un análisis profundo y con frecuencia complejo. No obstante, cuando se presente ante el público (tomador de decisiones o sociedad), debe cumplir su misión principal de comunicar su mensaje de forma clara y objetiva. Esto representa un reto, ya que siempre existe la disyuntiva entre incorporar los detalles técnicos y la formalidad y rigor de los análisis o bien omitirlos para facilitar su interpretación (Adriaanse, 1993).

El tercer criterio, referente a responder a cambios en el ambiente y las actividades humanas, ha sido particularmente útil en la identificación de los indicadores. Con frecuencia, al analizar un fenómeno ambiental se presenta un cierto número de variables importantes para comprender la magnitud o distribución del mismo. Sin embargo, cuando se obtiene una respuesta negativa a la pregunta “¿este indicador responde a un posible cambio en las políticas?”, entonces se está presentando información de contexto o complementaria que, si bien puede ser muy importante para entender el fenómeno, no constituye un indicador. Un ejemplo es la precipitación pluvial en el análisis de disponibilidad del agua en una región. La cantidad de lluvia que cae en una zona es fundamental para entender la dinámica del fenómeno, así como en el establecimiento de políticas y acciones, pero no responde a la política de gestión del líquido. En este sentido, es recomendable que, junto con los indicadores, se proporcione información de contexto o adicional que contribuya a un entendimiento más claro de lo que se intenta describir con el indicador.

La importancia de realizar comparaciones internacionales fue puesta de relieve por la OCDE. En este aspecto es fundamental que los métodos de obtención e integración de los datos cumplan procedimientos reconocidos, documentados y, de preferencia, estandarizados, de tal manera que la comparación de indicadores (ya sea con otro país, entidad o región) sea posible y confiable. También es importante considerar la escala en la confiabilidad o pertinencia de los indicadores. Por ejemplo, para México se cuenta con información sobre pérdida de suelo a escala 1:1'000'000, que resulta útil para conocer la situación nacional. Sin embargo, en la mayoría de los casos su resolución no es adecuada para utilizarse a nivel municipal –si bien numéricamente es factible hacer los cálculos–. En este sentido, lo más recomendable es que los indicadores se diseñen considerando la escala a la que se pretende aplicar (regional, estatal, nacional, internacional, etc.); de hecho, a menudo ocurre que incluso en un mismo tema se requieran indicadores particulares para cada nivel.

Es muy importante contar con un valor con el cual pueda ser comparado el indicador, sobre todo para quienes miden el avance de políticas y programas concretos, ya que permite evaluar con mayor claridad los desempeños. Por ejemplo, el hecho de tener valores umbrales de contaminantes como referencia, posibilita saber qué tan cerca o lejos se está de lograr una condición aceptable. Desafortunadamente, no existen valores de referencia aceptados para muchos de ellos (World Bank,

1997). Ejemplos de indicadores comúnmente utilizados que carecen de un umbral definido y aceptado son: la generación de residuos municipales, el cambio de uso de suelo, las especies amenazadas y la intensidad de uso del agua.

De los criterios restantes, se reconocen como fundamentales el que un indicador debe estar teórica y científicamente bien fundamentado, que exista información disponible y que sea actualizado de manera periódica. Los demás criterios sólo se consideran deseables.

Otras instancias y organizaciones han propuesto también criterios para evaluar los indicadores. Por ejemplo, la Academia Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos propone algunos criterios que pueden ser usados para evaluar la importancia potencial de un indicador, sus características, aplicabilidad y limitaciones. Sugiere que estos aspectos se expresen en forma de preguntas durante el proceso de selección y formulación de indicadores (National Academy of Science, 2003). En cierta medida, tales criterios complementan la lista anterior:

- i) *Importancia general*: ¿El tema es relevante? ¿El indicador provee información acerca de cambios o procesos de relevancia?
- ii) *Base conceptual*: ¿Se basa en un modelo conceptual aceptado, bien entendido y con buen sustento científico?
- iii) *Confiabilidad*: ¿Ha probado su utilidad en otros sistemas de indicadores?
- iv) *Escalas espacial y temporal*: ¿Tiene la suficiente resolución espacial o temporal para evaluar cambios o situaciones?
- v) *Propiedades estadísticas*: ¿Es suficientemente robusto como para distinguir entre variabilidad natural o la atribuible a la medición del comportamiento real del fenómeno en estudio?
- vi) *Requerimiento de información*: ¿Los datos que se requieren para documentar el indicador se pueden obtener y ser confiables?
- vii) *Calidad de los datos*: ¿Existe información clara de cómo fue obtenida la información (por ejemplo, método de cálculo, instrumento utilizado, etc.)?

## **1.2. Índices y conjuntos de indicadores**

Cuando se utiliza un parámetro o indicador para describir la situación de un tema, frecuentemente ocurre que no refleja bien la condición del sistema o lo simplifica, de tal suerte que resulta inútil para la toma de decisiones. Por ello, a menudo se recurre a la elaboración de índices y “conjuntos de indicadores”.

En temas complejos, como el ambiental, la elaboración y utilización de índices es muy atractiva porque permiten una visión general de la situación del ambiente.

Algunos de los índices más conocidos que tratan de evaluar la sustentabilidad ambiental son el Índice del Planeta Viviente (Living Planet Index), la Huella Ecológica (Ecological Footprint) y el Índice de Sustentabilidad Ambiental (Environmental Sustainability Index) (Recuadro *Índices de sustentabilidad ambiental*.)

## Índices para evaluar la sustentabilidad ambiental

El Índice del Planeta Viviente (IPV) pretende evaluar el estado de la biodiversidad mundial a partir de la medición de las tendencias en las poblaciones de diferentes especies de vertebrados que habitan ambientes terrestres, marinos y dulceacuícolas. A la fecha, el IPV incorpora información de aproximadamente 3 mil poblaciones de más de 1 100 especies. El IPV es un promedio de los cambios en la abundancia de 555 especies terrestres, 323 dulceacuícolas y 267 marinas. Incluye la información del estado de diferentes poblaciones de animales desde 1970 a la fecha. La reducción de las poblaciones (con respecto al año de referencia) se considera como una señal de deterioro del ambiente natural. La actualización de este índice está a cargo de la WWF y la UNEP.

La Huella Ecológica (HE) mide el consumo de los recursos naturales y lo compara con la capacidad natural de renovación de estos recursos. La huella ecológica de un país es la cantidad de área requerida para producir los alimentos e insumos necesarios, así como para absorber los desechos de su consumo de energía. Esta propuesta fue hecha por Wackernagel y colaboradores a mediados de los noventa y se ha utilizado como una forma de evaluar la sustentabilidad ambiental de un país. Tanto el Índice del Planeta Viviente como la Huella Ecológica forman parte del Reporte del Planeta Viviente, que se publica periódicamente.

El Índice de Sustentabilidad Ambiental (ESI, por sus siglas en inglés), elaborado por las universidades de Yale y Columbia, integra la información de 76 variables clasificadas en 21 indicadores de sustentabilidad ambiental (por ejemplo, calidad del agua, calidad del aire, biodiversidad, estrés ambiental, vulnerabilidad a desastres y manejo de recursos naturales). Dichos indicadores están agrupados en cinco componentes que, según los autores, son importantes para la sustentabilidad ambiental:

- Sistema ambiental.
- Reducción del estrés ambiental.
- Reducción de la vulnerabilidad humana al estrés ambiental.
- Capacidad institucional y social para responder a los cambios ambientales.
- Administración global.

El ESI busca evaluar, a través de la integración de las condiciones actuales, la capacidad relativa de los diferentes países para mantener condiciones ambientales favorables en el futuro. Las variables que se utilizaron para la construcción del índice fueron seleccionadas tratando de seguir el esquema de presión-estado-respuesta, a partir de una extensa revisión de la literatura ambiental y consulta a expertos, siempre en el contexto de la disponibilidad de la información. Se trata de un índice relativo donde la posición de un país depende de sus condiciones y su relación con la de los otros países y no con respecto a una meta o estándar establecido.

El gran reto de los índices es convencer de que sus evaluaciones en verdad reflejan la situación real (en este caso, la sustentabilidad ambiental). Las críticas más frecuentes se concentran en tres aspectos: i) los criterios y razones para seleccionar los temas y las variables que se incluyen en el índice, ii) la forma de integrar estas variables (esto es, los algoritmos utilizados) y iii) para el caso de los índices que pretenden incorporar muchos temas o hacer comparaciones entre países (como el ESI), la heterogeneidad y problemas con la calidad de la información. Aunque puede resultar paradójico, en el sentido de que los índices están orientados a simplificar sistemas complejos, para una correcta interpretación de los índices es necesario conocer tanto la forma y criterios utilizados en su elaboración como sus limitaciones.

La OCDE ha clasificado el desarrollo actual de índices en cuatro grupos: i) los *índices basados en ciencias naturales*, como el índice de toxicidad, DBO o el de calentamiento global); ii) los *índices para la evaluación de políticas*, que en general están ligados a aspectos normativos o metas políticas; iii) los *índices basados en un marco de cuentas nacionales*, que incluyen las “cuentas verdes”, el índice de “genuine savings” del Banco Mundial –donde la agregación se alcanza asignando valores monetarios a variables que generalmente no tienen precio–, la “Huella Ecológica” (WWF, 2000) y “Requerimiento Total de Materiales” (WRI *et al.*, 1997)”, y iv) los *índices sinópticos*, que mediante un conjunto muy reducido de valores pretenden ofrecer una visión sintética de un aspecto complejo, como los índices de presión de Eurostat, el Índice de Desarrollo Humano y los índices de Sustentabilidad Ambiental (OCDE, 2001).

Otra alternativa para la elaboración de índices es constituir grupos de indicadores que, al revisarse de manera conjunta, pueden dar una mejor y más clara evaluación del sistema. Sin embargo, con frecuencia se comete el error de sacar conclusiones a partir de los resultados de un solo indicador. Por ejemplo, el hecho de observar una reducción en la generación de basura por habitante no implica necesariamente que se esté avanzando en el cuidado del ambiente, ya que podría ser resultado de una menor capacidad de compra derivada de una baja en los ingresos o, incluso, un mayor desempleo. Otro ejemplo muy ilustrativo es el volumen de pesca como indicador de la salud de las poblaciones de peces de interés. Bajo el argumento “si las poblaciones están bien se pescan más ejemplares”, se puede llegar a conclusiones erróneas, ya que existe la posibilidad de que el incremento en el volumen de pesca se deba más bien a una mejora en la técnica de captura; la interpretación equivocada podría sugerir que es posible incrementar la pesca, lo que traería consigo seguramente una sobreexplotación del recurso.

Los conjuntos de indicadores sobre un sistema particular están determinados por dos requerimientos distintos:

- Proveer información clave para dar una imagen clara y completa acerca del estado actual del sistema o fenómeno.
- Proporcionar suficiente información para tomar decisiones que permitan dirigir al sistema hacia los objetivos seleccionados y determinar el nivel de éxito de las acciones puestas en práctica.

En otras palabras, están determinados tanto por el sistema mismo como por los intereses, necesidades y objetivos que se persiguen. Esto implica que se requiere: i) un conocimiento lo más amplio posible de los conceptos y dinámicas de los fenómenos ambientales, y ii) claridad en los objetivos, intereses y necesidades que se pretende alcanzar y monitorear con la ayuda de los indicadores (Bossel Hartmut, 1996).

Si bien ambos aspectos son esenciales en el desarrollo de un sistema de indicadores, se ha observado con frecuencia que en la práctica el segundo es obviado o minimizado, lo que conlleva a un sistema anárquico, desordenado, incapaz de dar respuesta a una necesidad específica. En otras palabras, la selección y definición de indicadores que se debe incluir en un *conjunto de indicadores* dependerá de los objetivos que se persigan. En este sentido, los indicadores para evaluar las políticas ambientales de un país pueden ser sustancialmente diferentes de aquellos necesarios para evaluar la política de saneamiento de una cuenca o la efectividad de un instrumento de gestión ambiental, ya que en ellos no sólo varía la escala y agregación de los datos sino que, además, variables significativas en un caso pueden carecer de sentido en otro. La utilidad de un indicador depende del contexto particular; por ejemplo, la tasa de pérdida de suelo puede ser muy importante para evaluar la estabilidad ambiental en terrenos montañosos, pero puede no serlo, por ejemplo, en la tundra o suelos permanentemente cubiertos por hielo.

En el caso de los indicadores ambientales, además de contar con el conocimiento del fenómeno, los objetivos, intereses y necesidades, es necesario comprender ampliamente las necesidades políticas; la clave de un buen conjunto de indicadores es encontrar una opción práctica para definir políticas, instrumentar programas, decretar normas, asignar presupuestos, etc. (World Bank, 1997). En este contexto, el primer paso para definir conjuntos de indicadores es establecer las prioridades con base en las políticas ambientales de la institución.

La utilidad de los indicadores es incuestionable; sin embargo, esto no significa que sean perfectos. En el mejor de los casos, reflejan sólo una parte de la realidad; lo que obtenemos de ellos es una abstracción de los sistemas y de lo que conocemos sobre los mismos. No obstante tales reservas, se debe reconocer que los indicadores son, posiblemente, la mejor herramienta disponible para tomar decisiones.

Una de las maneras para avanzar en el perfeccionamiento de los índices y sistemas de indicadores es identificando algunas de sus fallas comunes:

- Existe el riesgo de simplificar demasiado los temas y, con ello, malinterpretar el fenómeno. Por ejemplo, es frecuente utilizar el número de especies como un indicador de la salud de los ecosistemas, bajo la lógica de que un ecosistema perturbado perderá especies, pero a menudo sucede que sistemas recientemente perturbados o con perturbaciones no muy intensas incrementan su número de especies por la invasión de especies exóticas.
- La agregación en índices puede provocar resultados tan abstractos que dificulten su comprensión. En este caso, la regla es que no necesariamente un conjunto mayor de elementos resultará en un mejor indicador.
- Un problema común en el proceso de identificación de indicadores es que su conjunto refleje la experiencia particular de quienes los elaboran en lugar de las necesidades de la sociedad. Por ello, es altamente recomendable que estos procesos sean participativos y que incorporen ideas e intereses tanto de los sectores académicos y gubernamentales como de la sociedad civil.
- Con el surgimiento de nuevos problemas ambientales o ante el cambio del ambiente, es importante que los indicadores sean flexibles y puedan ser revisados periódicamente. En caso necesario, deben ser modificados, transformados o sustituidos para reflejar mejor las condiciones y tendencias del tema, y así mantener su utilidad. Un buen ejemplo de esta necesidad lo encontramos en materia de salud pública. Hace 100 años, la mortalidad

asociada a la viruela quizá fue un buen indicador; en la actualidad no lo es. De la misma manera, si en esos años se hubieran utilizado los decesos por VIH o los desórdenes asociados a la obesidad como indicadores de salud seguramente habrían tenido muy poca utilidad, mientras que ahora tienen una gran relevancia.

Desafortunadamente, hoy en día la tendencia a contar con sistemas de indicadores es cada vez más común, pese a no tener completamente claros los objetivos que se persiguen con los mismos, por lo que aumenta también el riesgo de que estos esfuerzos sean poco aprovechados. Es importante remarcar que, para que un sistema de indicadores realmente cumpla su función, debe existir asociado un sistema de información que asegure contar con datos para las actualizaciones y un equipo que continuamente revise, actualice o modifique los indicadores para mantener su utilidad. En el caso del Sistema Nacional de Indicadores Ambientales desarrollado por la Semarnat, éste se encuentra asociado al Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) y a los productos de integración como los Informes de la Situación del Medio Ambiente.

## 2. Marcos conceptuales de indicadores ambientales

El tema de indicadores ambientales ha sido abordado por diversas instituciones, con diferentes conceptos, objetivos y alcances, lo que ha ocasionado cierta confusión, sobre todo en los nuevos desarrolladores. La intención de este documento no es abrir una discusión profunda y detallada acerca de los planteamientos teóricos y prácticos referentes a los indicadores, más bien pretende mostrar en esta sección las herramientas básicas a considerar para desarrollar un sistema homogéneo, armonioso y útil. Los lectores interesados pueden encontrar al final de este libro una lista de referencias con más información sobre este tema.

Debido a que la información utilizada para construir indicadores ambientales es amplia y diversa, se requiere un marco conceptual que permita estructurar la información y facilitar su acceso e interpretación. Existen varios modelos para organizar los conjuntos de indicadores. Uno de los más conocidos –y quizá el más utilizado en nuestro país– es el denominado Presión-Estado-Respuesta (PER), propuesto por Environment Canada y la OCDE (OCDE, 1993). Otro modelo es el de Fuerza Directriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR, por sus siglas en inglés) y algunos más que se caracterizan por su orientación temática. A continuación presentamos una breve descripción de algunos de ellos, con énfasis en el esquema PER, dado que es el utilizado en esta nueva edición de *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México*.

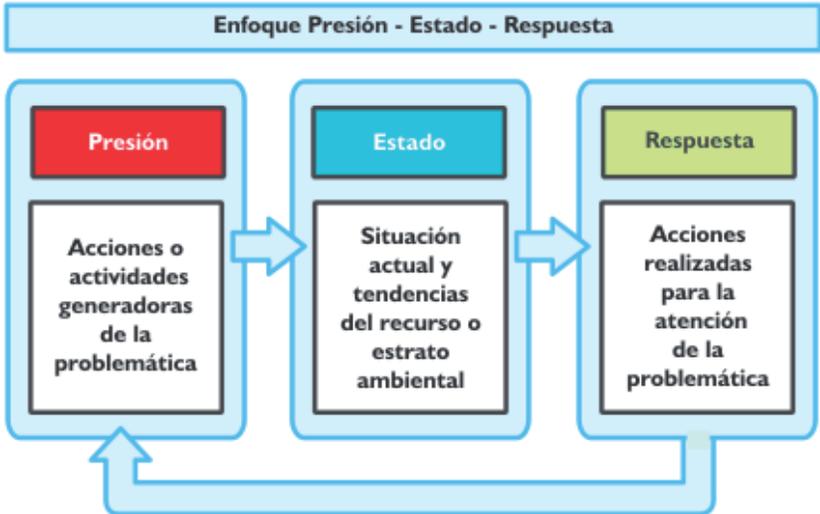
### 2.1. Esquema Presión-Estado-Respuesta (PER)

El esquema PER está basado en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen *presiones* sobre el ambiente y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (*estado*); asimismo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (*respuestas*) (OCDE, 1993). Este modelo parte de cuestionamientos simples:

- ¿Qué está afectando al ambiente?
- ¿Qué está pasando con el estado del ambiente?
- ¿Qué estamos haciendo acerca de estos temas?

Es importante señalar que, si bien resulta un esquema lógico en términos de la relación entre presiones, estado y acciones, sugiere una relación lineal de la interacción actividad humana-ambiente que no suele ser cierta y tiende a ocultar lo complejo que realmente son estas interacciones.

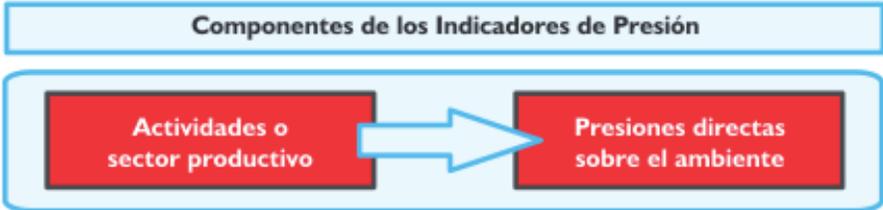
En este esquema de organización los indicadores se clasifican en tres grupos: presión, estado y respuesta.



**2.1.1 Indicadores de presión**

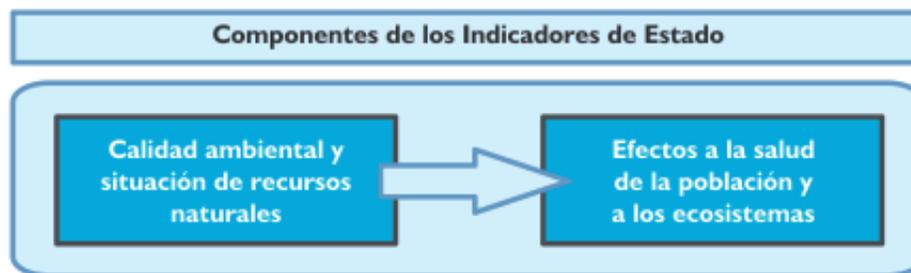
Describen las presiones que ejercen las diferentes actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales. Un ejemplo de indicador de presión sobre la calidad del aire son las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Los indicadores de presión se clasifican a su vez en dos grupos: el primero considera las presiones directas sobre el ambiente, frecuentemente ocasionadas por las actividades humanas, tales como volúmenes de residuos generados y emisiones contaminantes. El segundo toma en cuenta las actividades humanas en sí mismas, es decir, las condiciones de aquellas actividades productivas o de otro tipo que generan la problemática; por ejemplo, la evolución y características de la planta vehicular. Estos últimos son denominados indicadores de presión indirecta y ofrecen elementos para pronosticar la evolución de la problemática, así como también ayudan a definir las acciones y políticas en materia ambiental que deben aplicar los sectores causantes para revertir el problema.



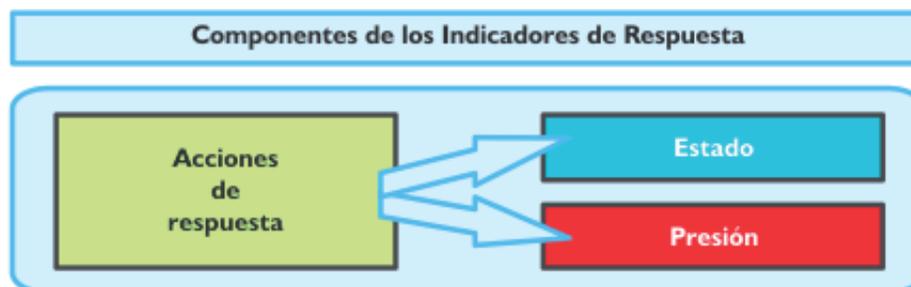
## 2.1.2. Indicadores de estado

Se refieren a la calidad del ambiente y la cantidad y estado de los recursos naturales. Por ejemplo, la calidad del aire o agua, evaluada por las concentraciones de contaminantes, y la cantidad de recursos naturales (por ejemplo, la superficie cubierta por bosques). Los indicadores de estado deben estar diseñados para dar información sobre la situación del ambiente y sus cambios a través del tiempo. En este tipo de indicadores se consideran también los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas causados por el deterioro del ambiente. Cabe mencionar que generalmente estos indicadores constituyen los objetos de políticas de protección ambiental.



## 2.1.3. Indicadores de respuesta

Presentan los esfuerzos que realiza la sociedad, instituciones o gobiernos, orientados a la reducción o mitigación de la degradación del ambiente. En general, las acciones de respuesta están dirigidas hacia dos objetivos: i) los agentes de presión y ii) las variables de estado. Si utilizamos como ejemplo el problema del deterioro de las poblaciones de tortugas marinas, los indicadores de respuesta podrían incluir tanto resultados del avance en el establecimiento de dispositivos excluidores de tortugas en la flota camaronera (respuesta a la presión), como resultados de programas para la cría y liberación de tortugas (respuesta al deterioro del recurso).



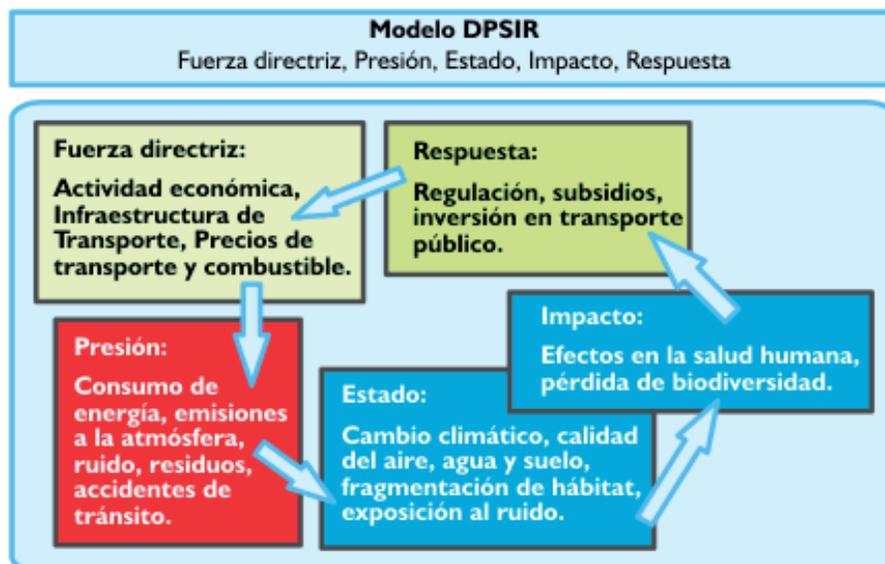
Es frecuente que algunos indicadores de respuesta también se consideren como de estado. Por ejemplo, la superficie cubierta por áreas naturales protegidas da una idea del esfuerzo que se hace para conservar el ambiente pero, al mismo tiempo, su magnitud puede estar relacionada con el grado de conservación que tiene la biodiversidad.

Los indicadores de respuesta son más diversos y específicos que los anteriores, ya que describen situaciones muy particulares. Por esta razón, a diferencia de los indicadores de estado, no existe mucha experiencia para evaluar su confiabilidad empírica. Es frecuente también que los indicadores de respuesta no tengan una naturaleza cuantitativa, por lo menos en su principio. Por ejemplo, ante el problema del enrarecimiento de la capa de ozono estratosférico, una respuesta es simplemente la firma o no de un compromiso –como el Protocolo de Montreal– para reducir la producción y emisión de sustancias agotadoras de ozono.



## 2.2. Esquema Fuerza Directriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta

Este modelo, también conocido como DPSIR (Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Response), es una derivación del Presión-Estado-Respuesta. Los indicadores correspondientes a la fuerza directriz se refieren a las actividades humanas que generan las presiones (en otros modelos, presiones indirectas), los indicadores de estado se restringen a la situación del recurso ambiental y los de impacto muestran los efectos en la salud humana o los ecosistemas. La interacción entre sus elementos se muestra en el siguiente esquema que utiliza como ejemplo al transporte.

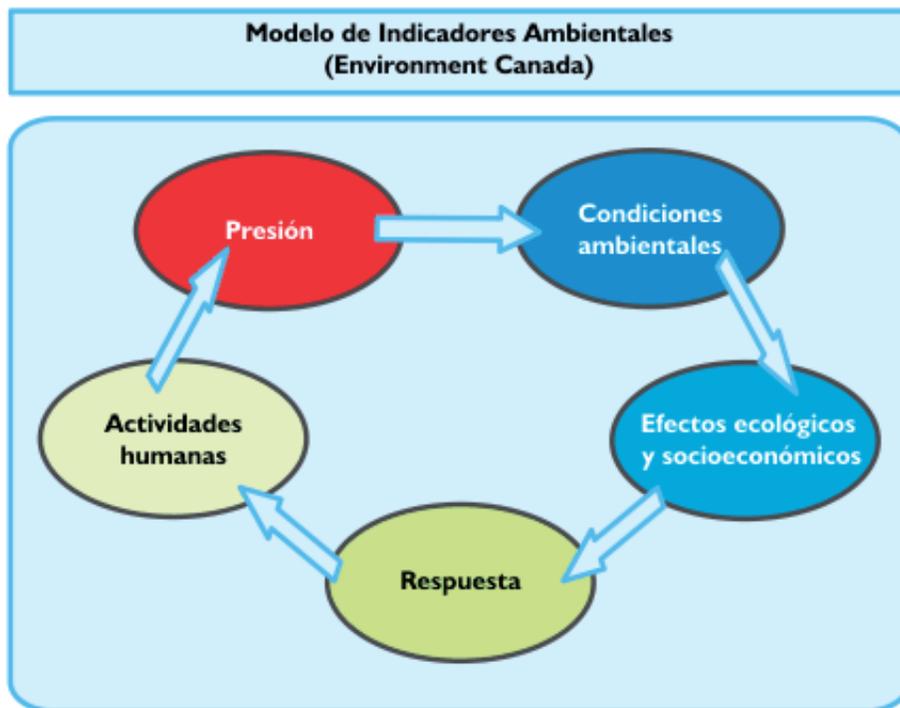


**Fuente:** Center for Sustainable Transportation, IBI Group and Metropole Consultants. Sustainable Transportation Performance Indicators Project. USA. 2002.

Este esquema supone también una relación causal entre los diferentes componentes de los sistemas sociales, económicos y ambientales. Otro ejemplo, relacionado con el tema de la calidad del agua utilizando indicadores agrupados bajo el modelo DPSIR, es el siguiente:

- Fuerza directriz: producción industrial.
- Presión: volumen de aguas de desecho vertidas a un cuerpo de agua.
- Estado: calidad del agua en el río, lago o cuerpo de agua involucrado.
- Impacto: agua inutilizada para beber (impacto en la economía), población con problemas gastrointestinales (impacto en la salud), pérdida de especies (impacto en el ecosistema).
- Respuesta: plantas de tratamiento de aguas residuales y protección de cuerpos de agua.

El Ministerio del Ambiente de Canadá (Environment Canada) utiliza un modelo muy parecido al DPSIR, sólo que considera a las actividades humanas como presión indirecta, las condiciones ambientales como estado y los efectos (por ejemplo a la salud humana y de la vida silvestre, edificios, etc.) como impacto.



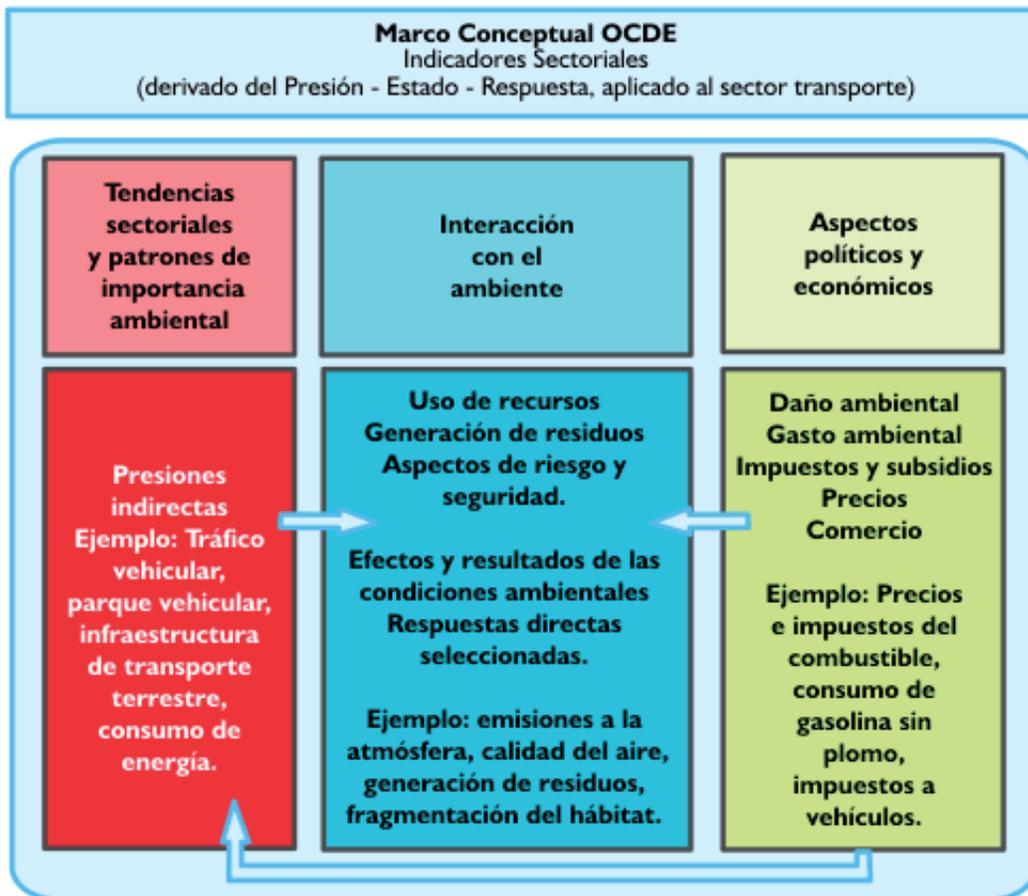
**Fuente:** Environment Canada. National Environmental Indicator Series. 1997.

Si bien estos dos últimos esquemas muestran los fenómenos ambientales y sus relaciones de una forma más desagregada en comparación con el PER, frecuentemente pierden en sencillez y en su capacidad de comunicar. En términos generales, cuando el sistema de indicadores tiene como objetivo un conocimiento profundo de los temas y existe suficiente información, es factible utilizar el esquema DPSIR o el del Ministerio del Ambiente de Canadá, con el inconveniente de que en muchas ocasiones resulta difícil establecer las relaciones de causalidad tanto sobre aspectos de salud humana como de los ecosistemas.

### 2.3. Esquema de indicadores sectoriales

A diferencia de los esquemas anteriores que tratan de encontrar una relación lógica entre las causas, consecuencias y respuestas, existen otros que buscan integrar los indicadores de una forma tal que permitan hacer más clara la relación entre ambiente y actividades económicas. Por ejemplo, la OCDE desarrolló un marco conceptual alternativo, derivado del PER, orientado a mejorar la integración de aspectos ambientales en las políticas sectoriales. Estos indicadores pueden no ser estrictamente ambientales, pero al plantear una relación entre la economía y el ambiente se colocan en este contexto. Los indicadores sectoriales han sido organizados en un marco conceptual que distingue tres tipos (OCDE, 1998):

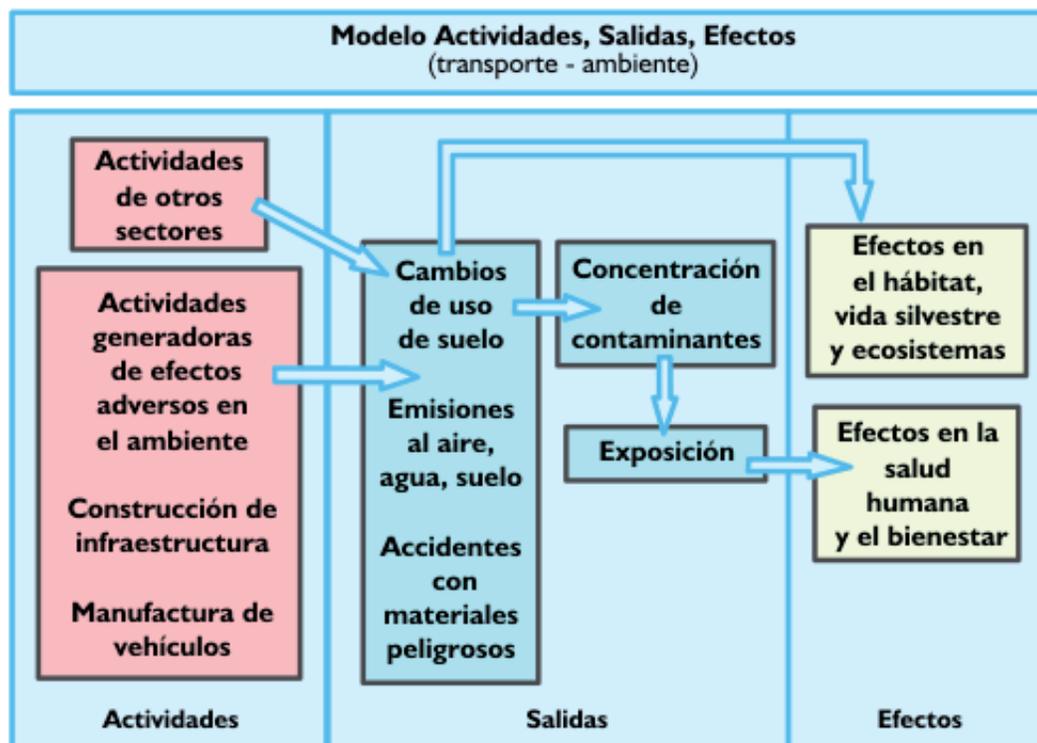
- Indicadores que muestran las tendencias y patrones del sector productivo que son relevantes para el ambiente (indicadores de presión indirecta o driving forces en otros esquemas).
- Indicadores que denotan la relación entre un sector productivo dado y el ambiente, incluyendo aspectos positivos y negativos de la actividad sectorial en el ambiente, así como efectos de los cambios ambientales en la actividad sectorial.
- Indicadores que reflejan aspectos políticos y económicos y su relación con el ambiente.



Fuente: OECD. Environmental Indicators, Towards Sustainable Development. Paris, 1998

Otro modelo, utilizado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) como base para el informe de Indicadores de Impacto Ambiental del Sector Transporte y que enfatiza la relación entre las actividades productivas y sus efectos en el ambiente, es el Modelo Efectos-Salidas-Actividades (EPA, 1999).

- Indicadores de efecto (*outcomes*). Son una medida de resultados; proporcionan información cuantitativa de la salud ambiental y de los efectos sobre el bienestar como resultado de la actividad productiva. El inconveniente de estos indicadores es la dificultad para cuantificar dichos efectos, ya que es muy complejo separar los efectos de un sector (en este caso transporte) de los de otras actividades.
- Indicadores de salidas (*outputs*). Proporcionan información de la cantidad de emisiones o descargas regulares o accidentales que se asocian con un daño ambiental o con la cantidad de recursos consumidos.
- Indicadores de actividad (*activities*). Ofrecen información de la magnitud de las actividades que están identificadas como generadoras de efectos ambientales adversos.



Fuente: EPA. Indicators of the Environmental Impacts of Transportation. 2ª. ed.. Washington D.C. 1999

A partir de los años noventa, cuando surgió la mayor parte de las propuestas metodológicas de indicadores ambientales, se ha desarrollado una gran cantidad de esfuerzos a niveles internacional, nacional, regional, local y sectorial orientados a la aplicación de dichas metodologías y su adaptación en sus ámbitos respectivos. En particular, los trabajos de la OCDE y de la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (CDS) han influido significativamente en casi todos los países, aunque en líneas diferentes; mientras la iniciativa de la OCDE se orientó al desarrollo de indicadores para temas ambientales y sectoriales, la CDS se concentró en el desarrollo sustentable (que incluye aspectos sociales, económicos, ambientales e institucionales). Algunos autores (CEPAL, 2001) denominan a los primeros como indicadores de primera generación y a los indicadores para evaluar el desarrollo sustentable como de segunda generación.

Los indicadores ambientales o de primera generación (por tratar temas o fenómenos específicos como calidad de aire, agricultura y ambiente) se desarrollan en un marco de causalidad, lo que resulta en una visión integral pero acotada de un fenómeno específico. Por su parte, los indicadores de segunda generación se seleccionan mediante la identificación de variables clave en las cuatro dimensiones enmarcadas en el desarrollo sustentable. Dada la gran cantidad de variables y de actores presentes en este enfoque, es muy difícil establecer cadenas de causalidad, así que más bien funcionan como termómetros de cada uno de los aspectos básicos del desarrollo sustentable. Sin embargo, recientemente han surgido algunos esfuerzos por enmarcar estos indicadores –si bien de manera general– en un esquema de causalidad (IFEU, 2003).

Otra forma de clasificar los conjuntos de indicadores es la sugerida por Bakkes y otros autores (1994), quienes proponen tres formas diferentes pero complementarias: i) por uso: indicadores de alerta temprana, política general o desarrollo científico; ii) por objeto: de acuerdo al objeto que describe, como la clasificación por temas ambientales: aire, agua o sectores productivos, y iii) por la posición en la cadena de causalidad, como el utilizado por la OCDE.

Otra propuesta de clasificación se encuentra en el documento *Expanding the Measure of Wealth, Indicators of Environmentally Sustainable Development* (World Bank, 1997), que clasifica las iniciativas de indicadores de acuerdo al grado en el cual condensan la información y que reflejan el grado de avance en la integración y maduración de los conjuntos de indicadores. Las categorías de esfuerzos de concentración son:

- Atomizados o individuales.
- Indicadores temáticos.
- Indicadores sistémicos.

A continuación presentamos una breve descripción de cada uno de ellos.

### **2.3.1. Indicadores atomizados o individuales**

Estos conjuntos representan el menor nivel de agregación y se caracterizan por una larga lista o menú de indicadores que pueden exceder fácilmente la centena de ellos. La filosofía detrás de estos conjuntos es identificar variables clave de diversos temas de interés, cuyo monitoreo permita ver el grado de avance en el cumplimiento de algunos objetivos, sin considerar aspectos de causalidad. Los conjuntos de indicadores suelen ser muy amplios dado que estas iniciativas han nacido en un contexto multinacional y sirven para países con características distintas.

La identificación de los indicadores incluidos en estos conjuntos se realiza por lo general mediante la reunión de expertos regionales e instituciones internacionales, quienes proponen indicadores en su área de especialidad. Estas recomendaciones son integradas por un grupo de trabajo que genera una propuesta, la cual se va afinando conforme se aplica en distintas regiones. El ejemplo típico es la iniciativa de la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (CDS), iniciada en 1995, que ofrece un marco conceptual y una multitud de indicadores (UNCDS, 1996).

En el caso de América Latina existen dos esfuerzos interesantes. Uno coordinado por la CEPAL y otro surgido en el marco de la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sustentable (ILAC).

La CEPAL está desarrollando el proyecto Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe (ESALC), que apoya la definición de políticas públicas a través de una evaluación de los vínculos causales entre los subsistemas ecológico, económico, social e institucional a partir del uso de indicadores en forma combinada. La elección de los indicadores de este sistema recoge experiencias internacionales, en particular la de la CDS de las Naciones Unidas, y de cada uno de los países de la región. Contiene indicadores de condiciones e interrelaciones de los subsistemas ecológicos (económico, ambiental, social e institucional) establecidos en el marco metodológico, así como indicadores que evalúan la intensidad o eficiencias de las dinámicas económicas y demográficas inherentes al sistema socio-ecológico.

En el caso de la ILAC, la propuesta preliminar fue integrada en la Reunión de Expertos en Estadísticas e Indicadores Ambientales del grupo del Foro de Ministros del Ambiente de Latinoamérica y el Caribe, celebrada en Costa Rica en 2003. El proceso de selección de los indicadores hizo especial referencia a las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. El ILAC se constituyó en una respuesta política y ética a la necesidad de otorgar sentido práctico a procesos hacia la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. Uno de los objetivos del ILAC es desarrollar y aplicar un proceso de evaluación para dar seguimiento a los avances en el cumplimiento de los objetivos del desarrollo, especialmente a los resultados del Plan de Acción de Johannesburgo, a través de la adopción de indicadores nacionales y regionales de sostenibilidad acordes con las características sociales, económicas y políticas de la región (PNUMA, Banco Mundial, 2004). En esta iniciativa los temas y metas seleccionados se refieren a: diversidad biológica, gestión de los recursos hídricos, vulnerabilidad y ciudades sostenibles, temas sociales (salud, inequidad y pobreza), aspectos económicos (competitividad, comercio y patrones de producción y consumo) y aspectos institucionales.

### **2.3.2. Indicadores temáticos**

En indicadores ambientales, muchos países tienden a un enfoque intermedio en materia de agregación, lo que significa que desarrollan un conjunto de indicadores generalmente pequeño para cada uno de los principales temas de política ambiental.

Una de las instituciones que ha usado este enfoque es la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USDI por sus siglas en inglés), que ha compilado un conjunto de indicadores para cada uno de sus programas orientados a evaluar el desempeño ambiental. También lo han utilizado países como Canadá, Holanda, Alemania, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia, que si bien mantienen un conjunto de indicadores organizados con el modelo PER, también los agrupan en una serie de temas de política ambiental (World Bank, 1997).

El trabajo sobre indicadores ambientales realizado por la OCDE también ha seguido este enfoque, enriquecido por la experiencia práctica en el uso de herramientas analíticas y de evaluación. Por ejemplo, sus exámenes de desempeño ambiental sistemáticamente emplean indicadores para apoyar e ilustrar los análisis. De este modo se obtiene retroalimentación sobre la importancia política y solidez analítica de los indicadores ambientales (OCDE, 1996).

### 2.3.3. Indicadores sistémicos

Estos conjuntos de indicadores se han diseñado para que, mediante un solo valor, muestren cuando un sistema complejo está en dificultades. Se trata de los indicadores más ambiciosos en cuanto a condensación de información, aunque generalmente pierden precisión debido a esta mayor agregación.

Un ejemplo de este tipo de conjuntos es el desarrollado por Banco Mundial y conocido como *The Wealth and Genuine Saving Indicators*, que incluye un balance entre el incremento en el capital físico y humano producidos (este último calculado a partir de la inversión en educación y servicios de salud) y la reducción del capital natural (pérdida de recursos y deterioro por contaminación), todo ello en relación con el producto interno nacional. De acuerdo a este indicador, una tendencia a la reducción es señal de que el desarrollo del país no es sustentable (World Bank, 1997).

Según esta forma de clasificar los indicadores, los índices son un caso particular de indicadores sistémicos ya que resumen en un solo valor el estado del desarrollo. Están basados en la agregación temporal, espacial o temática de indicadores y parámetros, mediante algoritmos, con la intención de presentar la información de manera más sintetizada.

Esta combinación de la información contenida en dos o más indicadores, conocidos como índices agregados, intenta proporcionar mensajes sencillos sobre aspectos ambientales complejos. Entre sus ventajas destaca su potencial para simplificar los procesos de comunicación pública y alcanzar a la audiencia que comúnmente recibe poca información ambiental. No debe olvidarse, sin embargo, que al reducir el número de indicadores mediante este proceso de condensación de la información se corre el riesgo de malinterpretarla, porque el usuario no siempre está consciente del alcance y limitaciones de las metodologías del índice. Por otro lado, el mensaje que pretende transmitir puede estar distorsionado por la ausencia de algunos datos y la diferencia en la calidad de la información o de conceptos.

#### Aspectos importantes a considerar para la elaboración y uso de indicadores

- Sin buena información sólidamente sustentada no se pueden desarrollar buenos indicadores.
- Para evaluar el desempeño se requiere claridad de los objetivos.
- Diferentes personas que viven en diferentes lugares tienen diferentes valores y aspiraciones. Los indicadores deben ser capaces de reflejar y recoger los intereses de lugares, gente, cultura e instituciones diferentes.
- Los conjuntos de indicadores deben evolucionar con el tiempo para mantener su utilidad, por lo que deben estar en constante revisión.
- Los conjuntos de indicadores raramente están completos y son perfectibles.
- El conocimiento que obtenemos a través de los indicadores es útil para reducir la incertidumbre sobre lo que conocemos del sistema, pero no la elimina. La visión que se obtiene a partir de indicadores es siempre una versión simplificada e imperfecta de la realidad.

Por último, cabe recordar que el desarrollo de indicadores ambientales –además de otras herramientas de evaluación– es un proceso continuo, que se va adaptando según las necesidades de cada iniciativa. Es fácil prever que su alcance e importancia será cada vez mayor en una sociedad más participativa que requiere y exige información objetiva y confiable para formar sus puntos de vista y tomar así sus propias decisiones.

Además de su utilidad intrínseca, los esfuerzos dirigidos a elaborar indicadores han sido de gran utilidad por que han servido como guía e impulso para la integración y sistematización de información ambiental, ya que su elaboración ha exigido un esfuerzo importante de recopilación y análisis de los datos disponibles, que a su vez ha obligado a la definición tanto de estrategias para recopilar e integrar bases de datos como de procesos para evaluar su calidad.

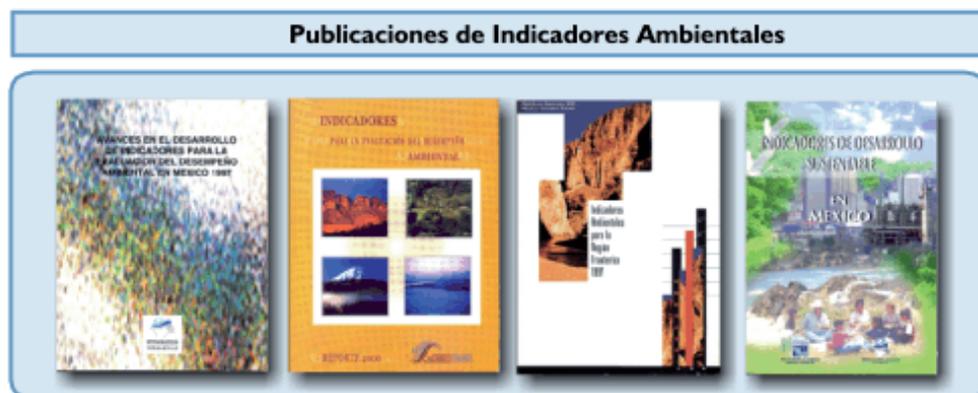
### 3. El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales

La Semarnat, por medio de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental, tiene bajo su responsabilidad el desarrollo y actualización del Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA), que forma parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN).

El objetivo del SNIA es proporcionar a los tomadores de decisiones y público en general la información clave sobre el estado del ambiente y de los recursos naturales del país, así como su relación con las actividades humanas, económicas y políticas que tienen efectos sobre el ambiente. El SNIA pretende integrar los esfuerzos de diversas dependencias del ejecutivo federal, entidades federativas, instituciones de investigación, organizaciones no gubernamentales y demás grupos sociales interesados en la información ambiental.

#### 3.1. Antecedentes en el plano nacional

Los primeros pasos formales y sistemáticos hacia el desarrollo de indicadores ambientales en el gobierno federal se realizaron en 1993, en el Instituto Nacional de Ecología (INE), con el Taller Norteamericano de Información Ambiental, donde participaron el Instituto Nacional de Ecología, Environment Canada y Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos. El objetivo del taller fue generar una base de información para el informe del estado del ambiente en la región de América del Norte. En este contexto se elaboró el estudio *An Approach Towards Environmental Indicators for Mexico 1994*, que estableció las bases conceptuales para el desarrollo de indicadores ambientales en nuestro país. A partir de entonces, y hasta el año 2000, la Semarnat –a través del INE– continuó trabajando en el tema, como lo muestran las publicaciones de indicadores orientadas hacia la evaluación del desempeño ambiental y el desarrollo sustentable.



La publicación *Avance en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental de México 1997* utilizó como marco metodológico el esquema Presión-Estado-Respuesta (PER), con sus correspondientes modificaciones para incorporar las experiencias en este tipo de iniciativas de algunos países y organismos internacionales que habían mostrado avances significativos en la materia. El propósito de este trabajo fue establecer un conjunto de indicadores que sirvieran como herramienta para evaluar el desempeño de las políticas ambientales y, al mismo tiempo, determinar la línea base para futuras publicaciones. No pretendió convertirse en una lista exhaustiva o definitiva, más bien fue un ejercicio donde se equilibraron las necesidades y disponibilidad de información. De hecho, un resultado derivado de este trabajo fue la detección de carencias e inconsistencias de información y posibles fuentes alternativas para obtenerla. Los temas incluidos fueron aire, residuos peligrosos, residuos sólidos municipales, vida silvestre, agotamiento de la capa de ozono estratosférico y cambio climático.

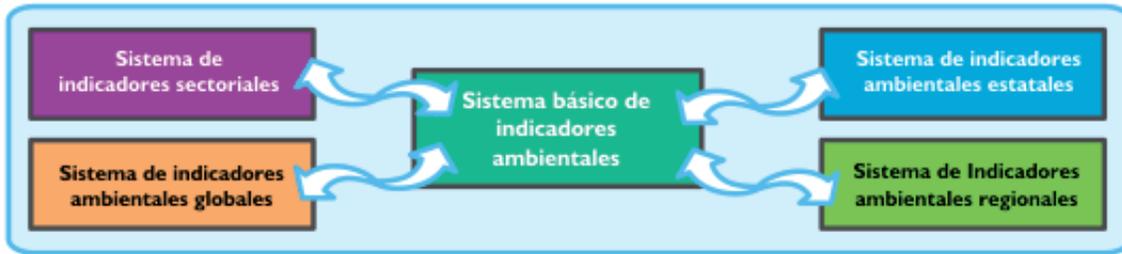
El libro *Evaluación del Desempeño Ambiental. Reporte 2000* fue el resultado de la continuación de los esfuerzos por integrar un sistema de indicadores ambientales. En esta segunda publicación se incluyeron actualizaciones de los indicadores contenidos en la primera publicación de 1997 y se incorporaron los temas de agua, bosques, suelos y pesca. En este trabajo se mantuvo el modelo PER, procurando establecer la relación del ambiente con algunos sectores productivos, bajo un enfoque de sustentabilidad ambiental.

También en 2000 se publicó el trabajo *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*, elaborado de manera conjunta por el INEGI y la Semarnap. Los indicadores presentados fueron parte del compromiso asumido por el país al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable suscrito en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. Dicho compromiso consistió en asumir medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad, así como acciones orientadas a la generación de indicadores para medir y evaluar las políticas y estrategias de desarrollo sustentable. Como producto de ese esfuerzo, México logró documentar 113 de los 134 indicadores posibles que propuso la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CDS).

Es importante mencionar también un antecedente regional en el uso de indicadores. En 1997 se publicó el documento *Indicadores Ambientales para la Región Fronteriza Norte*, elaborado conjuntamente por el INE y la EPA de Estados Unidos. Incluye indicadores relacionados con la salud humana y condiciones del ambiente de la frontera México-Estados Unidos, e incluso considera indicadores de gestión o desempeño. Su objetivo fue mostrar los resultados de los grupos de trabajo binacionales que conformaban el Programa Frontera XXI. Se utilizaron el esquema PER y los lineamientos generales propuestos por la OCDE. Los temas tratados son: aire en zonas urbanas, prevención de contingencias y respuesta a emergencias, cooperación en aplicación de la ley, salud ambiental, recursos de información ambiental, residuos peligrosos y sólidos municipales, recursos naturales, prevención de la contaminación y agua (disponibilidad y calidad).

### **3.2. Estructura del SNIA**

En esta etapa inicial, el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA) se ha orientado, por una parte, a la integración, homogeneización y difusión de las diversas iniciativas de indicadores ambientales que demandan o generan distintos sectores y, por la otra, a la conformación de un conjunto básico de indicadores ambientales, cuyo producto es la presente publicación. Todos los módulos del conjunto se relacionan entre sí y cada uno responde a objetivos específicos, por lo que su planteamiento se realiza de forma independiente.



**Sistema básico de indicadores ambientales.** Está compuesto por indicadores orientados a la evaluación del desempeño ambiental nacional. En la actualidad contiene información generada principalmente por instituciones del gobierno federal. Siempre que es posible, presenta información con un nivel de desagregación mayor (e.g., estatal y regional).

**Sistema de indicadores sectoriales.** Incorpora indicadores relacionados con aspectos ambientales vinculados con los sectores productivos, a fin de fomentar la integración de consideraciones ambientales en las políticas de estos sectores.

**Sistema de indicadores ambientales estatales.** Están orientados al análisis del desempeño ambiental en el ámbito estatal. Su contenido se establece de acuerdo a las características y necesidades propias de cada estado.

**Sistema de indicadores ambientales regionales.** Vinculados con áreas geográficas de importancia estratégica, como la región fronteriza México-Estados Unidos y los derivados de los programas de ordenamiento ecológico.

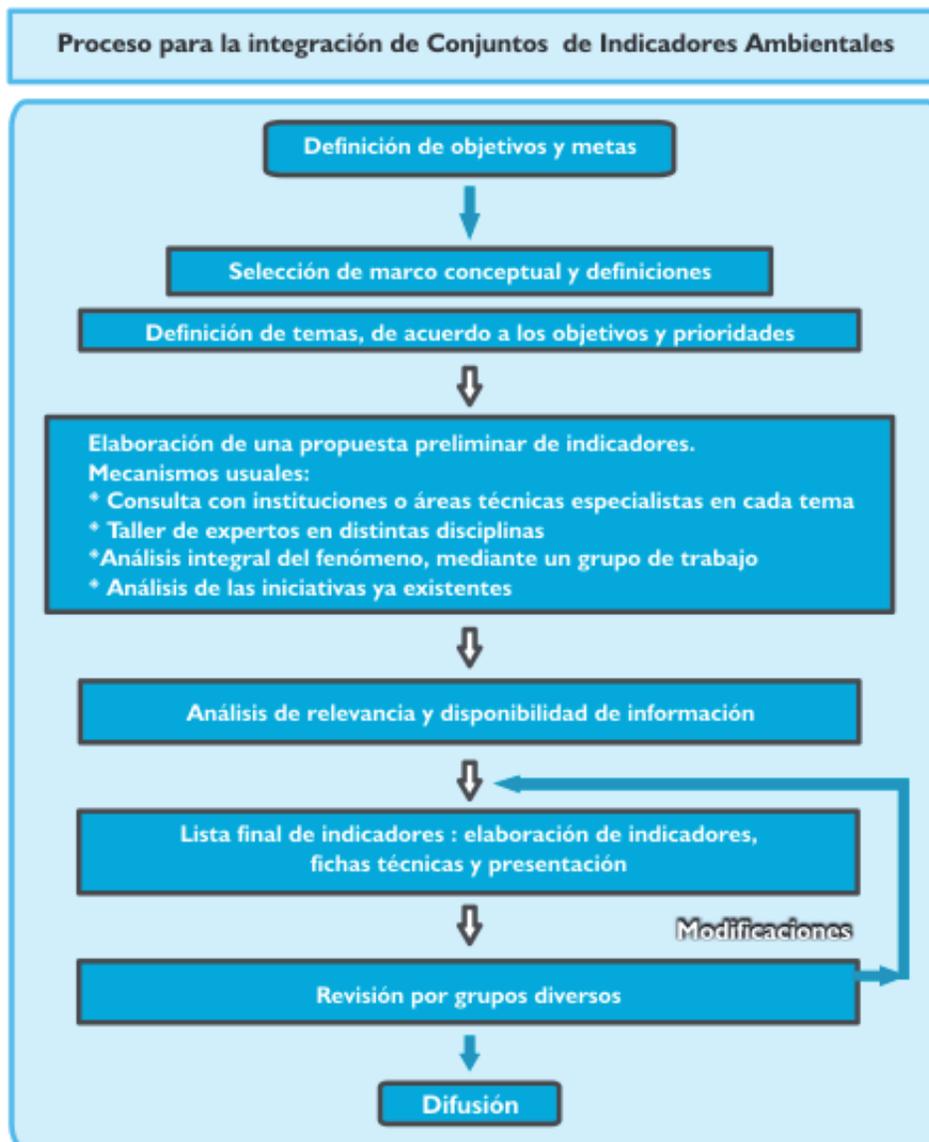
**Sistema de indicadores ambientales globales.** Relacionados con iniciativas promovidas por organismos internacionales, como la ONU o la OCDE, y que ubican al país en un contexto internacional.

Los indicadores que se incluyen en este conjunto básico se basan en las propuestas internacionales y las características y requerimientos propios de cada país. El resumen de los fundamentos considerados para el desarrollo del conjunto se muestra en la figura siguiente:



Por supuesto, los indicadores y las necesidades que los generan cambian continuamente, por lo que la estructura del SNIA se mantiene en constante adecuación. Muestra de ello es lo referente al Ordenamiento Ecológico donde, a partir de la publicación del reglamento respectivo en 2003, se establece la obligatoriedad de elaborar bitácoras ambientales que incluyen indicadores para evaluar su desempeño; esto detonó el inicio del proceso orientado a diseñar un sistema particular de información para dicho instrumento de política ambiental.

A pesar de que existen recomendaciones generales para el desarrollo de sistemas de indicadores, éstos son instrumentos empíricos que toman su forma de acuerdo al lugar y necesidades donde nacen, así que no existe un proceso único para generar un sistema de indicadores ambientales. No obstante, una propuesta metodológica útil –que en mucho refleja la experiencia del INE y posteriormente de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental (Semarnat)– para aquellos usuarios interesados en iniciar sus propios sistemas de indicadores se muestra en el esquema siguiente.



Si bien el esquema brinda la idea de un proceso lineal, la mayoría de las veces no es así. Con frecuencia es “itinerante”, ya que conforme se avanza en las etapas, algunos aspectos de los pasos anteriores se van redefiniendo. A menudo sucede que una vez terminado el proceso, los indicadores se someten a distintos foros de consulta y los resultados ahí obtenidos obligan a una revisión profunda tanto de los indicadores propuestos como del mismo esquema de organización.

Sin duda, los más de diez años de esfuerzos en la generación de indicadores ambientales en el país han permitido alcanzar un importante avance y maduración, como lo muestran las diferentes publicaciones presentadas. Este largo proceso también ha permitido disminuir cada vez más las inconsistencias y faltantes de información. Hoy ya existe en el país suficiente experiencia para desarrollar esquemas propios de organización más acordes con la realidad y necesidades nacionales, así como para compartir experiencias con países de Latinoamérica que recientemente han empezado a trabajar en este tema.

## COMENTARIOS FINALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

La frase “México: paradigma de riqueza y destrucción”, con la que inicia un capítulo del Programa Nacional de Medio Ambiente 2001-2006 refleja fielmente la realidad del país. Sin duda, México es rico en recursos naturales, está considerado como un país megadiverso, tiene abundantes y variados recursos minerales e hídricos, además de una vasta riqueza cultural. Sin embargo, el manejo inadecuado de nuestros ecosistemas, que privilegia soluciones y beneficios a corto plazo, combinado con una escasa cultura de conservación, han llevado a una situación ambiental que dista mucho de ser aceptable. Esta situación nos obliga, hoy más que nunca, a replantear un cambio en nuestra relación con el ambiente para mantener la posibilidad de su uso y disfrute por las generaciones futuras.

Caracterizar y entender la estructura y funcionamiento de sistemas tan complejos como la atmósfera, el clima, los suelos y los diferentes ecosistemas acuáticos y terrestres es, sin duda, una tarea difícil. A pesar de que hoy sabemos mucho más acerca de temas como la dinámica atmosférica y el funcionamiento de los ecosistemas naturales, aún estamos lejos de conocerlos lo suficiente como para predecir, con cierta confiabilidad, tanto su dinámica futura como su respuesta ante las diferentes acciones que los perturban y aquellas que están dirigidas a mejorar su condición o asegurar su permanencia. Incluso, aún no existe consenso sobre cuáles son las variables o atributos que mejor reflejan la situación de estos sistemas y que pueden ser útiles para su monitoreo y evaluación. Esta situación se traduce a menudo en una desconexión o falta de concordancia entre la información que se obtiene y recopila y la que puede ser utilizada en la toma de decisiones.

En los últimos años, el desarrollo tecnológico nos ha permitido obtener más y mejor información sobre el ambiente. Imágenes de satélite con resoluciones a nivel de unos cuantos metros nos brindan datos a detalle del uso del suelo y otras características de los ecosistemas, tales como la productividad en cuerpos de agua o el estado sanitario de bosques. También disponemos de instrumentos capaces de medir una amplia gama de contaminantes del agua y el aire o respuestas metabólicas de plantas y animales a diferentes compuestos tóxicos y al cambio de la temperatura o los incrementos de la concentración de CO<sub>2</sub>, asociados al calentamiento global. Asimismo, hoy contamos con herramientas para transmitir información prácticamente en tiempo real desde redes de monitoreo automáticas, así como programas de cómputo y equipos capaces de procesar y almacenar enormes volúmenes de información. Sin embargo, aunque resulta paradójico, más datos no necesariamente se traducen en más conocimiento.

A pesar de este avance y posibilidades de acceso a la información, en la práctica, por dificultades técnicas, tecnológicas, económicas o, incluso por falta de tiempo, no es posible medir todo lo que se pudiera medir de cada uno de los diferentes elementos del ambiente; aunque también es cierto que no todo lo que se puede medir en un momento dado es útil para responder preguntas particulares o cumplir con objetivos definidos. En este contexto, el reto que enfrentamos es el de contar con mecanismos que nos permitan saber –de todo el universo de variables potenciales– qué es lo que requerimos medir o registrar a fin de que, después de un proceso de integración y análisis, sirva a las autoridades ambientales y a otras instituciones para una toma de decisiones sustentada y con mayores posibilidades de éxito. Esta información clave debe ser la que se encuentre en nuestros indicadores básicos ambientales. Una manera de asegurar que en verdad se incluya información relevante en los indicadores es mediante una estrecha colaboración entre la autoridad ambiental –responsable del cuidado y manejo del ambiente– con la comunidad científica. La tarea que tenemos es mantener y acrecentar esta relación, independientemente de los matices que adquiera la política ambiental en el futuro.

Un paso que parece trivial, y al que a menudo se le presta poca atención, es la definición precisa del objetivo que se persigue y para lo cual se requiere información. Por ejemplo, si el objetivo fuera diseñar una estrategia de manejo para una especie de interés cinegético, resultaría más útil contar con la información del estado de sus poblaciones y tasa de crecimiento, que la manera en que metaboliza su alimento. La información que no se enmarca en un objetivo bien definido, resulta poco útil la mayoría de las veces. En otras palabras, para responder preguntas concretas, necesitamos no mucha información sino la necesaria y, en ese sentido, el identificar y tener la información *clave*, es sin duda, indispensable.

Así, la elaboración y revisión continua de los indicadores de desempeño ambiental pueden ser una alternativa valiosa para identificar la información necesaria que nos permita tener una idea, lo suficientemente buena, de la situación ambiental del país, las presiones que se enfrentan y las acciones que se están llevando a cabo para atender esta problemática.

Los indicadores presentados en este trabajo pueden verse como el resultado de un largo proceso de maduración que se inició en la década de los noventa en el Instituto Nacional de Ecología. Durante este tiempo se han solventado y corregido los principales problemas detectados, entre los que se encontraban lagunas de información, falta de claridad metodológica e inconsistencias de los datos producto y carencia de un procedimiento ordenado y sistemático para generar, recopilar y verificar la información.

En estos últimos años se ha realizado un esfuerzo muy importante para sistematizar y documentar cada uno de los indicadores, además de justificar su pertinencia a partir de una extensa revisión bibliográfica. También se ha revisado cuidadosamente la consistencia de la información que sustentan a los indicadores y se ha documentado, mediante fichas técnicas o “metadatos”, la información que debe acompañarlos para que sean usados con más confianza y de manera correcta.

Hoy, sin duda, estamos en una mejor situación que nos permite vislumbrar a futuro acciones más efectivas para revertir el deterioro ambiental. Los indicadores ambientales, integrados dentro del Sistema Nacional de Indicadores Ambiental, son una parte fundamental del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) que desarrolla la SEMARNAT y con ello, se asegura la atención continua para su mantenimiento, revisión y depuración. Consideramos que el conjunto básico de indicadores y el procedimiento para su elaboración será la base metodológica de gran parte de Sistema Nacional de Indicadores Ambientales, incluidos los sistemas de indicadores ambientales estatales, regionales, del ordenamiento ecológico y podrá ser, además, la base de discusión para la integración de indicadores sectoriales como transporte, energía y agricultura, entre otros.

Es inevitable, sin embargo, que el conjunto de indicadores aquí presentado aún tenga deficiencias y un cierto sesgo por la naturaleza, formación y capacidades del grupo de trabajo que los elaboró. No obstante, estamos ciertos de que la constante revisión, actualización y retroalimentación que se obtenga de los usuarios le dará poco a poco el contenido exacto, la información pertinente y la efectividad en su uso por los especialistas, las autoridades ambientales, los actores sectoriales y la sociedad en general. De esta manera, las observaciones y críticas que se reciban de parte de los lectores y usuarios serán de enorme valía.

Es posible que el público no especializado tenga la impresión de que este tipo de trabajos no contribuye a resolver los problemas ambientales del país y que, por más indicadores ambientales que se desarrollen, esto no elimina la contaminación

ni mejora el aire ni funciona para recuperar nuestros bosques. Peor aún, puede pensar que los datos, gráficas o mapas mostrados no parecen reflejar la “realidad” que ellos perciben o miran por la televisión.

En un texto sobre restauración ecológica, Anthony Bradshaw<sup>1</sup> señaló que la restauración podría ser la prueba del ácido para la ecología, ya que sólo si sabemos efectivamente cómo estaban estructurados y funcionaban los sistemas naturales, podríamos ser capaces de restaurarlos. Utilizando esta analogía, la prueba del ácido para los indicadores ambientales propuestos será cuando, a través de su uso, se vea si reflejan suficientemente bien la realidad ambiental del país, sirvan para tomar decisiones acertadas y sean creíbles para la sociedad.

En este sentido, una tarea que queda por delante es mejorar la comunicación; necesitamos que los diferentes usuarios conozcan al conjunto de indicadores ambientales y los consideren útiles y valiosos. Debemos lograr que los indicadores sean cada vez más accesibles y entendibles, sobre todo para el público no especialista. El gran reto es vencer la desconfianza e incredulidad. Para ello, las mejores armas serán sin duda la consistencia, objetividad y transparencia de la información. La publicación de este libro en papel y su distribución extensiva, junto con su versión electrónica disponible en el sitio internet de la Semarnat, constituyen una parte fundamental en ese propósito.

Desde nuestro punto de vista, las principales tareas y retos que tenemos por delante son:

***Incorporar la dimensión temporal.*** A pesar de que se ha avanzado mucho, debemos consolidar un sistema de indicadores donde no predomine la información puntual (una sola fecha en el tiempo) sino series de tiempo. Esto permitirá identificar tendencias y, eventualmente, será útil para hacer proyecciones y escenarios posibles con mayor confianza y sustento.

***Incorporar la dimensión espacial.*** La heterogeneidad de ecosistemas, suelos, clima, recursos hídricos, etc., que muestra el territorio nacional, obliga a tener espacialmente explícita la información para que sea más aprovechada y útil. Si bien el hecho de saber que tenemos más de 100 acuíferos sobreexplotados es un gran avance, resulta aún más importante conocer con precisión dónde se localizan, así como otras características que coinciden en la zona (densidad de población, actividades agropecuarias e industriales, marginación, etc.), para en verdad entender y resolver el problema. En el caso particular de la política ambiental, conocer la información ambiental espacialmente explícita permitirá un mejor diseño, aplicación y evaluación de los diferentes programas y acciones que se realizan, tales como reforestación, conservación de suelos y áreas naturales, entre otros.

***Desarrollar índices aplicables para las condiciones del país.*** Frecuentemente, cuando se presentan evaluaciones del desempeño ambiental del país realizadas por agencias internacionales (como el Environmental Sustainable Index o The Ecological Footprint), surgen posiciones encontradas. Por una parte, cuando la evaluación no es positiva frecuentemente se

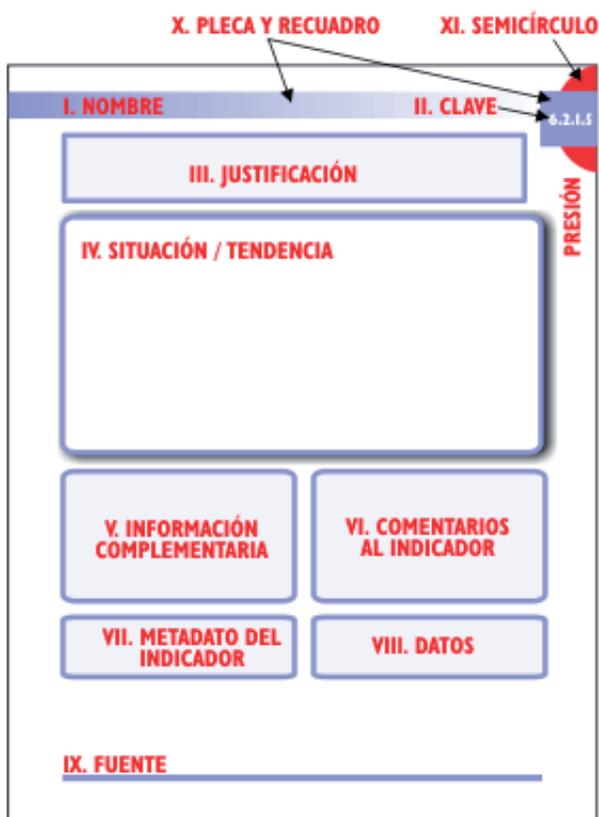
<sup>1</sup> Bradshaw AS, “Restoration: An Acid Test for Ecology”, en *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*, editado por Jordan WR, Gilpin ME y Aber JD, Cambridge, Gran Bretaña, 1987.

despierta la inquietud de organizaciones no gubernamentales sobre lo mal que estamos y, en contraparte, desde el ámbito de las autoridades ambientales surgen voces en respuesta que señalan que no es “correcto” lo que aparece reflejado en esa evaluación (cuando la evaluación es positiva, los papeles suelen cambiar). En estas disputas, en las que generalmente ambos sectores tienen algo de razón, los esfuerzos se destinan más bien a las críticas mutuas antes que al planteamiento de propuestas para desarrollar índices propios, que reflejen mejor nuestra situación ambiental. Por supuesto, esta labor no sólo le corresponde a la autoridad ambiental, sino también a la academia y sociedad interesada.

**Desarrollar conjuntos de indicadores para usuarios con intereses diferentes.** Los países con mayor experiencia en el uso de indicadores han desarrollado varios sistemas que incluyen conjuntos muy grandes de indicadores (más de una centena de ellos), útiles para conocer con buen detalle cada uno de los temas ambientales y que son utilizados por especialistas, principalmente; otros, con un número menor (algunas decenas), utilizados por los tomadores de decisiones; e, incluso, otros conjuntos aún más reducidos, dirigidos a la sociedad y público no especialista pero que están interesados en la cuestión ambiental. Es necesario que a la brevedad trabajemos para tener estos sistemas jerárquicos de indicadores, que atiendan las necesidades de los diferentes usuarios. Este proceso de selección e integración requiere un análisis formal que aún no hemos comenzado.

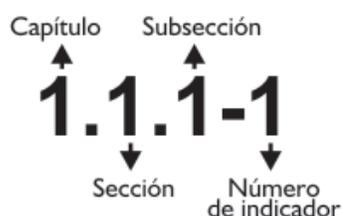
**Mayor integración del Sistema de Indicadores con el SNIARN.** El Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) tendrá una mayor congruencia en la medida en que logremos una mayor integración entre las bases de datos estadísticas, geográficas y de indicadores. Además, esto beneficiará la calidad del *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México* y del propio Sistema de Indicadores, que en esa misma medida ganará la confianza de los usuarios interesados en el tema ambiental.

En resumen, esperamos que el Sistema de Indicadores de Desempeño Ambiental, y el SNIARN en su conjunto, sean un insumo imprescindible de información ambiental para la planeación, la toma de decisiones y el fomento de la cultura participativa social.



**I. Nombre:** Designa al indicador.

**II. Clave:** Identifica al Indicador.



**III. Justificación.** Describe la justificación o relevancia del indicador en el contexto del tema que se está tratando.

**IV. Situación / Tendencia.** Describe brevemente el estado o tendencia registrada por el indicador; no incluye análisis o conclusiones.

**V. Información complementaria.** Enlista temas y variables que se incluyen en el disco compacto

anexo y que contribuyen al mejor entendimiento del tema que describe el indicador. Cada uno de los temas incluidos en este rubro están acompañados de los datos, figuras o mapas correspondientes, así como el nombre del archivo.

**VI. Comentarios al indicador.** Información útil para interpretar más adecuadamente al indicador, y para saber si este es utilizado en otros sistemas de indicadores nacionales o internacionales.

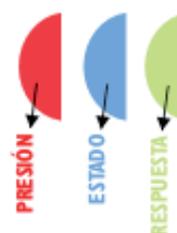
**VII. Metadato del indicador.** Indica el nombre del archivo incluido en el disco compacto anexo que contiene la ficha técnica o metadato del indicador.

**VIII. Datos.** Indica el nombre del archivo incluido en el disco compacto anexo, que contiene la tabla de datos detallados del indicador presentado. Frecuentemente la información en la tabla de datos está con mayor nivel de desagregación que la mostrada en el indicador mismo.

**IX. Fuente:** Indica la fuente de donde se obtuvo la información para documentar al indicador.

**X.** El color de la pleca horizontal, así como del recuadro donde se encuentra la clave del indicador es única para cada tema, y permite identificar fácilmente el tema al que corresponde el indicador. En caso de indicadores compartidos por más de un tema, la barra muestra los colores respectivos.

**XI.** El color del semicírculo que envuelve a la clave del indicador muestra visualmente el tipo de indicador que se trata de acuerdo al esquema presión-estado-respuesta (PER).



An aerial photograph showing a massive, multi-layered cloud deck. The clouds are dense and white, with some darker, more textured layers. The sky above is a clear, pale blue. At the bottom of the image, there is a decorative teal wavy graphic that resembles a stylized ocean or a cloud layer. The overall composition is vertical and emphasizes the scale and texture of the atmosphere.

MÓSFERÁ

ATMÓSFERA

La industrialización, el rápido crecimiento poblacional y los patrones de consumo son factores que han propiciado la sobre-explotación de los recursos naturales y la degradación ambiental (WRI, 1998; *Environment Canada*, 2003; PNUMA, 2003). Un claro ejemplo son los problemas atmosféricos que actualmente se presentan a lo largo del planeta. Entre ellos, los más importantes por sus efectos sobre la salud de la población y los ecosistemas naturales son la disminución de la calidad del aire, el proceso de cambio climático y la degradación o enrarecimiento de la capa de ozono estratosférico (WRI, 1998; UNEP, 1999; PNUMA, 2003).

Actualmente México enfrenta problemas de contaminación atmosférica en sus principales zonas metropolitanas, siendo el del valle de México el caso más conocido y documentado de disminución de la calidad del aire (Lacasaña-Navarro *et al.*, 1999; Semarnat, 2003). Además, enfrentamos los efectos globales del cambio climático (PNUMA, 2003) y contribuimos con la emisión de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) y de sustancias agotadoras de la capa de ozono estratosférico (SAO), aunque, en este último caso, los efectos más evidentes no se expresan en nuestro país sino en latitudes más altas (PNUMA, 2003).

Para entender y enfrentar esta problemática, se requiere conocer por lo menos los factores que la generan (emisión de contaminantes), contar con un diagnóstico del efecto sobre la atmósfera (alteración de su composición natural y efectos locales, regionales y globales), así como conocer las medidas que se toman y aquellas que se deben impulsar para la solución de los problemas (programas y acuerdos nacionales e internacionales).

La atmósfera actúa como una capa protectora, regulando la temperatura de la Tierra y evitando la entrada de rayos solares dañinos -como los ultravioleta, por ejemplo-. De manera natural, está compuesta por nitrógeno ( $N_2$ ), oxígeno ( $O_2$ ) y argón (Ar) principalmente, pero también tiene otros gases en concentraciones más bajas como vapor de agua ( $H_2O$ ), ozono ( $O_3$ ), bióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ) (NASA, 2004). Sin embargo, como consecuencia de las actividades humanas, no sólo se ha alterado el balance natural de su composición sino que, incluso, ahora se encuentran otros compuestos que no se presentaban de manera natural (IPCC, 2001).

La emisión de contaminantes deteriora la calidad del aire y genera daños sobre la salud de las poblaciones y los ecosistemas (Lacasaña-Navarro *et al.*, 1999; WB, 2002; PNUMA, 2003). Los principales contaminantes, llamados contaminantes criterio, que participan en el deterioro de la calidad del aire son: bióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), partículas suspendidas (PST), partículas menores de 10 micras ( $PM_{10}$ ), ozono ( $O_3$ ) y plomo (Pb) (Secretaría de Ecología *et al.*, 2003). Otros contaminantes, conocidos como GEI, que se emiten a la atmósfera y que son considerados importantes por sus efectos sobre el cambio climático son: bióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ) (INE-Semarnat, 2001).

También como resultado de las actividades humanas se emiten las llamadas sustancias agotadoras de la capa de ozono estratosférico (SAO), como los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y halones. Estas sustancias contienen átomos de cloro y bromo, los cuales destruyen el ozono estratosférico que protege a la Tierra de los rayos ultravioleta, dañinos para los seres vivos (UNEP y WMO, 2002).

Algunos de los compuestos emitidos tienen múltiples efectos y participan en más de uno de los problemas de contaminación atmosférica. Por ejemplo, el monóxido de carbono producido por la quema de combustibles, bosques y pastizales (EPA, 1997) y el bióxido de azufre generado por los procesos industriales y durante la quema de combustibles con azufre,

deterioran la calidad del aire (EPA, 2004; Semarnat-INE, 2003) y son considerados como gases de efecto invernadero (IPCC, 2001). También los CFC (usados como refrigerantes, solventes y en la fabricación de recipientes de espumas de poliuretano), los HCFC (sustitutos de los CFC) y los halones (usados como agentes extintores de fuego) son considerados como SAO (UNEP y WMO, 2002) y GEI al mismo tiempo (IPCC, 2001).

Debido a las características de los contaminantes, los problemas atmosféricos tienen efectos en diferentes niveles. El deterioro de la calidad del aire es considerado un problema local, ya que principalmente afecta a las ciudades, aunque debido a la dispersión de los contaminantes puede convertirse en un problema regional afectando a localidades vecinas (e.g., contaminación transfronteriza) (PNUMA, 2003). En contraste, el cambio climático es un problema global, que provoca incrementos en la temperatura y con ello cambios en el clima mundial (IPCC, 2001). Aunque la degradación del ozono estratosférico es un problema en el que participan todos los países, los impactos son regionales y se observan principalmente sobre Antártica, donde se presenta el llamado “agujero de ozono”; en Latinoamérica sus efectos se observan principalmente en Argentina, Chile, Brasil y Uruguay (PNUMA, 2003).

Es claro que los problemas atmosféricos son complejos, las fuentes de emisión son diversas y los contaminantes emitidos actúan en diferentes niveles. Actualmente existen, sin embargo, programas y convenios para el monitoreo de la calidad del aire, del cambio climático y del ozono estratosférico. Estos dos últimos se enmarcan en acuerdos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la Convención para la Protección de la Capa de Ozono Estratosférico.

El presente capítulo propone indicadores que reflejan el estado de la atmósfera a nivel local y global, así como las presiones que sobre ella se ejercen y las medidas encaminadas a protegerla y frenar, revertir y mitigar su deterioro. El capítulo desarrolla por separado los temas de calidad del aire, cambio climático y ozono estratosférico.

La contaminación del aire es considerada como un problema local y regional, ya que es en los centros urbanos o en sus alrededores donde frecuentemente se localiza la mayor actividad industrial y donde el parque vehicular y el consumo de combustibles son también más elevados (WB, 1998; Lacasaña-Navarro *et al.*, 1999; PNUMA, 2003). La contaminación del aire afecta directamente la salud y la calidad de vida de la población. Los efectos sobre la salud son diversos, destacando por su importancia las enfermedades del aparato respiratorio, irritación de los ojos, disminución de la función respiratoria y el incremento en la mortalidad de niños menores de cinco años y personas susceptibles (Lacasaña-Navarro *et al.*, 1999; Secretaría de Ecología *et al.*, 2002; WB, 2002; PNUMA, 2003). La contaminación del aire también afecta a los ecosistemas naturales. Por ejemplo, la presencia de bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno genera lluvia ácida que, además de dañar edificios, se filtra en el suelo haciéndolo más ácido, afectando con ello a las plantas y a otros seres vivos (EPA, 2004).

La disminución de la calidad del aire en México comenzó a hacerse más evidente hacia finales de los años ochenta, cuando empezaron a resentirse los efectos de la contaminación en la Ciudad de México (Secretaría de Ecología *et al.*, 2002). Como respuesta se iniciaron los esfuerzos para contar tanto con información acerca de los factores que más afectan la calidad del aire, como del estado de la calidad del aire en las principales ciudades del país. Además de factores climáticos y geográficos, la calidad del aire depende de las emisiones de contaminantes a la atmósfera provenientes tanto de sectores relacionados con las actividades humanas (e.g., industrial, transporte y agrícola), como de fuentes naturales (e.g., terrenos desprovistos de vegetación e incendios forestales). Por ello, un componente indispensable para el diseño y la aplicación de cualquier programa encaminado a resolver el problema de la contaminación del aire, es la información sobre las principales fuentes de contaminantes atmosféricos y los volúmenes emitidos por cada uno de los sectores (WB, 1998). En México se realizaron inventarios de emisiones para las principales zonas urbanas a mediados de los años noventa. Aunque se considera que la periodicidad adecuada para su evaluación es de dos años, las dificultades asociadas a la coordinación entre autoridades locales y federales han impedido su actualización regular (Semarnat, 2003); excepto para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), en la cual se tienen inventarios de más de una fecha. Actualmente está en elaboración el primer Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM), el cual consta de tres fases. Las fases I y II de planeación y desarrollo de inventarios en seis estados fronterizos, respectivamente, ya han finalizado, mientras la fase III (inventarios de los estados restantes) se encuentra en desarrollo (Semarnat, 2005; Semarnat-INE, 2005).

También se inició el monitoreo en diferentes ciudades y zonas metropolitanas de algunos de los principales contaminantes identificados: bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), partículas suspendidas (PST), partículas menores de 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ) y plomo (Pb), conocidos como contaminantes criterio; el número de contaminantes registrados varía entre las diferentes ciudades, en función de los intereses y problemas particulares de cada una de ellas. Para cada contaminante se determinó, además, el estándar o norma de calidad que establece las concentraciones máximas que no debieran sobrepasarse en un tiempo definido, con la finalidad de proteger la salud de la población, inclusive la de los grupos más susceptibles (Semarnat-INE, 2000). Actualmente se miden también las partículas menores a 2.5 micras ( $\text{PM}_{2.5}$ ), no obstante debido a que dicha información aún se encuentra en proceso de análisis, no ha sido publicada.

Además, con el propósito de atender de manera integral el problema, en 1990 se acordó la instrumentación del Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica en el Valle de México (PICCA). Posteriormente, se desarrollaron programas para mejorar la calidad del aire (llamados Proaires) en las principales ciudades del país (ZMVM, zonas metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y Valle de Toluca, Ciudad Juárez, Mexicali y Tijuana-Rosalito). Los Proaires incorporan medidas para el abatimiento y control de las emisiones de contaminantes y se fundamentan en la relación existente entre la emisión de los contaminantes por las fuentes que los producen y el impacto que ocasionan en la calidad del aire y en la salud de la población (Semarnat-INE, 2000). De todos los Proaires publicados, tan sólo el de la ZMVM se ha actualizado para dar continuidad a las metas establecidas; en los otros casos, aunque formalmente no se han actualizado, se continúa con las acciones tendientes a mejorar la calidad del aire. No obstante, el interés por implantar estos programas sigue vigente y como ejemplo está la reciente publicación del Proaire de Salamanca (Semarnat *et al.*, 2004).

### **Consumo de combustibles fósiles**

Las principales fuentes generadoras de contaminación atmosférica están relacionadas con la producción y consumo de energía, especialmente de combustibles fósiles (WB, 1998; PNUMA, 2003; Semarnat-INE, 2005). La quema de estos combustibles emite diversos contaminantes como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, además de subproductos como el bióxido de azufre (Lvovsky y Hughes, 1999; *Environment Canada*, 2003), que afectan no sólo la calidad del aire, sino que también promueven la formación de lluvia ácida y cambios en el clima global. El indicador de **consumo final de petrolíferos a nivel nacional** refleja la magnitud de la presión que se ejerce de manera indirecta sobre la calidad del aire. Este indicador es propuesto por el Ministerio de Ambiente de Canadá (*Environment Canada*) y por la OCDE (OCDE, 1998, 2002; *Environment Canada*, 2003).

### **Emisión de contaminantes**

Existen diversas fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera: industria, transporte, generación de electricidad, servicios, suelos y fuentes de área (es decir, fuentes de emisión de pequeñas cantidades de contaminantes). Aunque los aspectos climáticos influyen de manera importante, en general, entre mayores sean los niveles de emisión de contaminantes, mayores serán las concentraciones a las que estén expuestas las poblaciones (WB, 1998). En este sentido, la **emisión de contaminantes en zonas urbanas e industriales** muestra la presión directa que se ejerce sobre la atmósfera local, con la consecuente afectación a la calidad del aire. La información del volumen de emisiones, así como de las fuentes que los generan, son insumos básicos para la elaboración de programas tendientes a mejorar la calidad del aire. Este indicador ha sido propuesto en diversas iniciativas internacionales, aunque los contaminantes que incluyen pueden variar y el indicador se presenta a nivel nacional. Los indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y los de la OCDE incluyen las emisiones totales de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno a nivel nacional, mientras que *Environment Canada* propone las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Además, la OCDE incluye la intensidad de emisiones (emisiones por PIB y per cápita; OCDE 1998, 2002; INEGI y Semarnap-INE, 2000; *Environment Canada*, 2003).

### **Concentraciones de contaminantes**

Cuando los contaminantes como el monóxido de carbono, el bióxido de nitrógeno, las partículas, el bióxido de azufre y el ozono se presentan en elevadas concentraciones o por periodos prolongados, pueden provocar daños sobre la salud de las poblaciones expuestas a ellos (WB, 1998, 2002; Lacasaña-Navarro et al., 1999; *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2002; Semarnat, 2003). Entre los daños a la salud que se han identificado se encuentran la irritación e infección de ojos, nariz, garganta y pulmones; la inhibición de la capacidad para transportar sangre y el incremento de morbilidad en niños menores de cinco años y población susceptible (Lacasaña-Navarro et al., 1999; *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2002; Semarnat-INE, 2003).

Con el fin de proteger la salud de la población, incluyendo a la más susceptible, en México se desarrollaron normas para cada contaminante, las cuales establecen los criterios para evaluar la calidad del aire mediante la definición de un valor límite de su concentración (Semarnat-INE, 2003). Existen diversas formas para evaluar la concentración de los contaminantes, una de ellas es con base en el tiempo promedio de la concentración especificado en la normas de calidad del aire (una hora, promedios móviles de 8 horas, 24 horas, media aritmética anual, etc.). Además, se ha empleado el Imeca (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire en México) que es el índice de contaminación del aire más difundido y consiste en una transformación de las concentraciones a un número adimensional (Semarnat-INE, 1999).

La medición directa de la concentración de los contaminantes provee información más precisa para evaluar la calidad del aire. De hecho, las normas sobre los límites permisibles de concentración están definidas con base en estudios de los impactos sobre la salud dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición a cada contaminante. En este sentido, se compara la concentración diaria (promedios de 24 horas para  $PM_{10}$  y  $SO_2$ ) y las concentraciones máximas diarias (valor máximo diario para CO y  $NO_2$  y máximo diario de los promedios móviles de 8 horas para  $O_3$ ) con el límite establecido en las normas de calidad del aire (Semarnat-INE, 2000). Para dar seguimiento a la tendencia anual de la calidad del aire, en esta publicación se eligió presentar los promedios anuales de dichas concentraciones. El indicador **promedio anual de las concentraciones de contaminantes criterio y días en los que se excede la norma** refleja las tendencias de la calidad del aire y es un medio para evaluar el desempeño de las políticas aplicadas. En la publicación se presenta el indicador, por separado, para cinco contaminantes: monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas, bióxido de azufre y ozono. Esto permite mostrar los niveles a los que están expuestas las poblaciones de las zonas metropolitanas, así como el grado de cumplimiento de la respectiva norma. Este indicador es propuesto por la OCDE, *Environment Canada*, EPA y la iniciativa sobre Indicadores de Desarrollo Sustentable en México (OCDE, 1998, 2002; INEGI, Semarnap, 2000; *Environment Canada*, 2003; EPA, 2003).

### **Monitoreo de la calidad del aire**

Un adecuado manejo de la calidad del aire requiere de un enfoque integral que incluya, entre otros elementos, un sistema de monitoreo del aire (WB, 1998). A través del monitoreo se pueden conocer las tendencias de la calidad del aire, así como determinar qué áreas urbanas o industriales cumplen con las normas establecidas (EPA, 2003). Además, permite definir políticas para el control de la contaminación, así como modelos de dispersión de contaminantes y modelos de predicción que a su vez apoyan la toma de decisiones (WB, 1998, 2002). Dada su importancia en la gestión ambiental, se incluye como indicador las **zonas metropolitanas o poblaciones con monitoreo de la calidad del aire**. Esto muestra la cobertura de la red de monitoreo en el país como una medida de respuesta social a la problemática. Aunque muchos países poseen sistemas de monitoreo, no se cuenta con referencia internacional sobre este indicador.

### **Proaires**

Como respuesta a la problemática se establecieron los programas para mejorar la calidad del aire (Proaires). Estos programas representan uno de los principales instrumentos desarrollados para revertir las tendencias de deterioro. Además, incorporan una visión de mediano y largo plazos y proponen acciones concretas para la reducción y control de las emisiones (Semarnat-INE, 2000; Semarnat, 2003). Los Proaires se han implantado en zonas metropolitanas que por sus características, como número de habitantes, actividades industriales, parque vehicular, generación de electricidad, condiciones climáticas y geográficas entre otras, presentan los mayores problemas de contaminación atmosférica. Los índices de cumplimiento de las acciones contempladas en los Proaires permiten conocer la efectividad de las medidas y su relación con el deterioro ambiental. Sin embargo, debido a que no ha sido posible actualizar estos programas, con excepción del de la ZMVM, no se cuenta con un seguimiento de las acciones propuestas. En este contexto, el número de **ciudades con Proaire** refleja la respuesta que se da a la problemática de la calidad del aire a través de la paulatina adhesión de las zonas metropolitanas a esta política nacional. Aunque varias ciudades internacionales cuentan con programas dirigidos a combatir la contaminación del aire, no hay referencia internacional para este indicador.

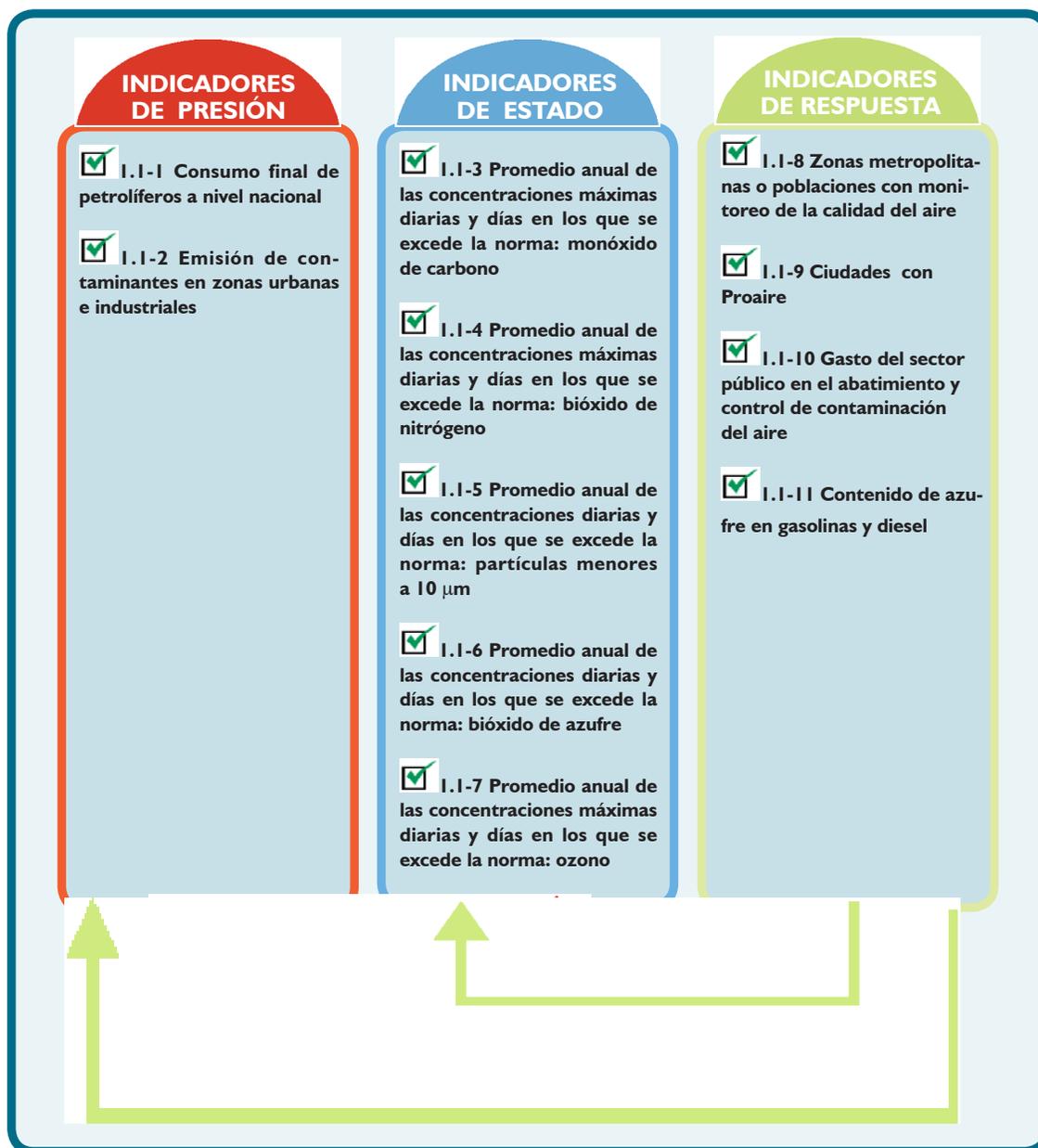
### **Inversión en el abatimiento y control de la contaminación del aire**

El estado es responsable de proveer y mantener una amplia variedad de bienes públicos (seguridad nacional, seguridad pública, salud y educación básicas, infraestructura, etc.), entre los que se encuentran los ambientales (conservación de la biodiversidad terrestre y marina, aire, agua, manejo y disposición de residuos, estabilidad de cuencas hidrológicas, etc.), los cuales deben ser de buena calidad. Para el problema de la contaminación se han propuesto diversas acciones orientadas a su mejora, sólo que llevarlas a cabo requiere de la inversión de recursos económicos (Quadri, 2002; OCDE, 2003). El control y abatimiento de la contaminación (CAC) se definen como aquellas actividades directamente enfocadas a la prevención, reducción y eliminación de la contaminación o problemas generados como resultado de los procesos de producción o consumo de bienes y servicios (OCDE, 2003). El indicador de **gasto del sector público en el abatimiento y control de la contaminación del aire** permite conocer el monto de los recursos que se asignan para prevenir y combatir la contaminación de la atmósfera y, cuando se interpreta en conjunto con indicadores sobre políticas ambientales, permite evaluar su eficiencia. El indicador es propuesto, ya sea agregado o desagregado por concepto (agua, aire suelo, etc.), por la OCDE, la Unión Europea en el Sistema Europeo de Recopilación de Información Económica sobre el Ambiente y por la ONU en el Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental (*European Communities*, 2002; Quadri, 2002; OCDE, 2003; UN *et al.*, 2003).

## **Combustibles mejorados**

Finalmente, una de las políticas prioritarias para mejorar la calidad del aire, se refiere a la mejora de los combustibles, tanto gasolina como diesel. En la actualidad, México cuenta con combustibles vehiculares de mejor calidad, sin embargo el contenido de azufre aún elevado ha impedido la introducción de tecnologías avanzadas de control de emisiones (Molina, 2004), como son los filtros y trampas para controlar la emisión de partículas. Tampoco pueden instalarse convertidores catalíticos más eficaces que reduzcan las emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) e hidrocarburos (HC), que son precursores del ozono (Molina, 2004). De hecho, la presencia de azufre en los combustibles aumenta el desgaste en el motor de los vehículos, deteriora el aceite lubricante, corroe el sistema de escape y disminuye la eficiencia y durabilidad del convertidor catalítico que ya está en uso en México (Gobierno del Estado de Jalisco *et al.*, 1997; Secretaría de Ecología *et al.*, 2002). Es por ello que el indicador **contenido de azufre en gasolinas y diesel** muestra el esfuerzo que se hace para reducir los efectos negativos directos e indirectos de este elemento.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la Sección de Calidad del Aire



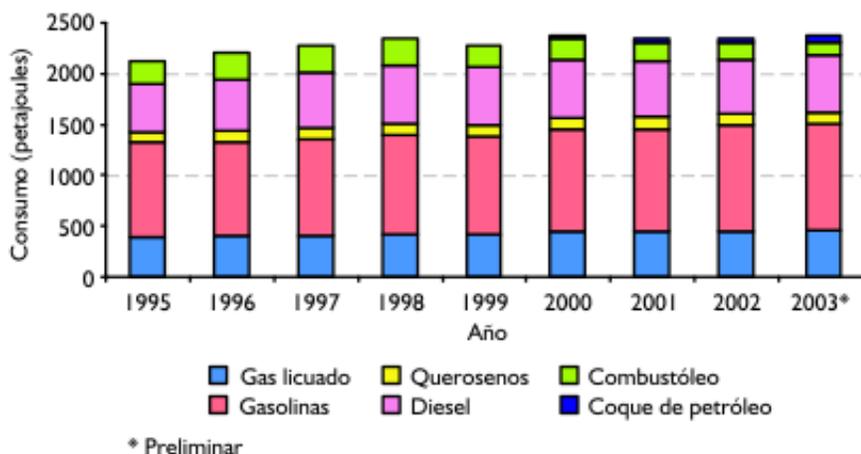
- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

**Justificación**

La quema de combustibles fósiles es una de las principales fuentes de emisión de contaminantes. Durante la combustión se emiten diversos compuestos como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos y se generan subproductos como el bióxido de azufre que generan contaminación del aire, lluvia ácida y cambios en el clima global. La calidad del aire es afectada principalmente en zonas urbanas, donde se concentran las actividades industriales y un mayor parque vehicular.

**Situación / Tendencia**

El consumo de petrolíferos a nivel nacional se incrementó 12.5% en el periodo 1995-2003. Las gasolinas representan el petrolífero consumido en mayor proporción (representando al menos 40% en cada año), en segundo lugar se encuentra el diesel, con aproximadamente un 22%; les siguen el gas licuado y el combustóleo. El consumo de este último ha disminuido debido a su paulatina sustitución por combustibles más limpios.



**Información complementaria**

- Volumen de la venta de petrolíferos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), 1986-2002 (IC 1.1-1 A)
- Volumen de la venta de gasolinas mejoradas en la ZMVM, 1986-2002 (IC 1.1-1 B)
- Volumen de la venta de diesel, combustóleo y gasóleo industrial en la ZMVM, 1986-2002 (IC 1.1-1 C)
- Comparación del parque vehicular y número de industrias en la ZMVM, ZMG, ZMM y Ciudad Juárez (IC 1.1-1 D)
- Composición del parque vehicular en la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT y Ciudad Juárez (IC 1.1-1 E)

**Comentarios al indicador**

Este indicador fue propuesto por *Environment Canada* en el tema de consumo de energía y está relacionado con cambio climático, lluvia ácida y deterioro de la calidad del aire. La OCDE lo propone como indicador ambiental en su compendio estadístico en el tema de energía y lo relaciona con los temas de calidad del aire y cambio climático.

Datos: Tabla Indicador 1.1-1

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.1-1

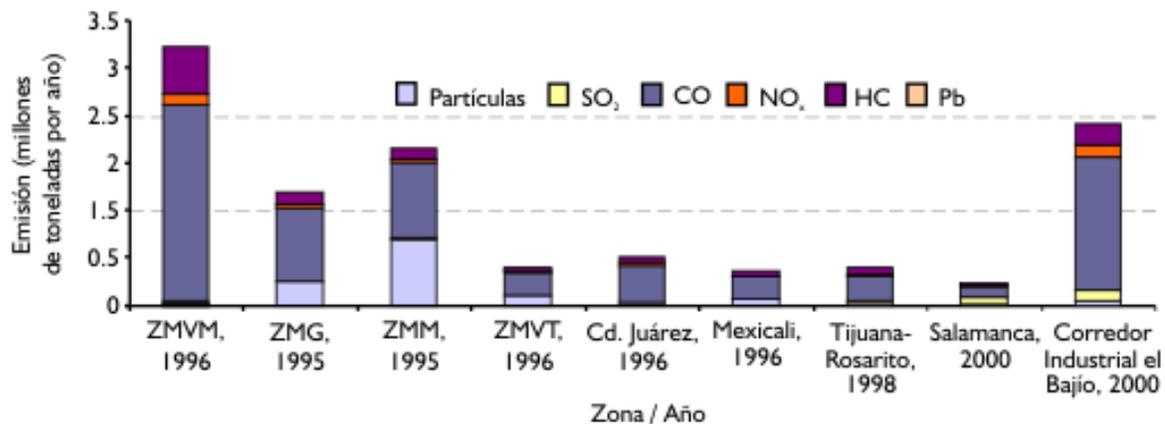
Fuente: Sener. Balance Nacional de Energía 2003. México. 2004.

**Justificación**

Aunque las condiciones climáticas son importantes, en general, entre mayores sean los niveles de emisión de contaminantes, mayores serán las concentraciones a las que están expuestas las poblaciones. Estos contaminantes liberados a la atmósfera son dañinos para la salud de la población.

**Situación / Tendencia**

La ZMVM emitió a la atmósfera la mayor cantidad de contaminantes (29% del total emitido por las nueve zonas), le siguieron en magnitud el Corredor Industrial el Bajío, ZMM, ZMG, Ciudad Juárez, ZMVT, Mexicali, Tijuana-Rosarito y finalmente Salamanca. En todas las zonas el monóxido de carbono fue el contaminante emitido en mayor proporción. En la ZMG, ZMM, ZMVT y Mexicali el segundo contaminante más emitido fueron las partículas, mientras que en la ZMVM, Ciudad Juárez, Tijuana-Rosarito y el Corredor Industrial el Bajío fueron los hidrocarburos. En Salamanca el SO<sub>2</sub> fue el segundo contaminante más emitido (37%).



ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México; ZMG: Zona Metropolitana de Guadalajara; ZMM: Zona Metropolitana de Monterrey; ZMVT: Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

**Información complementaria**

- Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuente, en algunas de las principales ciudades de México, 1995, 1996 y 1998 (IC 1.1-2 A)
- Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuente en la Zona Metropolitana del Valle de México 1994, 1996 y 1998 (IC 1.1-2 B)

**Comentarios del Indicador**

Los inventarios de emisiones son el resultado de procesos complejos y largos, se estima que la periodicidad adecuada para su evaluación es de dos años, pero las dificultades asociadas a la coordinación entre autoridades locales y federales han impedido su actualización regular. El desarrollo de los inventarios aquí presentados utilizó la misma metodología, por lo que las cifras son comparables.

**Datos:** Tabla Indicador 1.1-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.1-2

**Fuente:** Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. México. 2002. GEG, GMS, Delegación Federal Semarnat Guanajuato, Semarnat, Sener e IEG. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2003-2006. México. 2004.

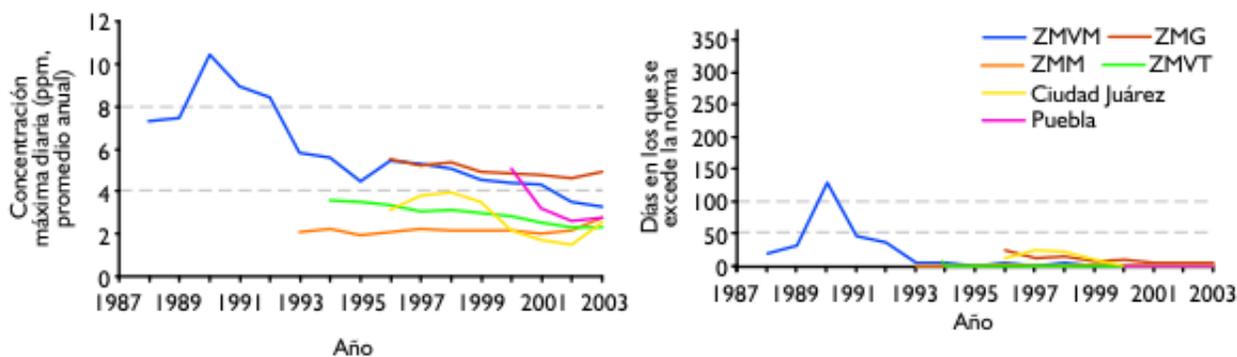
## PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: MONÓXIDO DE

### Justificación

El efecto del CO sobre la salud de las poblaciones varía dependiendo de la concentración atmosférica en que se encuentre y del tiempo de exposición. Este compuesto inhibe la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Los efectos se manifiestan principalmente en corazón y sistema nervioso central y la exposición a niveles altos en mujeres embarazadas puede afectar al feto. El CO es un gas producido por la quema de combustibles en el transporte y la industria, así como en la quema de bosques y pastizales.

### Situación / Tendencia

A partir de 1990 la concentración de CO ha mostrado una constante disminución en la ZMVM (55%; periodo 1988-2003). Las zonas metropolitanas que también han mostrado reducciones en los últimos años son la ZMG, ZMVT, Ciudad Juárez y Puebla (11, 36, 19 y 46% respectivamente). Monterrey mantuvo relativamente constantes sus niveles de CO en el periodo 1993-2002, pero en el 2003 tuvo un incremento importante del 31%, aun cuando sus niveles de CO siguen siendo de los más bajos entre las ciudades monitoreadas. En los últimos años (2001-2003) prácticamente no se han presentado días en los que se ha rebasado la norma para este contaminante. Sólo en la ZMG y ZMM se presentaron algunos días, aunque representan porcentajes muy bajos (inferiores a 2% de los días del año).



Norma (NOM-021-SSA1-1993): no exceder 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año.

### Información complementaria

- Impactos del monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre sobre la salud (IC 1.1-3 A)

### Comentarios al indicador

El límite permisible de concentración para el CO (NOM-021-SSA1-1993) se compara con la concentración máxima diaria, la cual se calcula a través de promedios móviles de ocho horas y de ellos se obtiene el valor máximo. En la publicación *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México* (2000), se incluyó la concentración de contaminantes en zonas urbanas con información de CO. *Environment Canada* maneja el mismo indicador pero a nivel nacional.

Datos: Tabla Indicador 1.1-3

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.1-3

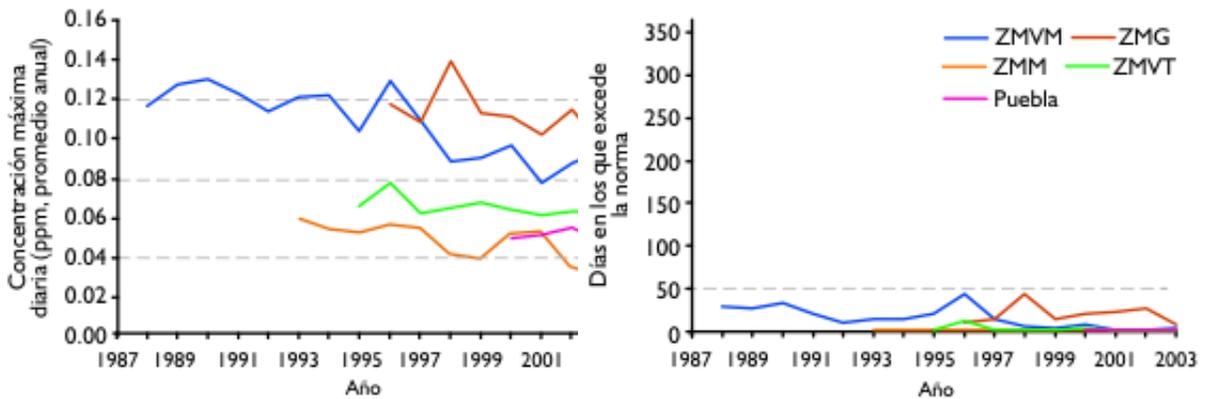
# PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: BIÓXIDO DE NITRÓGENO

### Justificación

El NO<sub>2</sub> es un precursor del ozono y cuando reacciona con otras sustancias, como el agua, genera ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida. Además, por sí solo, también genera efectos dañinos sobre la salud, entre los que destacan la irritación de ojos, nariz, garganta y pulmones. La exposición a concentraciones elevadas de NO<sub>2</sub> incrementa la morbilidad por causas respiratorias en niños menores de 5 años. Este compuesto se deriva de los procesos de combustión y es liberado al aire por vehículos motorizados y durante la quema de carbón, petróleo o gas natural.

### Tendencia

Desde que se inició el monitoreo de NO<sub>2</sub> su concentración en la atmósfera se ha mantenido en niveles que no rebasan la norma la mayor parte del año. La ZMM, ZMVM y ZMG son las que han mostrado las reducciones más importantes. Las zonas metropolitanas del Valle de México y Guadalajara son las que han tenido mayor ocurrencia de días en que se ha rebasado la norma aunque con tendencia a reducirse; para el año 2003, sólo se rebasó la norma para este contaminante en 2 y 6 días respectivamente.



Norma (NOM-023-SSA-I 1993): no exceder 0.21 ppm en una hora una vez al año.

### Información complementaria

- Impactos del monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre sobre la salud (IC 1.1-4 A)

**Datos:** Tabla Indicador 1.1-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.1-4

### Comentarios al indicador

El límite permisible de concentración para el NO<sub>2</sub> (NOM-023-SSA-I-1993) se compara con la concentración máxima diaria, la cual representa el valor máximo de los datos horarios reportados durante el día. La OCDE, *Environment Canada* y los *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México (2000)* incluyen la información referente a concentración de NO<sub>2</sub>, aunque en el caso de Canadá se maneja la información a nivel nacional. Este indicador se relaciona con el de la concentración de ozono en la atmósfera, ya que el NO<sub>2</sub> es considerado un precursor del ozono.

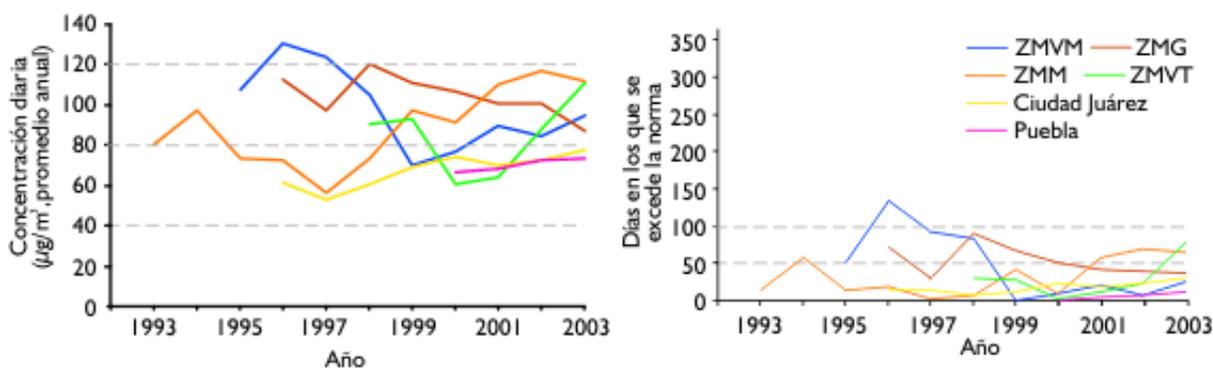
## PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: PARTÍCULAS MENORES A 10 $\mu\text{m}$

### Justificación

Las partículas menores a 10 micrómetros ( $\text{PM}_{10}$ ) sirven como núcleos de condensación del agua y de otros vapores, por lo que adsorben metales pesados y agentes microbiológicos que al ser inhalados se transportan a los pulmones. Los efectos sobre la salud dependen de la concentración de partículas a las que se exponen a las poblaciones. Las afectaciones más importantes son las infecciones respiratorias, alergias y asma. Estas partículas son producto de actividades y procesos naturales o antropogénicos como la construcción, los automotores a diesel, los incendios forestales, algunas industrias manufactureras y la resuspensión del polvo de las calles.

### Situación / Tendencia

El comportamiento de la concentración promedio de partículas es muy heterogéneo. Las únicas zonas que muestran una clara tendencia a la disminución de  $\text{PM}_{10}$  son la ZMVM (aunque con un incremento en los últimos años) y la ZMG. En contraste la ZMM, ZMVT, Ciudad Juárez y Puebla presentan tendencias crecientes en los últimos años. Este patrón en las concentraciones diarias se refleja en los días en los que se excedieron las normas en las zonas metropolitanas. De 1998 a la fecha, se observa una disminución en la ZMVM y ZMG mientras que en las ZMM, ZMVT, Ciudad Juárez y Puebla se han incrementado los días en los que se rebasó la norma.



Norma (NOM-025-SSA1-1993): no exceder 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas una vez al año.

### Información complementaria

- Impactos de las partículas sobre la salud (IC 1.1-5 A)

### Comentarios al indicador

El límite permisible de concentración para  $\text{PM}_{10}$  (NOM-025-SSA1-1993) se compara con la concentración diaria, la cual se calcula a través del promedio de 24 horas de los valores horarios. La OCDE, Environment Canada, EPA y los Indicadores de Desarrollo Sustentable en México (2000) incluyen información referente a concentración de partículas. Sin embargo, el tipo de partículas que se reporta varía en cada país.

Datos: Tabla Indicador 1.1-5

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.1-5

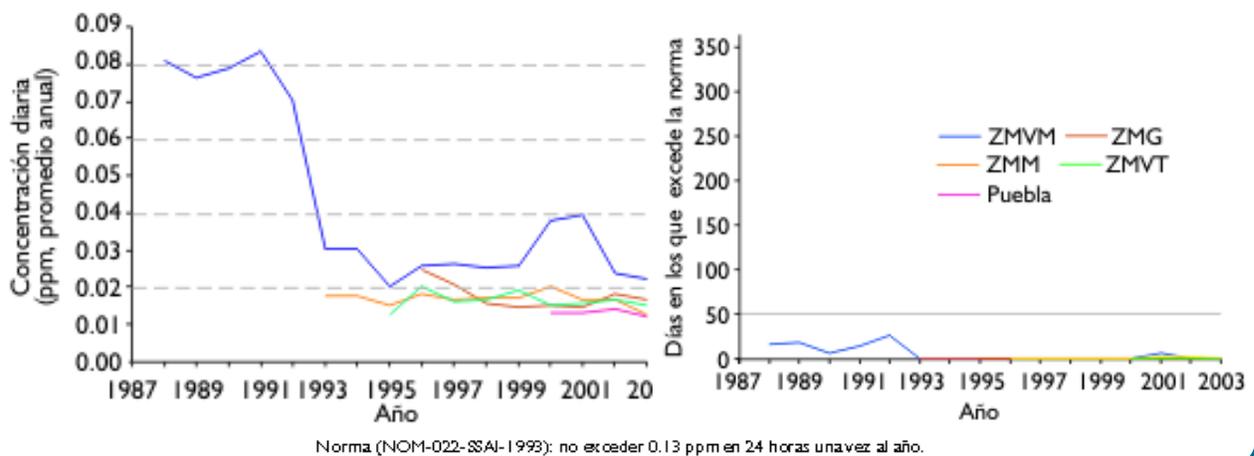
## PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: BIÓXIDO DE AZUFRE

### Justificación

El SO<sub>2</sub> da lugar a ácidos que causan la irritación e inflamación de las mucosas conjuntival y respiratoria. También se le ha asociado con un incremento de la morbilidad por causas respiratorias en niños menores de 5 años, así como bajo peso de los recién nacidos cuando sus madres estuvieron expuestas al contaminante. No obstante, existe una enorme variación en la sensibilidad a la exposición a SO<sub>2</sub> entre individuos. Este compuesto se genera tanto de fuentes naturales como de la combustión de compuestos ricos en azufre. Se produce principalmente por procesos industriales y durante la combustión de automotores que consumen combustibles con azufre.

### Situación / Tendencia

El promedio anual de la concentración diaria de SO<sub>2</sub> ha disminuido, entre 1988 y el 2003, un 73% en la ZMVM, 33% en la ZMG, 30% en la ZMM y 8% en Puebla. Aunque la ZMVT tuvo un incremento de 1995 a 1996 también presenta una tendencia a la baja a partir de 1996. Desde el año de 1993 prácticamente no se han presentado días en los que se exceda la norma en ninguna de las ciudades monitoreadas, excepto en la ZMVM con 7 días en el año 2001 y la ZMG que tuvo 3 días tanto en el 2001 como en el 2002.



### Información complementaria

- Impactos del monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre sobre la salud (IC 1.1-6 A)

### Comentarios al indicador

El límite permisible de concentración para el SO<sub>2</sub> (NOM-022-SSA1-1993) se compara con la concentración diaria, la cual se calcula a través del promedio de 24 horas de los valores horarios. El indicador de concentración de SO<sub>2</sub> es propuesto en los *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México* y por la OCDE en su publicación sobre indicadores ambientales así como en su compendio estadístico. *Environment Canadá* también lo propone aunque a nivel nacional.

**Datos:** Tabla Indicador 1.1-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.1-6

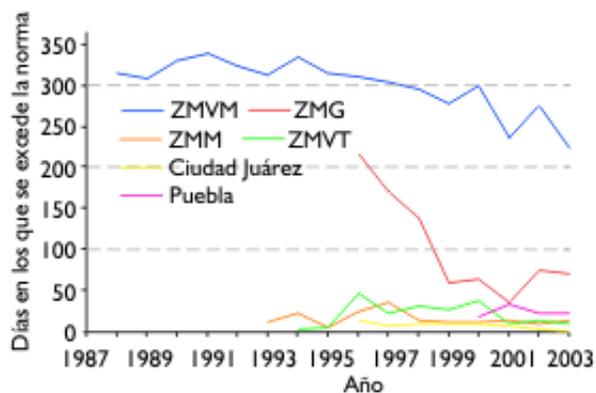
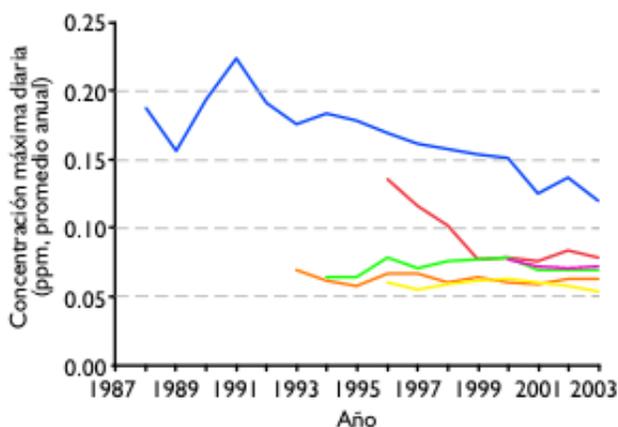
## PROMEDIO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS Y DÍAS EN LOS QUE SE EXCEDE LA NORMA: OZONO

### Justificación

El ozono (O<sub>3</sub>) es un contaminante secundario formado por reacciones de contaminantes primarios o precursores, como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV). El impacto del O<sub>3</sub> en la salud se debe a su capacidad de oxidación, que daña a las células en las vías respiratorias causando inflamación, además de que reduce la capacidad del aparato respiratorio para combatir infecciones y remover las partículas externas.

### Situación / Tendencia

El nivel de O<sub>3</sub> en la ZMVM, aunque muy elevado, muestra una permanente disminución de 1991 a la fecha (47% entre 1991 y 2003). En la ZMG, se observó una tendencia a la baja a finales de los noventas y de 1999 a la fecha ha habido pequeñas fluctuaciones que sugieren que el nivel de O<sub>3</sub> se ha mantenido. En la ZMM, Ciudad Juárez y Puebla las concentraciones de O<sub>3</sub> se han mantenido relativamente constantes no obstante las pequeñas variaciones. Este comportamiento se refleja en las tendencias del número de días que se excede la norma. La ZMVM a pesar de mostrar una reducción, aún presenta un elevado número de días donde se rebasa la norma (223 en el 2003). En la ZMG, a pesar de que también se han reducido todavía se reporta 19% de los días por arriba de la norma. En el resto de las ciudades el número de días en el 2003 oscila entre 1 y 22. El O<sub>3</sub> es el principal contaminante por el que las principales zonas urbanas del país reportan días en los que se excede el valor de la norma.



Norma (NOM-020-SSA1-1993): no exceder 0.11 ppm en una hora en un período de un año.

### Información complementaria

- Impactos del ozono sobre la salud (IC 1.1-7 A)

Datos: Tabla Indicador 1.1-7

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.1-7

### Comentarios al indicador

El límite permisible de concentración para el O<sub>3</sub> (NOM-020-SSA1-1993) se compara con la concentración máxima diaria, la cual representa el valor máximo de los datos horarios reportados durante el día. El indicador fue propuesto por *Environment Canada*, EPA y los *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México* (2000). Además, la OCDE incluye indicadores de la concentración de NO<sub>2</sub>, uno de los precursores del O<sub>3</sub>.

## ZONAS METROPOLITANAS O POBLACIONES CON MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

### Justificación

Un adecuado manejo de la calidad del aire requiere de un enfoque integral, que incluya entre otros elementos, un sistema de monitoreo del aire. A través del monitoreo se pueden conocer las tendencias de la calidad del aire, así como determinar qué zonas urbanas cumplen con las normas establecidas. Además permite definir políticas para el control de la contaminación.

### Situación / Tendencia

El mayor número de ciudades con monitoreo de la calidad del aire se concentra en el norte y centro del país. El indicador también muestra la falta de estaciones en el sur. Sonora y Tamaulipas son los estados con más ciudades (siete cada uno) que cuentan con estaciones de monitoreo.



### Información complementaria

- Tipos de estaciones de monitoreo y equipos de medición por tipo de contaminante en las zonas metropolitanas o poblaciones con monitoreo de la calidad del aire, 2004 (IC 1.1-8 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador debe interpretarse considerando el número de estaciones por zona metropolitana que se incluye como información complementaria. Los resultados del Cuestionario aplicado a estaciones de monitoreo en la República Mexicana se consideran preliminares, ya que aún se encuentran en fase de revisión por el área responsable. Por otro lado, aunque muchos países poseen sistemas de monitoreo, no se cuenta con referencia internacional sobre este indicador.

**Datos:** Tabla Indicador 1.1-8

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.1-8

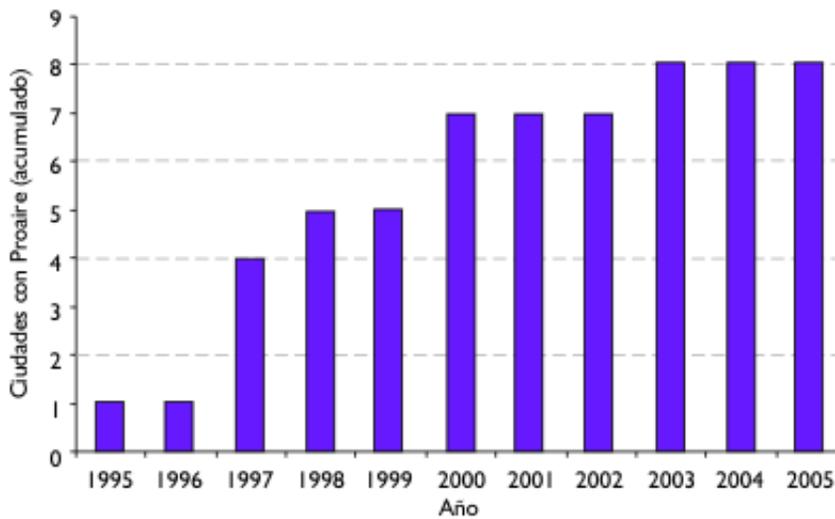
**Fuente:** Semarnat-INE. Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. *Resultados preliminares del Cuestionario aplicado a estaciones de monitoreo en la República Mexicana*. México. 2004.

**Justificación**

Como respuesta a la problemática de la calidad del aire se han desarrollado e implantado, en varias zonas metropolitanas, los programas para mejorar la calidad del aire (Proaires). Estos programas incorporan una visión de mediano y largo plazos y proponen acciones concretas para la reducción y el control de las emisiones.

**Situación / Tendencia**

En 1995 surgió el primer Proaire (para la ZMVM) y a lo largo de los años han ido surgiendo paulatinamente otros programas. Actualmente son ocho las ciudades que cuentan con Proaire, siendo el último publicado el de Salamanca.



**Información complementaria**

- Acciones propuestas en los Proaires por sector (IC 1.1-9 A)
- Proaires existentes (IC 1.1-9 B)

**Comentarios al indicador**

De las ocho ciudades para las que se ha desarrollado un Proaire, sólo la ZMVM ha actualizado su programa. No obstante, aunque para algunas ciudades el periodo para el que se planteó su Proaire ha terminado, se siguen llevando a cabo las acciones planteadas en ellos. Aunque varias ciudades internacionales cuentan con programas dirigidos a combatir la contaminación del aire, no hay referencia internacional para este indicador.

**Datos:** Tabla Indicador 1.1-9

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.1-9

**Fuentes:** DDF, GEM, Semarnap y SS. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000. México. 1996.

**Fuentes (continuación):** SEEM, SMAGDF, Semarnat y SS. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. México. 2002.

GEJ, Semarnat y SS. Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001. México. 1997.

GENL, Semarnat y SS. Programa de Administración de la Calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000. México. 1997.

GEM, Semarnat. Aire Limpio. Programa para el Valle de Toluca 1997-2000. México. 1997.

GECH, GMJ, Semarnat y Del. Fed. Semarnat Chihuahua. Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 1998-2002. México. 1998.

GEBC, GMM, Semarnat, SS y Delegación Federal. Semarnat Baja California. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005. México. 1999.

GEBC, GMT, IMP, GMPR, Semarnat y Delegación Federal Semarnat Baja California. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005. México. 2000.

GEG, GMS, Delegación Federal Semarnat Guanajuato, Semarnat, Sener e IEG. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2003-2006. México. 2004.

## GASTO DEL SECTOR PÚBLICO EN EL ABATIMIENTO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

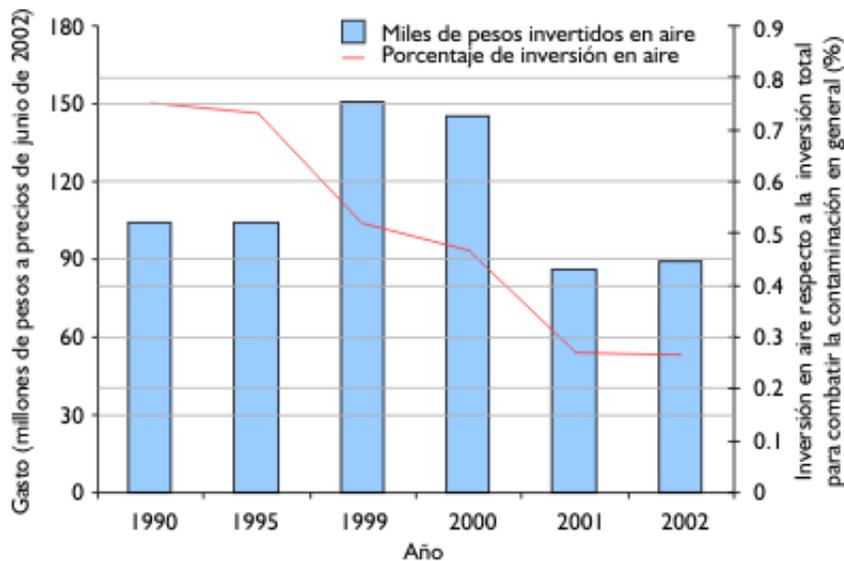
1.1-10

### Justificación

El Estado es responsable de proveer bienes públicos ambientales de calidad. En lo que se refiere a la calidad del aire se han propuesto diversas acciones orientadas a su mejora, pero su implementación requiere de la inversión de recursos

### Situación / Tendencia

La inversión para combatir la contaminación del aire en el periodo 1990-2002 ha oscilado entre aproximadamente los 150 y 86 millones de pesos (a precios de junio de 2002). Sin embargo, cuando esa cantidad se expresa en términos proporcionales al gasto total (gasto en aire, agua, residuos, suelos y desertificación, educación y salud ambientales y diversas actividades) se observa una reducción neta en la inversión. El porcentaje de inversión destinado a la mejora de la calidad del aire se ha mantenido por abajo del 1% desde 1990.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

El indicador se refiere al gasto en programas relativos a la regulación y prevención para evitar la contaminación del aire. Este indicador es utilizado por la OCDE (Gasto en control y mitigación de la contaminación en países OCDE), también es planteado por la Unión Europea en el Sistema Europeo de Recopilación de Información Económica sobre el Ambiente y por el Banco Mundial y la ONU en el Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental.

Datos: Tabla Indicador 1.1-10

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.1-10

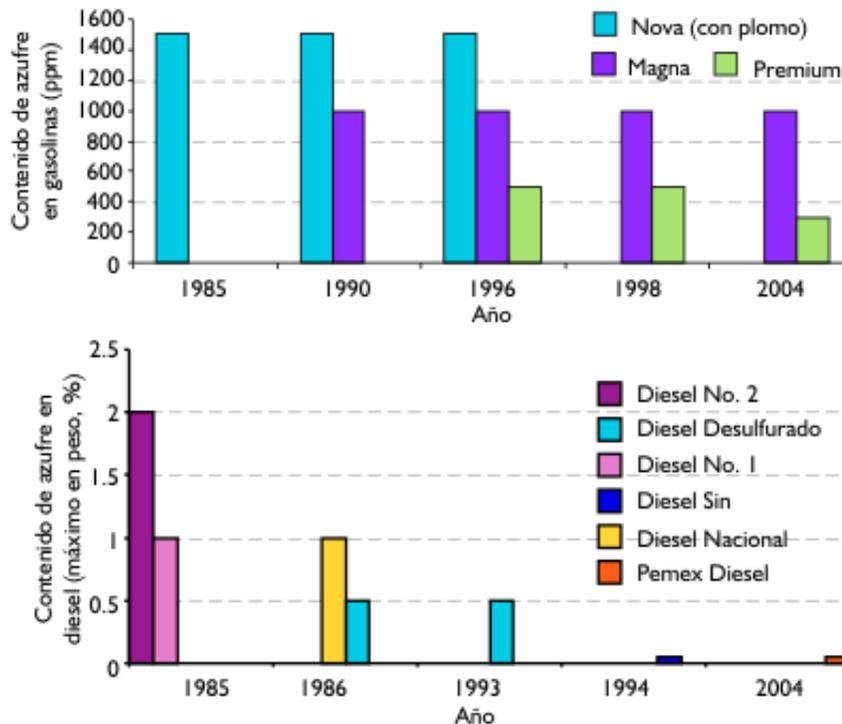
## CONTENIDO DE AZUFRE EN GASOLINAS Y DIESEL

### Justificación

El alto nivel de azufre en los combustibles vehiculares no permite el uso de filtros y trampas para controlar la emisión de partículas ni la instalación de convertidores catalíticos más eficaces que podrían reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) e hidrocarburos (HC), contaminantes precursores del ozono. Es por ello que la reducción de azufre en los combustibles es una medida que se refleja, no sólo en la reducción de la emisión de SO<sub>2</sub>, sino en la de partículas, NO<sub>x</sub> e HC y con ello en la concentración de ozono.

### Situación / Tendencia

El contenido de azufre en el diesel y en la gasolina se ha reducido de manera importante. Al menos en los últimos 15 años, las distintas formulaciones del diesel que se comercializan han mejorado. El contenido de azufre en el Pemex Diesel (0.3%) es 75% menor comparado con el contenido del Diesel número 2 (2%) que se vendía en los ochentas. Los contenidos de azufre de las gasolinas Premium (300 ppm) y Magna (1000 ppm) son 80 y 33% menores respectivamente si se comparan con el de la gasolina Nova (1 500 ppm) que se vendió hasta mediados de los años noventa.



### Información complementaria

- Especificaciones técnicas sobre la calidad del diesel y gasolinas Magna y Premium (IC 1.1-11 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

Datos: Tabla Indicador 1.1-11

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.1-11

Fuentes: Pemex. Calidad de combustibles y proyectos ambientales. México. 1996. Pemex. Productos. Pemex Diesel. Disponible en: <http://www.ref.pemex.com>  
 Pemex. Pemex Premium Bajo Azufre. Disponible en: <http://www.ref.pemex.com>  
 Pemex. Productos. Pemex Premium. Disponible en: <http://www.ref.pemex.com>

El clima de la Tierra no se ha mantenido constante, sino que ha sufrido variaciones naturales en el transcurso del tiempo. Sin embargo, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) señala que las actividades humanas han contribuido de manera importante al cambio observado en las últimas décadas. La superficie del planeta absorbe parte de la radiación solar, que posteriormente es convertida en calor; mientras el resto es irradiada nuevamente al espacio en longitudes de onda más largas (infrarrojas; IPCC, 2001; *Government of Canada*, 1999). En la atmósfera existen compuestos que se producen naturalmente, conocidos como gases de efecto invernadero o GEI: vapor de agua ( $H_2O$ ); bióxido de carbono ( $CO_2$ ); ozono ( $O_3$ ); metano ( $CH_4$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ), los cuales captan una gran parte de la energía irradiada por la Tierra y la regresan produciendo un calentamiento de la atmósfera y de la superficie terrestre (IPCC, 2001). A este fenómeno se le conoce como efecto invernadero; sin este efecto la Tierra sería en promedio  $33^{\circ}C$  más fría (*Government of Canada*, 1999; IPCC, 2001).

El IPCC ha definido el cambio climático como "... todo cambio en el clima a través del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas". Esta definición difiere de la que plantea la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés): "... un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial y que se suman a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables" (IPCC, 2001). El cambio climático es acelerado por el incremento de GEI en la atmósfera (IPCC, 2001; NAS, 2001). Aunque los GEI son emitidos por procesos naturales (e.g., en las reacciones microbianas, erupciones volcánicas y la evaporación del mar, entre otras; NAS, 2001), las actividades humanas (quema de combustibles fósiles, producción de refrigerantes, deforestación, cambio de uso de suelo, quema de biomasa, etc.) emiten cantidades adicionales de GEI, que se suman a otros que no ocurren naturalmente, como son los clorofluorocarbonos (CFC); hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y halones comúnmente usados en la refrigeración, aire acondicionado y, los últimos, como agentes extintores de fuego (IPCC, 2001). El  $CO_2$  es considerado el GEI más importante debido a su larga vida en la atmósfera (entre 5 y 200 años); a su forzamiento radiactivo ( $1.3-1.5 Wm^{-2}$ ), que es un índice de la importancia del factor como mecanismo potencial de cambio climático; y al significativo incremento de su concentración atmosférica (31 por ciento respecto a la época preindustrial); su potencial de calentamiento es de 1.0 y es usado como referencia para establecer el potencial del resto de los GEI (IPCC, 2001; NAS, 2001).

México contribuye con cerca del 2 por ciento de las emisiones de GEI a nivel mundial, muy lejos del primer lugar en emisiones, que son los Estados Unidos con más del 20 por ciento (EIA, 2004). Es importante resaltar, sin embargo, que aunque existen diferencias importantes en la magnitud de las emisiones por país, los GEI se dispersan en la atmósfera y el cambio climático ocurre a nivel global, afectando a todo el planeta (IPCC, 2001). Los principales cambios en el clima se observan en el incremento del nivel del mar y de la temperatura (atmosférica y marina superficial), cambios en los patrones de precipitación, en la reducción de la extensión y grosor de la capa de hielo terrestre (glaciares) y de los casquetes polares, así como cambios en las pautas de circulación atmosférica y oceánica (mayor frecuencia, persistencia e intensidad de los fenómenos de El Niño-Oscilación del Sur) (Magaña, 1999; IPCC, 2001; NAS, 2001).

Existen diversos estudios sobre la vulnerabilidad de México ante el cambio climático. Entre ellos destacan las evaluaciones sobre los efectos que tendría en la agricultura de temporal y el sector pesquero. También son notorios los efectos de El Niño en 1988, por ejemplo, con la reducción de la producción de erizo, langosta, abulón y camarón, así como en el incremento de los incendios forestales. En función de los cambios de temperatura y precipitación, se ha estimado que en México los tipos de vegetación más afectados serán los bosques templados, los bosques tropicales y los bosques mesófilos de montaña (Conabio, 2002).

Los efectos sobre la población humana también son importantes. En el país existen cerca de 20 millones de habitantes asentados en lugares de alto riesgo de inundación, lo que los hace vulnerables ante las variaciones climáticas (inundaciones y huracanes; Magaña y Gay, 2002). Cifuentes y colaboradores (2001) estimaron los beneficios de la adopción de tecnologías de mitigación de los GEI en las ciudades de México, Nueva York, Santiago y São Paulo. En particular señalaron que la reducción de la emisión de materia particulada y de ozono en un 10 por ciento evitaría cerca de 64 mil muertes prematuras, 65 mil casos de bronquitis crónica y 37 millones de días-persona de actividad restringida o pérdida de trabajo en las próximas dos décadas.

A escala global, las proyecciones indican que la concentración de CO<sub>2</sub> en el año 2100 podría ser de entre 540 y 970 partes por millón y que el aumento de la temperatura media de la superficie del planeta será de 1.4 a 5.8°C en el periodo 1990-2100. También es probable que las precipitaciones aumenten en las regiones situadas en latitudes altas y septentrionales. Mientras tanto, en Australia, América Central y África meridional las precipitaciones de invierno probablemente continuarán descendiendo. Se ha proyectado que el nivel medio mundial del mar se elevará entre 9 y 88 centímetros de 1990 a 2100, aunque con importantes variaciones regionales (IPCC, 2001).

Ante este escenario se requieren medidas a nivel internacional que fomenten la participación de todos los países. En este contexto, México firmó y ratificó (en 1992 y 1993, respectivamente) la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático (Semarnap-INE, 1999; UNEP, 2002). Como instrumento de la UNFCCC surgió el Protocolo de Kyoto, el cual plantea la reducción cuantificada de emisiones y mecanismos de flexibilidad para lograrla. México firmó este protocolo en 1998 y lo ratificó en el 2000 como país “no Anexo I” (es decir, el de los países en desarrollo; Semarnap-INE, 1999). Actualmente, los países están trabajando en el cumplimiento de sus compromisos ante la UNFCCC y el Protocolo de Kyoto, que entró en vigor en febrero de 2005 (UNFCCC, 2003, 2004).

México ha cumplido con sus compromisos internacionales e incluso ha tomado la iniciativa en el desarrollo de programas y estudios en materia de cambio climático. Ha publicado dos comunicaciones nacionales con inventarios de emisiones de GEI y trabaja en la evaluación de la vulnerabilidad del país. También cuenta con estudios y programas sobre tecnologías para la mitigación del cambio climático en las áreas energética y forestal a través de una larga lista de programas e iniciativas. Destacan entre ellos el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), el uso de combustibles más limpios, la promoción de las energías renovables y programas orientados a conservar y manejar los ecosistemas forestales para fomentar la conservación y restauración de superficies forestales que capturen carbono. Aunado a ello, en enero de 2004 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la creación del Comité Mexicano para Proyectos de Reducción y Captura de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (DOF, 2004) y en agosto de 2004 se creó el Programa GEI México (programa piloto mexicano para el cálculo y reporte de los GEI). Este último consiste en un acuerdo conjunto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés). México es, además, el primer país en adoptar estándares internacionalmente aceptados para calcular y notificar las emisiones de gases con efecto de invernadero de las empresas como parte de un programa nacional voluntario (WRI, 2004).

### **Consumo de combustibles fósiles**

La quema de combustibles fósiles emite diversos contaminantes, entre los que se encuentra el CO<sub>2</sub> (EPA, 2002). La emisión de CO<sub>2</sub> derivada del consumo de combustibles fósiles es responsable de la mayor parte del incremento de la concentración atmosférica del mismo gas (Schwartz, 1993; IPCC, 2001; NAS, 2001; *Environment Canada*, 2002). No obstante, este gas también es emitido como consecuencia de la tala forestal, quema de biomasa y otros procesos no energéticos como la producción de cemento, la cual contribuye con un 2.4 por ciento del total global de las emisiones (Hendriks *et al.*, 1998; IPCC, 2001; EPA, 2002). De los gases de efecto invernadero (GEI), el CO<sub>2</sub> es considerado el más importante, ya que se caracteriza por una elevada persistencia en la atmósfera que varía entre los 5 y 200 años y es el gas que se emite en mayor proporción (Ledley, 1999; IPCC, 2001). También en México la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> se produce por la quema de combustibles (Semarnat, 2002). La **emisión mundial de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles** refleja el nivel de presión global que se ejerce, de la misma manera que la **emisión nacional de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles** muestra la presión a nivel local. Estos indicadores son propuestos en diversas iniciativas internacionales impulsadas por la OCDE, *Environment Canada*, EPA y EEA, entre otras (OCDE, 1998; *Environment Canada*, 2002; EEA, 2002; EPA, 2003).

### **Cambio de uso del suelo y silvicultura**

Cerca de tres cuartas partes de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> de los últimos 20 años se han generado por la quema de combustibles fósiles, el resto (del 10 al 30 por ciento) se debe principalmente a cambios en el uso del suelo, siendo la deforestación el principal proceso involucrado (IPCC, 2001). La vegetación terrestre y los océanos captan juntos aproximadamente la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2001). La eliminación de la cubierta vegetal altera el balance del flujo de carbono (Houghton, 2000; WRI, 2000), ya que al mismo tiempo que se reduce la cantidad de carbono que puede ser fijado por las plantas, éste se genera por la descomposición de materia orgánica (Semarnat-INE, 2004). En contraste, mediante la reforestación se promueve la captura de carbono (Semarnat-INE, 2004). Para dar una idea de la importancia de la eliminación de la cubierta vegetal, un estudio sobre el flujo anual de carbono en el Amazonas reportó que se emitieron 200 millones de toneladas anuales de carbono en el periodo 1989-1998 por efecto de la deforestación y el abandono de tierras agrícolas (Houghton, 2000). En México, aunque no se cuenta con una serie histórica, se tiene una estimación para el año de 1996 de la **emisión y captura nacional de CO<sub>2</sub> por cambio de uso del suelo y silvicultura** que refleja la presión que ejerce una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>. La EPA incluye en sus inventarios de emisiones la información referente a emisión por cambio de uso de suelo y silvicultura (EPA, 2003).

### **Concentración global de CO<sub>2</sub>**

El CO<sub>2</sub> se presenta de manera natural en la atmósfera, sin embargo, su concentración ha aumentado significativamente (IPCC, 2001). Este incremento promueve el calentamiento global y, con ello, el cambio climático (OCDE, 1998; IPCC, 2001; NAS, 2001; EPA, 2002). La **concentración global atmosférica de CO<sub>2</sub>** refleja el estado de la atmósfera en lo que a concentración de CO<sub>2</sub> se refiere, además es un indicador indirecto de su emisión al aire. El indicador es propuesto, entre otras iniciativas, por la OCDE, *Environment Canada* y EPA (OCDE, 1998; *Environment Canada*, 2002; EPA, 2003).

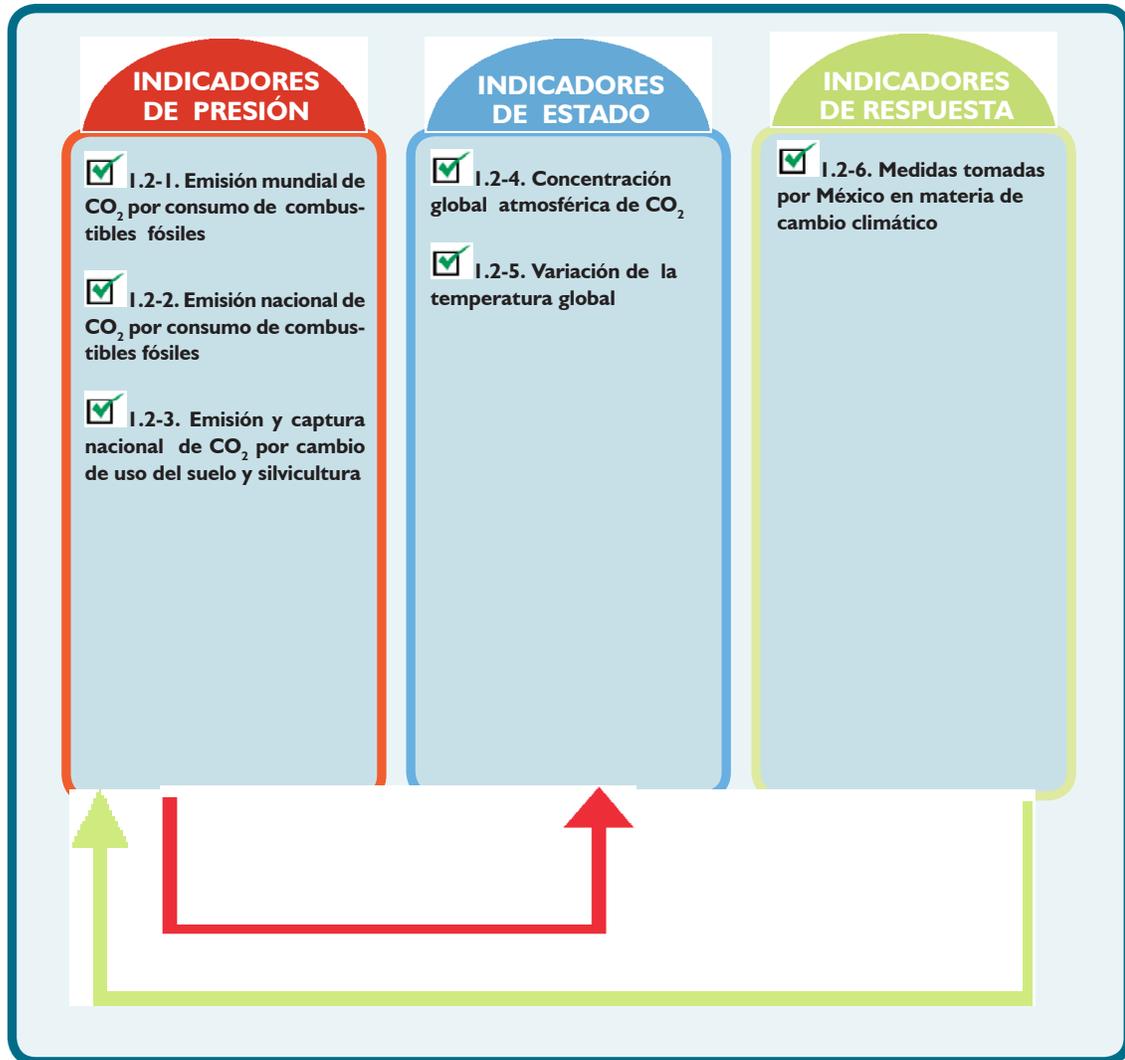
### **Temperatura global**

Si bien el clima varía naturalmente, los registros y los modelos climáticos desarrollados sugieren que la mayor parte del calentamiento de los últimos 50 años se debe al incremento de los GEI generados por las actividades humanas (IPCC, 2001; NAS, 2001). El IPCC plantea que la temperatura media mundial en la superficie ha aumentado 0.6 + 0.2°C desde fines del siglo XIX. Además, los años noventa, y en particular 1998, parecen haber sido el decenio y el año más cálidos respectivamente desde 1961 (IPCC, 2001). El aumento de la temperatura, asociado con el cambio climático, ha afectado los sistemas hidrológicos, así como los ecosistemas terrestres y marinos en muchas partes del mundo, incluido México. Algunos de sus efectos pueden observarse en la mayor frecuencia, persistencia e intensidad de los fenómenos de El Niño; aumento de la precipitación en latitudes medias y altas del hemisferio norte; sequías en algunas zonas de África y Asia; en la reducción o expansión de las áreas de distribución de diversas especies de invertebrados, peces, insectos, aves y plantas; el blanqueamiento en los arrecifes de coral; el adelanto de la floración en muchas especies de plantas y el anticipo en la llegada y reproducción de aves migratorias, entre otros (IPCC, 2001; NAS, 2001; Townsend *et al.*, 2002; CBD, 2003). En este contexto, la **variación de la temperatura global** refleja el cambio histórico de una de las variables climáticas más importantes en la regulación del clima general y se complementa con el indicador concentración global atmosférica de CO<sub>2</sub>. El indicador es propuesto por diversas iniciativas internacionales de indicadores como la OCDE, *Environment Canada*, EPA y la EEA (OCDE, 1998; EEA, 2002; *Environment Canada*, 2002; EPA, 2003).

### ***Medidas nacionales ante el cambio climático***

El cumplimiento de los compromisos adquiridos por México ante la UNFCCC, relacionados con la mitigación, adaptación y transferencia de tecnología, así como la puesta en marcha de las iniciativas que generen un mayor conocimiento de los efectos, causas y vulnerabilidad ante el cambio climático, significarán una mayor contribución del país a la solución de este problema, así como una mayor posibilidad de adaptación a sus efectos (Semarnap-INE, 1999, 2001; Magaña y Gay, 2002). Debido a que el cambio climático es un tema que México, junto con el resto del mundo, asumió hace relativamente poco tiempo, varias de las medidas que se están tomando se refieren a programas, estudios y evaluaciones que eventualmente impulsarán acciones concretas, y aunque algunas de ellas ya están funcionando, los resultados comenzarán a mostrarse en el futuro. Es por ello que el indicador ***medidas tomadas por México en materia de cambio climático***, aunque descriptivo, permite evaluar el avance de México en el cumplimiento de los compromisos adquiridos, así como en la adopción de medidas formuladas como iniciativa nacional. Las iniciativas internacionales de indicadores ambientales como las de la OCDE, *Environment Canada*, EPA y EEA, entre otras, no incluyen un indicador de este tipo, ya sea porque no incluyen indicadores de respuesta, porque incluyen indicadores relacionados con acciones puntuales (e.g., eficiencia energética, intensidad de consumo de combustibles fósiles, precios e impuestos en energía) o porque mencionan las acciones en sus análisis (OCDE, 1998; EEA, 2002; *Environment Canada*, 2002; EPA, 2003).

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la Sección de Cambio Climático



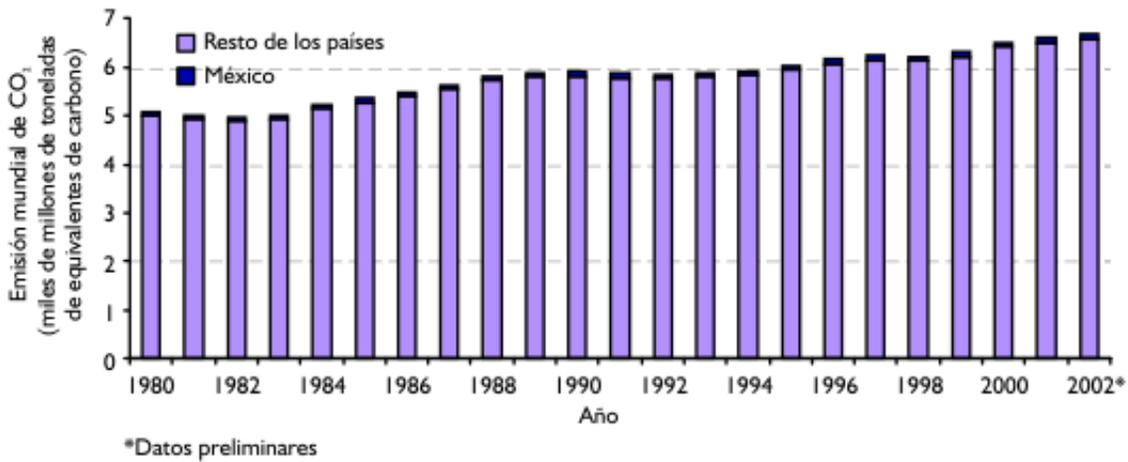
- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

**Justificación**

Aunque el CO<sub>2</sub> se genera en procesos naturales, el IPCC plantea que el incremento de la concentración atmosférica global de CO<sub>2</sub> en el presente se debe a su emisión por actividades humanas, entre las que destaca el consumo de combustibles fósiles. La emisión de CO<sub>2</sub> varía entre países, por ello, con el fin de establecer políticas y dar seguimiento a convenios internacionales, se requiere conocer los niveles históricos de emisión mundial de CO<sub>2</sub> y, en el caso de México, su aportación al total.

**Situación / Tendencia**

La emisión mundial de CO<sub>2</sub> se incrementó un 31.6% entre 1980 y 2002. Los países que contribuyen con la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> son Estados Unidos, China, Rusia, Japón y la India (en 2002 emitieron alrededor del 52% del total mundial de emisiones de CO<sub>2</sub>; el mismo año las emisiones de Estados Unidos representaron el 23.4% del total). Las contribuciones de México han representado entre 1.3 y 1.7% de las emisiones totales.



**Información complementaria**

- Emisión mundial de CO<sub>2</sub> por consumo y quema de combustibles fósiles. Contribución de los principales países emisores, 2002 (IC 1.2-1 A)
- Emisión mundial de CO<sub>2</sub> por consumo y quema de combustibles fósiles, por región, 1980-2002 (IC 1.2-1 B)
- Emisión mundial de CO<sub>2</sub> por producción de cemento, 1940-1998 (IC 1.2-1 C)

**Comentarios al indicador**

La OCDE propone el indicador desagregado por países, como total de países OCDE y a nivel mundial. También es propuesto por la EPA y por la EEA que lo desagrega por fuentes, mientras que *Environment Canada* lo presenta en forma agregada con CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Debido a que los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero de México no cuentan con información para todos los años, para este indicador se usaron los datos estimados por la fuente.

**Datos:** Tabla Indicador 1.2-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.2-1

Fuente: EIA. *International Energy Annual 2002. Carbon dioxide emissions from use of fossil fuels*. 2004. Disponible en: [www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html](http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html)

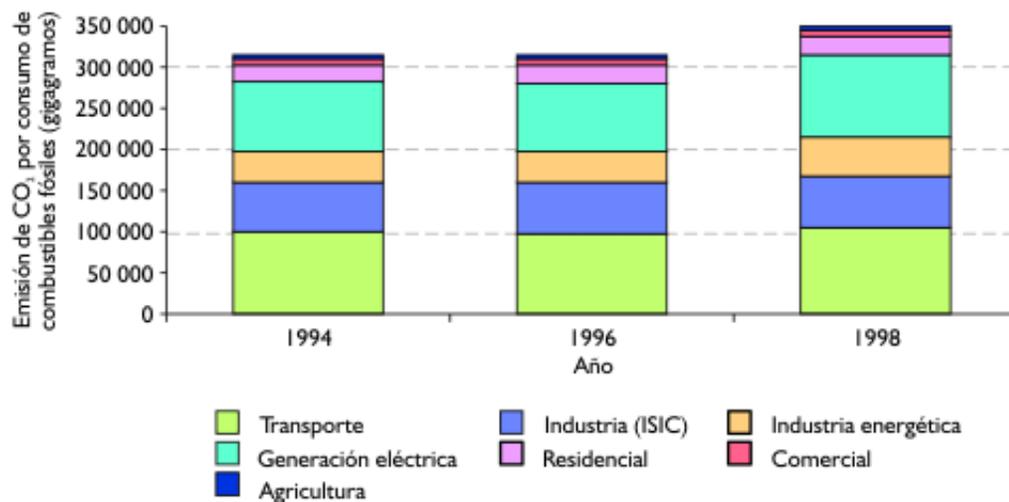
## EMISIÓN NACIONAL DE CO<sub>2</sub> POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

### Justificación

La emisión de CO<sub>2</sub> derivada del consumo de combustibles fósiles es responsable de la mayor parte del incremento de la concentración atmosférica de ese gas. De los gases de efecto invernadero (GEI), el CO<sub>2</sub> es considerado el más importante, ya que se caracteriza por una elevada persistencia en la atmósfera, que varía entre los 5 y 200 años.

### Situación / Tendencia

En 1998, la emisión total de CO<sub>2</sub> fue mayor en un 11.5 y 11.3% que en 1994 y 1996, respectivamente. La diferencia de emisiones entre 1996 y 1994 fue mínima (0.1%). En estas tres fechas, el transporte fue el principal responsable de la emisión de CO<sub>2</sub>, ya que contribuyó con al menos el 30% de las emisiones totales de cada año. En segundo lugar se encuentra la generación eléctrica, con emisiones de entre el 26 y 29%. La industria, según la clasificación internacional, contribuyó con alrededor del 20% de las emisiones, la industria energética con cerca del 12%, mientras que los sectores residencial, comercial y agrícola fueron los que menos CO<sub>2</sub> emitieron (con 7, 2 y 2%, respectivamente).



### Información complementaria

- Contribución de la quema de combustibles a las emisiones nacionales totales de CO<sub>2</sub>, 1994, 1996 y 1998 (*IC 1.2-2 A*)
- Resumen del Inventario Nacional de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, 1990, 1994, 1996 y 1998 (*IC 1.2-2 B*)

**Datos:** Tabla Indicador 1.2-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.2-2

### Comentarios al indicador

El indicador ha sido propuesto por la OCDE y la EEA. Se presenta desagregado por fuentes (en el caso de la EEA) o bien por países, a nivel mundial y como intensidad de emisión (OCDE, emisiones por unidad de Producto Interno Bruto). También es propuesto por *Environment Canada* y por la EPA, quienes presentan la emisión de gases de efecto invernadero que incluye al CO<sub>2</sub>. Aunque también existe información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero para México en 1990, la metodología con la que se estimaron no es comparable con la de 1994, 1996 y 1998. Por ello, no se incluye la información en el indicador pero sí en la sección de información complementaria.

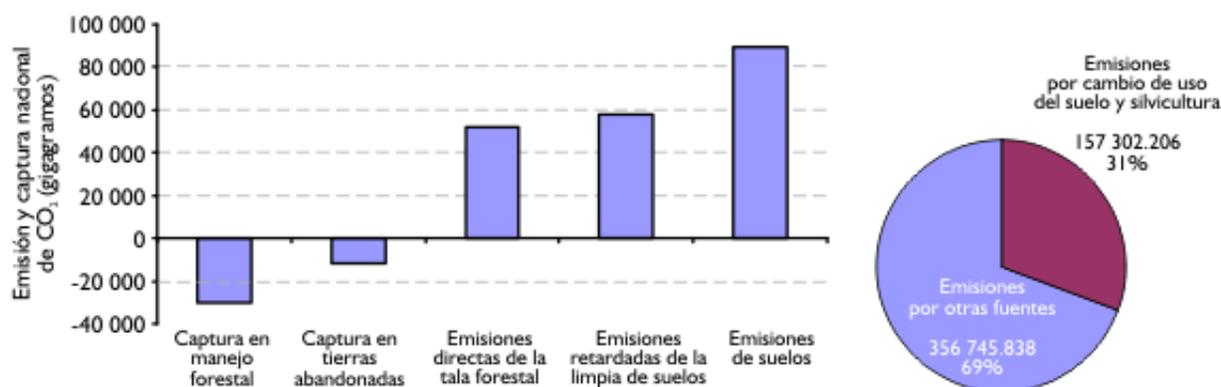
## EMISIÓN Y CAPTURA NACIONAL DE CO<sub>2</sub> POR CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

### Justificación

Los cambios en el uso del suelo, y principalmente la deforestación, generaron en los últimos 20 años entre el 10 y el 30% de las emisiones antropogénicas mundiales de CO<sub>2</sub>. La eliminación de la cubierta vegetal altera el balance del flujo de carbono, ya que con ella se reduce la cantidad de carbono que puede ser fijado por las plantas y se genera la descomposición de la materia orgánica, lo que provoca la emisión de CO<sub>2</sub>. En contraste, la reforestación promueve su captura.

### Tendencia

Del total de CO<sub>2</sub> emitido asociado a los cambios de uso del suelo y la silvicultura, los suelos contribuyeron con el 56.7%, las emisiones retardadas de la limpia de suelos con el 36.8% y las emisiones directas de la tala forestal con el 33.1%. Por su parte, el CO<sub>2</sub> capturado por el manejo forestal representó el -19.2% y la captura en tierras abandonadas fue de -7.5%. El cambio de uso del suelo y la silvicultura contribuyen con cerca de la tercera parte (31%) de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del país.



### Comentarios al indicador

El indicador presenta valores positivos y negativos, ya que los primeros se refieren a la emisión de CO<sub>2</sub> y los segundos a su captura. Aunque existen inventarios nacionales de emisiones para los años 1990, 1994, 1996 y 1998, en este indicador sólo se incluyen las emisiones por cambio de uso del suelo y silvicultura de 1996. Esto se debe a que en 1994 y 1998 no se dispone de información para ese sector y las estimaciones de 1990 se obtuvieron con una metodología diferente, lo que hace que la información no sea comparable con el resto de los años. La mayoría de las iniciativas internacionales de indicadores ambientales incluyen indicadores referentes a la emisión de CO<sub>2</sub> derivada del consumo de combustibles fósiles. No obstante, en los inventarios de emisiones de diversos países se incluye la emisión derivada del cambio de uso de suelo y silvicultura, como es el caso del inventario de emisiones de los Estados Unidos.

### Información complementaria

- Estimaciones del potencial de captura de carbono por entidad federativa (*IC 1.2-3 A*)
- Potencial de absorción de carbono en el sector forestal en un periodo de 100 años (*IC 1.2-3 B*)
- Estimaciones del valor de los depósitos de carbono en los bosques.

**Datos:** Tabla Indicador 1.2-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.2-3

CONCENTRACIÓN GLOBAL ATMOSFÉRICA DE CO<sub>2</sub>

1.2-4

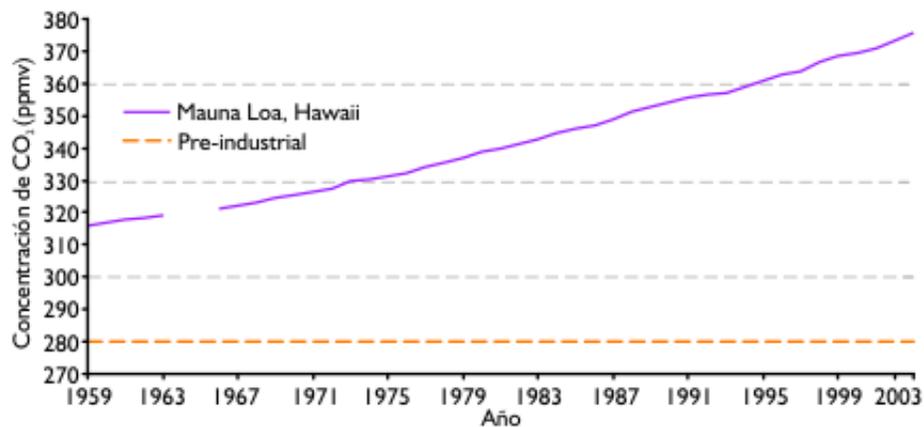
ESTADO

**Justificación**

El CO<sub>2</sub> se presenta naturalmente en la atmósfera pero, al ser un gas de efecto invernadero (GEI), también contribuye con el calentamiento global. La concentración global de CO<sub>2</sub> refleja el estado de la atmósfera y es un indicador indirecto de su emisión al aire.

**Tendencia**

La concentración global de CO<sub>2</sub> se incrementó en un 19% durante el periodo 1959-2003. De acuerdo con la información del indicador, la concentración de CO<sub>2</sub> en el 2003 fue 34% mayor que aquella registrada en la época pre-industrial.



Nota: debido a que el CO<sub>2</sub> es un gas que se dispersa fácilmente en la atmósfera, las mediciones hechas en cualquier parte del mundo se consideran representativas. Se escogieron los datos de Mauna Loa, ya que representan el registro histórico continuo más largo que se tiene en el mundo.

**Información complementaria**

- Concentración global atmosférica de metano, 1986-2001  
( IC 1.2-4 A )
- Concentración global atmosférica de óxido nitroso, 1979-2001  
( IC 1.2-4 B )

**Comentarios al indicador**

La OCDE propone como indicador la concentración de gases de efecto invernadero, entre los que incluye al CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (además de los otros gases controlados por el Protocolo de Montreal referentes a las sustancias agotadoras de la capa de ozono estratosférico y que también son GEI). *Environment Canada* y EPA proponen un indicador sobre la concentración de CO<sub>2</sub>.

**Datos:** Tabla Indicador 1.2-4

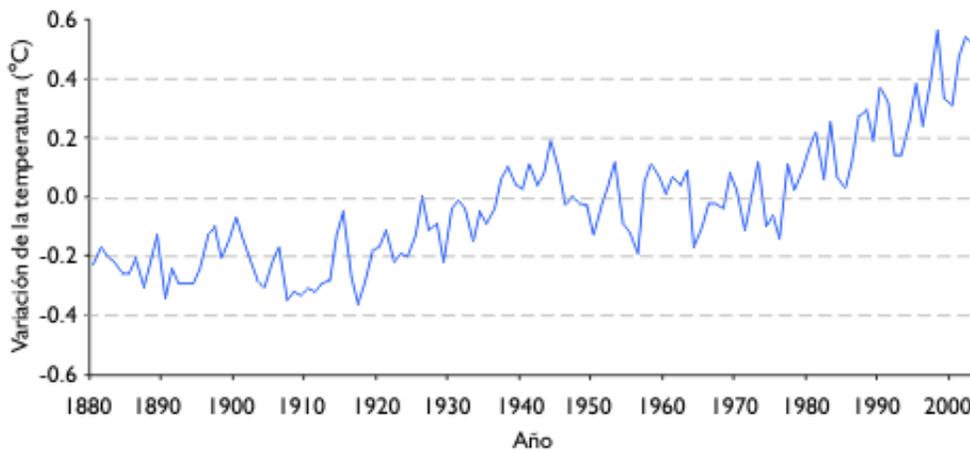
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.2-4

**Justificación**

El incremento de la temperatura media mundial, asociado con el cambio climático, ha afectado los sistemas hidrológicos así como los ecosistemas terrestres y marinos en muchas partes del mundo, incluido México. Algunos de sus efectos pueden observarse en la mayor frecuencia, persistencia e intensidad de los fenómenos de El Niño; cambios en los patrones de precipitación; sequías y reducción o expansión de áreas de distribución de diversas especies, entre otros.

**Situación / Tendencia**

La temperatura global presenta una tendencia constante a incrementarse. En los últimos diez años se registraron 0.4°C de variación promedio por arriba de la media del periodo 1951-1980. En particular en 2003 se registró un aumento de 0.51°C, mientras que el mayor incremento se observa en 1998 con una variación de 0.56°C respecto a la media. Esto es consistente con lo reportado por el IPCC ( $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ) en cuanto a la dimensión del incremento.



Nota: el cero representa la temperatura media de 30 años (1951-1980)

**Información complementaria**

Este indicador no tiene información complementaria.

**Comentarios al indicador**

Algunas iniciativas internacionales (por ejemplo, *Environment Canada*, EEA y EPA) utilizan este indicador. Las variaciones de temperatura proporcionan mayor información que las temperaturas absolutas, por ejemplo, indican que tanto más caliente o frío de lo normal es un lugar.

**Datos:** Tabla Indicador 1.2-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.2-5

Fuente: NASA. Goddard Institute for Space Studies. *Surface Temperature Analysis*. 2004. Disponible en: <http://www.giss.nasa.gov/data/update/gistemp/>

## MEDIDAS TOMADAS POR MÉXICO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

### Justificación

El cumplimiento de los compromisos adquiridos por México ante la UNFCCC relacionados con la mitigación, adaptación y transferencia de tecnología, así como la puesta en marcha de iniciativas que generen un mayor conocimiento de los efectos, causas y vulnerabilidad ante el cambio climático, significará una mayor contribución del país a la solución de este problema, así como una mayor posibilidad de adaptación a sus efectos.

### Tendencia

México ha cumplido con los compromisos tanto nacionales como internacionales y ha impulsado iniciativas propias en los dos niveles.

Medidas, compromisos o acciones tomadas	Observaciones
Desarrollo de los Inventarios Nacionales de Emisión de GEI 1990, 1994, 1996, 1998.	Actualmente se encuentra en proceso una actualización del inventario.
Presentación de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2001).	Hasta junio de 2004, sólo tres países no Anexo I han presentado su segunda comunicación nacional (México, Corea y Uruguay). Fuente: UNFCCC. <i>Table of National Communications</i> . Disponible en: <a href="http://unfccc.int/resource/natcom/nc">http://unfccc.int/resource/natcom/nc</a>
Creación del Comité Mexicano para Proyectos de Reducción y Captura de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y designación de Autoridad Nacional Designada (2004).	Fuente: DOF. <i>Acuerdo por el que se crea con carácter de permanente la Comisión Intersecretarial denominada Comité Mexicano para Proyectos de Reducción y Captura de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero</i> . Diario Oficial de la Federación. México. 2004 (23 de enero).
Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación regional al cambio climático en México (2002).	Estudio elaborado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, a solicitud del Instituto Nacional de Ecología, Semarnat. Fuente: Magaña, V. O. y Gay. C. <i>Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos</i> . <i>Gaceta Ecológica</i> 65: 7 - 23. 2002
Políticas de mitigación incluidas en el sector forestal en los siguientes programas o iniciativas: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan)</li> <li>* Programa para el Desarrollo Forestal (Prodefor)</li> <li>* Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales (Procymaf)</li> <li>* Programa Nacional de Reforestación (Pronare)</li> <li>* Programa de Conservación y Restauración del Suelo</li> <li>* Investigación y desarrollo apoyados por el Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT</li> <li>* Fondo Forestal Mexicano</li> <li>* Ley General para el Desarrollo Forestal Sustentable</li> <li>* Acuerdos internacionales</li> <li>* Proyectos de desarrollo forestal sustentable: Manejo Forestal Sustentable y Aprovechamiento de los Productos no Maderables de la Comunidad Purépecha de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán y Producción Sustentable de Café Orgánico por las Comunidades Locales de Chiapas.</li> </ul> Políticas de mitigación incluidas en el sector energético en los siguientes programas o iniciativas: <ul style="list-style-type: none"> <li>* El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide) instrumenta ahorros directos de energía eléctrica</li> </ul>	Fuente: Semarnat, INE. <i>Avances de México en Materia de Cambio Climático 2001-2002</i> .

Medidas, compromisos o acciones tomadas	Observaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Comisión Federal de Electricidad (CFE): Introducción de Plantas Termoeléctricas de Ciclo Combinado en el Sistema Eléctrico Nacional y Sustitución de Combustóleo por Gas Natural</li> <li>* PEMEX logró una importante reducción en sus emisiones de CO<sub>2</sub>, al pasar de 40 millones de toneladas en 2001 a 37 millones de toneladas durante 2002 (disminución de 8%)</li> <li>* PEMEX inició en junio de 2001 la operación de un esquema para la comercialización de permisos de reducción de emisiones de carbono entre sus subsidiarias, lo que fomenta y da valor económico a la reducción de emisiones de bióxido de carbono</li> <li>* Proyecto de Aprovechamiento de Gas en el Complejo Petroquímico Cactus</li> <li>* Taller ARPEL (Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe) sobre certificados de carbono y reducción de emisiones contaminantes en Latinoamérica</li> <li>* Formación de especialistas en energía y medio ambiente, con el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos (USAID)</li> <li>* Pemex desarrolla proyectos relacionados con el cambio climático en materia de desarrollo tecnológico</li> <li>* El Horario de Verano, desde su instrumentación, ha permitido ahorros de consumo de electricidad de 7 380 GWh, equivalentes a 14 millones de barriles de petróleo y se han dejado de emitir a la atmósfera más de 12 millones de toneladas de contaminantes</li> <li>* Programas de eficiencia energética y ahorro de energía de la Comisión Nacional para el Ahorro de energía (CONAE): Normas Oficiales Mexicanas, Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal, Industria Eficiente, Transporte Eficiente, Programa de Promoción y Venta de Calentadores Solares, Cogeneración de Energía Eléctrica y de Energía Térmica a partir de una misma Fuente de Energía Primaria, Empresas de Servicios Energéticos y Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica.</li> </ul>	
<p>Estudios del Instituto Nacional de Ecología (INE):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Control Conjunto de la Contaminación Atmosférica Urbana y de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Zona Metropolitana del Valle de México</li> <li>* Beneficios para la salud del control conjunto de la contaminación atmosférica urbana y de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Zona Metropolitana del Valle de México</li> <li>* Potencial de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México</li> <li>* Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos.</li> </ul> <p>Actividades y estudios promovidos por la Secretaría de Energía (Sener):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía</li> <li>* Inventario Nacional de Energía Renovables</li> </ul>	
<p>Plan de Acción Climática en el Distrito Federal que incluye la definición de una línea base de emisiones de gases de efecto invernadero, escenarios de proyección y reducción de emisiones, además de estudios sobre vulnerabilidad, adaptación y la estimación del potencial de carbono en reservorios de la zona.</p>	
<p>Centro de Transporte Sustentable para la Ciudad de México que promueve la movilidad y el transporte sustentables para dar solución a los problemas de congestión, regulación y contaminación.</p>	
<p>Captura de metano en un relleno sanitario, Salinas Victoria, Nuevo León.</p>	
<p>Investigación en Universidades (Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y Universidad de las Américas).</p>	
<p>Realización de diversas actividades (foros, talleres y publicaciones) de difusión y discusión en materia de cambio climático.</p>	
<p>Cooperación internacional con Estados Unidos y el Reino Unido en proyectos de cambio climático.</p>	

### Información complementaria

- Vulnerabilidad en México por el fenómeno El Niño y La Niña. Resultados del estudio *Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos* (IC 1.2-6 A)

**Datos:** Este indicador no tiene datos

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.2-6

### Comentarios al indicador

Este indicador es descriptivo, ya que las medidas que se están tomando se refieren a programas, estudios y evaluaciones que impulsan acciones concretas, algunas de las cuales ya funcionan pero sus resultados comienzan a mostrarse. Las iniciativas internacionales de indicadores ambientales como las de OCDE, *Environment Canada*, EPA y EEA, entre otras, no contienen un indicador de este tipo, ya sea porque no incluyen indicadores de respuesta, porque incluyen indicadores relacionados con acciones puntuales (por ejemplo, eficiencia energética, intensidad de consumo de combustibles fósiles, precios e impuestos energía) o porque mencionan las acciones en sus análisis.

**Fuentes:** UNFCC. *Table of National Communications*. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/natcom/nctable.html#nonannex1>

DOF Acuerdo por el que se crea con carácter de permanente la Comisión Intersecretarial denominada Comité Mexicano para Proyectos de Reducción y Captura de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Diario Oficial de la Federación. México. 2004 (23 de enero).

Magaña, V. O. y C. Gay. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica* 65: 7-23. 2002.

Sernat-INE. *Avances de México en Materia de Cambio Climático 2001-2002*. México. 2003.

## Ozono Estratosférico

El ozono se encuentra de manera natural en nuestra atmósfera, específicamente en la región de la estratosfera, que se localiza aproximadamente entre los 10 y 50 kilómetros de altura. La mayor concentración de ozono (90 por ciento) ocurre entre los 25 y los 35 kilómetros, donde se forma lo que comúnmente se conoce como la capa de ozono estratosférico. Aunque esta capa abarca una parte muy pequeña de la atmósfera, la vida en el planeta no sería posible sin ella, ya que, por un lado, absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta (UV) proveniente del sol, protegiendo así a los seres vivos de sus efectos dañinos, y por otro, libera la energía absorbida en forma de calor, lo que contribuye a dar forma a la estructura térmica de la atmósfera, definiendo así los patrones climáticos. Por ello, la alteración del grosor de la capa de ozono tiene consecuencias graves para la vida en la Tierra (WMO y UNEP, 2003).

El grosor de la capa de ozono estratosférico comúnmente se determina midiendo la cantidad de ozono presente en una columna vertical de aire. Este grosor se expresa en unidades Dobson (UD); 100 UD representan una cantidad equivalente a un milímetro de grosor de la capa de ozono, a nivel del mar y a 0°C. Sin embargo, los niveles de ozono varían naturalmente dependiendo de la latitud, por ejemplo, en los trópicos es de entre 250 y 300 UD, mientras que en las regiones templadas los cambios estacionales producen una mayor variación, ya que los valores pueden alcanzar entre 300 y 400 UD (EPA, 2004).

En 1970 se descubrió que ciertas sustancias orgánicas fabricadas por el hombre, que contienen cloro, flúor y bromo, estaban destruyendo la capa de ozono (PNUMA, 2000a); una molécula de cloro o de bromo puede destruir cien mil moléculas de ozono. Estas sustancias conocidas como Sustancias Agotadoras del Ozono (SAO) se emplean en la refrigeración, aire acondicionado, espuma rígida de poliuretano, solventes, insecticidas, aerosoles y extintores. Las SAO participan en una compleja serie de reacciones que conduce a la destrucción del ozono. Ejemplo de estas sustancias son los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), halones, bromuro de metilo (MBR), tetracloruro de carbono (TET) y metil cloroformo (MCF) (WMO y UNEP, 2003).

A pesar de que el 90 por ciento de las emisiones de SAO ocurre en Europa, Norteamérica y Japón, los contaminantes se propagan en toda la atmósfera; las condiciones climáticas del polo sur (nubes y viento polar) favorecen las reacciones que convierten a las SAO en gases reactivos que destruyen el ozono (PNUMA, 2000a, 2003; WMO y UNEP, 2003). El adelgazamiento de la capa de ozono en Antártica ha producido lo que se conoce como el “agujero de ozono” (menor a 220 UD; NOAA, 2001; PNUMA, 2003; WMO y UNEP, 2003). Éste fue observado por primera vez a principios de los años ochenta y presentó su máximo tamaño registrado en el año 2000, cubriendo cerca de 29.4 millones de kilómetros cuadrados; en el año 2003 abarcaba 28.4 millones de kilómetros cuadrados, una superficie ligeramente más grande que Norteamérica (NASA, 2003). Como consecuencia de la degradación de la capa de ozono se incrementa la exposición a la radiación ultravioleta, lo cual genera impactos negativos a la salud de las personas, tales como el cáncer de piel y la depresión del sistema inmune, además de alteraciones en la composición y función de los ecosistemas (daños a cultivos y estadios tempranos de especies importantes como peces, camarones, cangrejos y anfibios, alteración de los ciclos biogeoquímicos, cambios en la estructura trófica, probable disminución de la productividad marina, etc.) (*Environment Canada*, 1991, 2003; UNEP, 1998, 2003; WMO y UNEP, 2003).

La preocupación de la comunidad científica y de los gobiernos de diversos países llevó a la adopción de la Convención de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono (1985) y al Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Degradan la Capa de Ozono (1987), en los cuales se establecieron compromisos para reducir el consumo y la producción de las SAO (PNUMA, 2003; UNEP, 2004). México firmó estos tratados en 1985 y 1987 respectivamente, ratificó el Protocolo de Montreal en 1989 y ha adoptado las enmiendas de Londres (1990) y de Copenhague (1992), mientras que estudia la posibilidad de ratificar las otras dos (Montreal, 1997 y Beijing, 1999; OCDE, 2003). El cumplimiento de los compromisos ante el Protocolo de Montreal implica costos económicos, por lo que con el fin de apoyar a los países en desarrollo surgió el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal, el cual recibe la contribución de los países industrializados (UNEP, 2003).

### **Consumo de SAO**

La causa principal de la reducción del ozono estratosférico es la emisión de SAO generada como consecuencia del consumo de estas sustancias (PNUMA, 2003). Debido a que el consumo es el resultado de lo que se produce y exporta menos de lo que se importa (Semarnat, 2004), resulta ser el indicador que engloba la mayor parte de la información respecto al proceso y destino que siguen las diferentes SAO. El impacto que producen las SAO depende tanto de su cantidad como de su capacidad de destrucción del ozono, lo que se conoce como potencial de agotamiento de la capa de ozono (WMO y UNEP, 2003). Por esta razón, el consumo de SAO se pondera de acuerdo a este potencial. El indicador **consumo global ponderado de sustancias agotadoras del ozono** muestra la magnitud de la presión sobre la capa de ozono, que se ejerce a nivel mundial, mientras que el **consumo nacional ponderado de sustancias agotadoras del ozono** revela la presión ejercida a nivel del país. La OCDE, la EEA y las Naciones Unidas desarrollan un indicador sobre consumo ponderado global (UN, 1996) o regional (OCDE, 1998; EEA, 2003). A su vez EPA y *Environment Canada* emplean la producción de estas sustancias como indicador (*Environment Canada*, 2002; EPA, 2003).

### **Capa de ozono**

El adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico ocurre a nivel global, pero es menor cerca del ecuador y se incrementa con la latitud hacia los polos, especialmente hacia el sur; en Latinoamérica sus efectos más importantes se observan principalmente en países como Argentina, Chile, Brasil y Uruguay (PNUMA, 2003). La manifestación más importante de este adelgazamiento ocurre en Antártica, donde cada año se forma el llamado “agujero de ozono”, debido a las condiciones climáticas de la zona que propician la formación de nubes polares estratosféricas (nubes de hielo) y el aislamiento del viento polar, lo que favorece el aumento de las reacciones de destrucción del ozono (PNUMA, 2000a; WMO y UNEP, 2003).

El indicador **concentración del ozono estratosférico: global, sobre Antártica y sobre dos ciudades mexicanas** refleja tres perspectivas del problema: el grosor global de la capa de ozono es una medida general para todo el planeta, el grosor sobre Antártica es una medida extrema del problema y, por último, la medición sobre dos ciudades mexicanas permitirá evaluar la ocurrencia de este problema en nuestro país. *Environment Canada* y OCDE presentan indicadores de ozono estratosférico global, así como sobre ciudades seleccionadas (OCDE, 1998; *Environment Canada*, 2003).

### **Concentración atmosférica de SAO**

Las SAO se acumulan en la atmósfera baja como gases no reactivos, pero cuando llegan a la estratosfera, la luz UV dispara reacciones químicas que las convierten en gases reactivos que destruyen al ozono (WMO y UNEP, 2003). El impacto que producen las SAO depende tanto de su cantidad como de su estabilidad en la atmósfera (periodo de vida) y de su potencial de agotamiento de la capa de ozono (WMO y UNEP, 2003). El indicador de la **concentración atmosférica global de sustancias agotadoras del ozono** muestra el impacto potencial sobre la capa de ozono, derivado del consumo de estas sustancias. La EPA maneja un indicador sobre concentración de SAO (EPA, 2003), mientras que en las iniciativas de la OCDE y *Environment Canada* (OCDE, 1998; *Environment Canada*, 2003) se utiliza la concentración atmosférica de CFC.

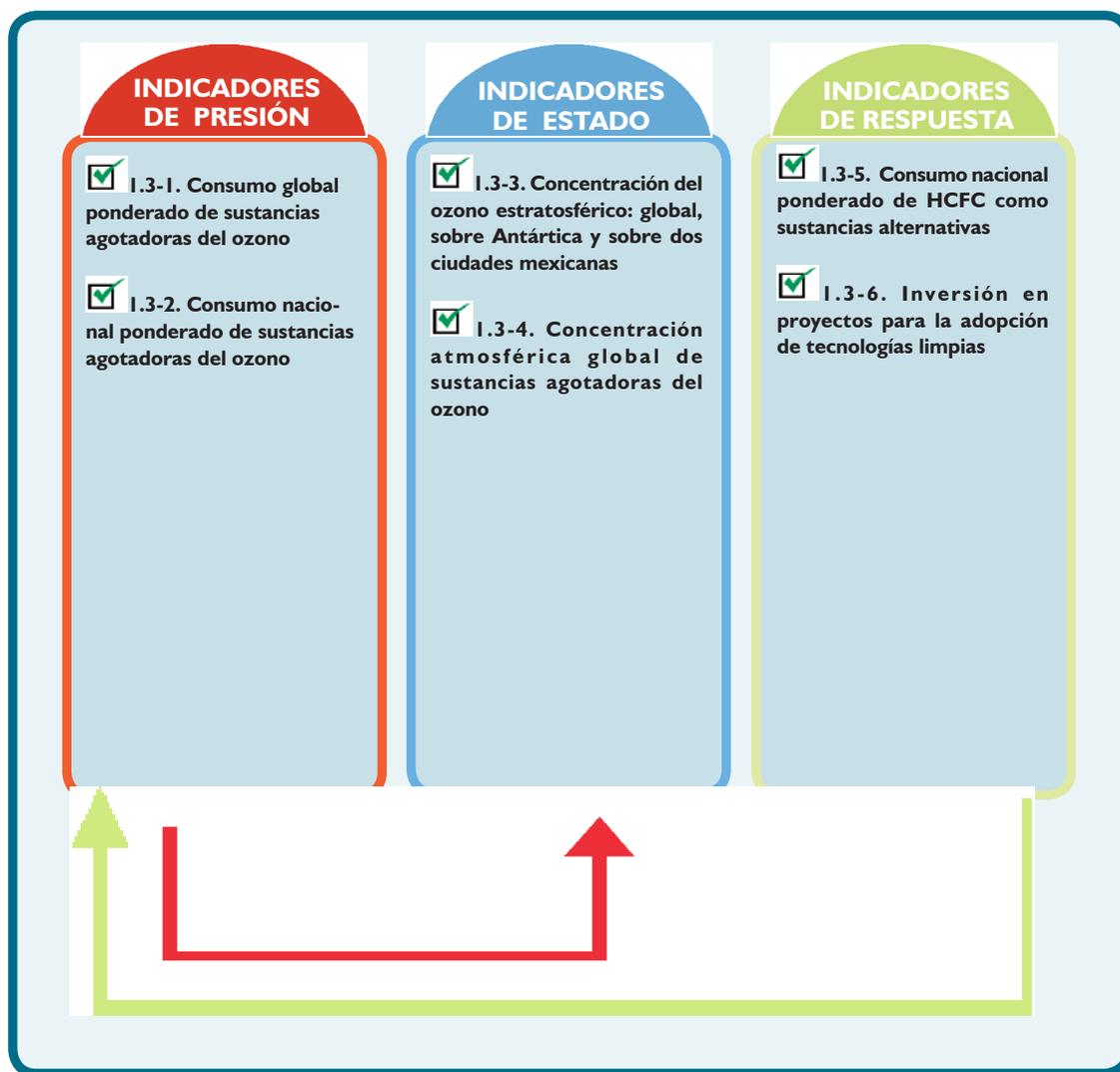
### **Consumo de sustancias alternativas**

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son considerados como compuestos alternativos a los CFC, ya que ambos poseen carbón, cloro y flúor. Sin embargo, los HCFC además contienen hidrógeno, lo que reduce su persistencia en la atmósfera (es decir, una vida media más corta) y los hace menos dañinos (liberan menos átomos de cloro; UNEP, 2001; WMO y UNEP, 2003). Los HCFC consumidos en México (HCFC-22, 123, 124, 141b, 142b y 225) poseen potenciales de agotamiento de la capa de ozono entre 0.04 y 0.07, sustancialmente menores que los CFC que van desde 0.6 a 1.0 (PNUMA, 2000b; Semarnat, 2004). El uso de estas sustancias contribuye en gran medida al cumplimiento de los objetivos de eliminación de CFC, ya que los HCFC pueden usarse como refrigerantes, disolventes y en la fabricación de algunos recipientes de espumas de poliuretano (*Department of Trade and Industry*, 2000; PNUMA, 2000a; WMO y UNEP, 2003). No obstante, al ser SAO, su producción y consumo también están controlados por el Protocolo de Montreal (WMO y UNEP, 2003; PNUMA, 2000a, b). El **consumo nacional ponderado de HCFC como sustancias alternativas** permite evaluar la respuesta de México ante el problema del adelgazamiento de la capa de ozono a través de la sustitución paulatina de las SAO tradicionales. Al ponderar el consumo por su potencial de agotamiento de ozono, se obtiene una evaluación más cercana al efecto real que tienen los HCFC sobre la capa de ozono. La OCDE, la EEA y las Naciones Unidas proponen un indicador de consumo ponderado de diversas SAO, entre las que incluyen a los HCFC (UN, 1996; OCDE, 1998; EEA, 2003). La EPA también propone un indicador ponderado pero sobre producción de SAO, que incluye a los HCFC (EPA, 2003).

### **Inversión en proyectos de tecnologías limpias**

En México, la sustitución de SAO altamente destructoras del ozono por sustancias alternativas se realiza mediante el apoyo de proyectos de inversión en los sectores de refrigeración doméstica y comercial, solventes, espumas de poliuretano, aire acondicionado (que emplean CFC) y fumigación (que usa bromuro de metilo) (UNEP, 2001; PNUMA, 2003). El órgano internacional que se encarga de administrar los recursos para apoyar los proyectos de adopción de tecnologías limpias es el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal (UNEP, 2003, 2004). El principal objetivo del Fondo Multilateral es auxiliar a los países en desarrollo que son parte del Protocolo de Montreal, con niveles de consumo y producción anual per cápita de SAO menores a 0.3 kilogramos, a fin de que cumplan con las medidas de control del protocolo. A estos países se les conoce como Artículo 5, y entre ellos se encuentra México (UNEP, 2003; 2004). El indicador de **inversión en proyectos para la adopción de tecnologías limpias** muestra la respuesta a nivel país, orientada a reducir el uso de las SAO en actividades productivas específicas. No se cuenta con referencia internacional para este indicador en particular. Si bien la OCDE propuso el gasto en tecnologías limpias en su *Core Set* (OCDE, 1993), éste no ha sido abordado en sus publicaciones posteriores.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la Sección de Ozono



- Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

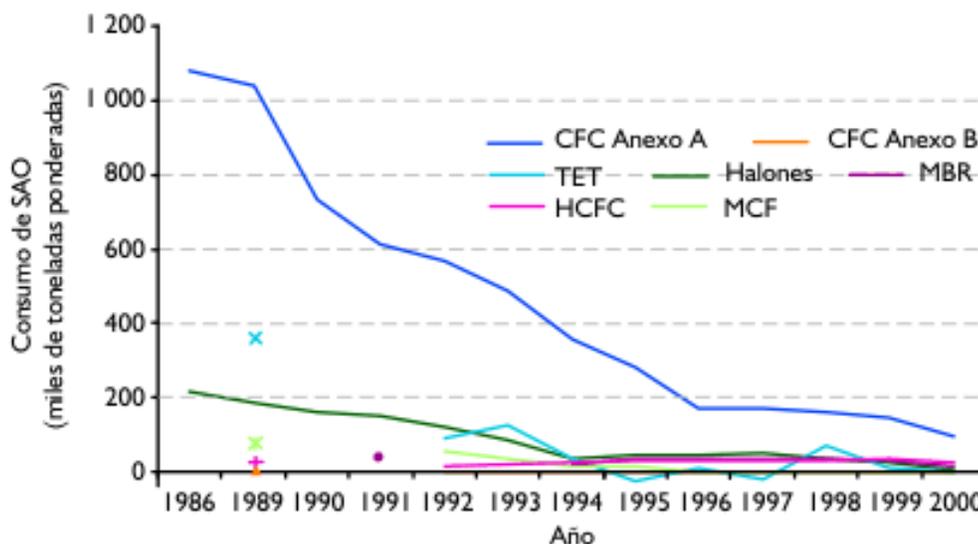
## CONSUMO GLOBAL PONDERADO DE SUSTANCIAS

### Justificación

La causa principal de la reducción del ozono estratosférico es la emisión de las sustancias agotadoras del ozono (SAO) generada como consecuencia del consumo de estas sustancias. El impacto que producen las SAO depende tanto de su cantidad como de su capacidad de destrucción del ozono, lo que se conoce como potencial de agotamiento de la capa de ozono. Por esta razón, el consumo de las SAO se pondera de acuerdo a este potencial.

### Situación / Tendencia

El consumo total de SAO presenta una drástica disminución a nivel global. Los clorofluorocarbonos (CFC, Anexo A del Protocolo de Montreal) muestran una clara tendencia a la baja (90.8%) a partir de 1989, año en que entró en vigor el Protocolo de Montreal. A partir del mismo año, los halones disminuyeron un 95.8%, los CFC (Anexo B) un 97.4%, el tetracloruro de carbono (TET) un 99.8%, el metil cloroformo (MCF) un 97.9% y a partir de 1991 el bromuro de metilo (MBR) un 53.2%. Sólo el consumo de hidroclorofluorocarbonos (HCFC) aumentó (78.2%), lo cual se debe a que son sustancias que se usan como sustitutos de los CFC.



### Información complementaria

- Contribución de México al consumo global ponderado de SAO reportado al Protocolo de Montreal, 1986-2000 (*IC 1.3-1 A*)
- Producción global ponderada de SAO reportada al Protocolo de Montreal, 1986-2000 (*IC 1.3-1 B*)

### Comentarios al indicador

El consumo se define como la producción más la importación menos la exportación. Algunos datos de consumo son negativos, debido a que la exportación fue mayor a la producción. La OCDE, la EEA y las Naciones Unidas desarrollan un indicador sobre consumo ponderado global o regional. A su vez EPA y *Environment Canada* emplean la producción global como indicador.

**Datos:** Tabla Indicador 1.3-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.3-1

## CONSUMO NACIONAL PONDERADO DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DEL OZONO

1.3-2

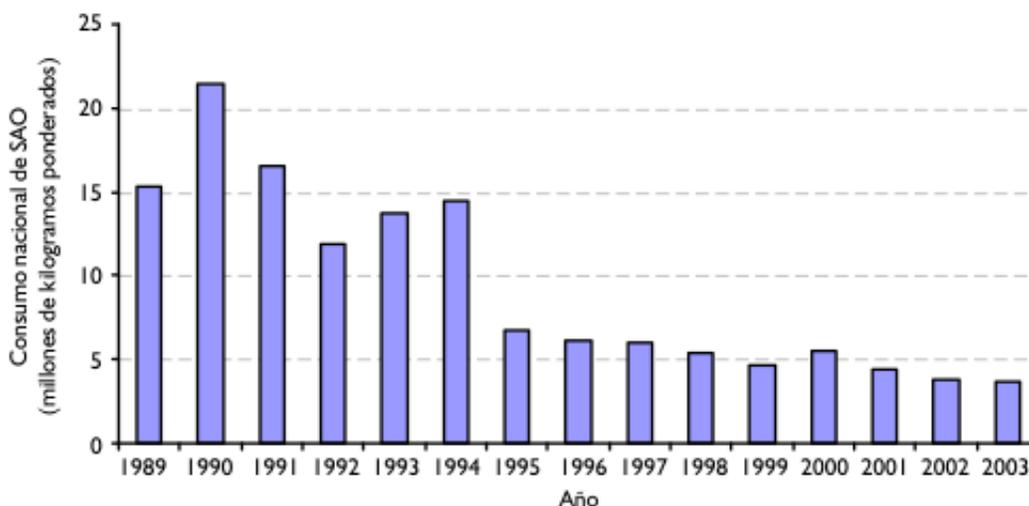
PRESIÓN

### Justificación

El agotamiento de la capa de ozono está directamente relacionado con el consumo de ciertas sustancias conocidas como sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), las cuales contienen cloro, bromo o flúor. México, al igual que el resto del mundo contribuye con el consumo de estas sustancias.

### Situación / Tendencia

El consumo total ponderado de SAO en México ha disminuido cerca del 76% desde 1989, año de entrada en vigor del Protocolo de Montreal. En 1995 se observó la reducción más drástica, al disminuir el consumo en 56% respecto al registrado en 1989.



### Información complementaria

- Consumo nacional no ponderado de SAO y potencial de agotamiento de la capa de ozono, por sustancia, 1989-2003 (IC 1.3-2 A)

### Comentarios al indicador

El consumo ponderado refleja la presión real sobre la capa de ozono estratosférico, ya que al tomar en consideración el potencial de agotamiento del ozono de cada compuesto se evita la sobreestimación y subestimación. El indicador ha sido propuesto por la OCDE y las Naciones Unidas e incluye los consumos nacionales ponderados de CFC, halones y HCFC; las Naciones Unidas incluyen además, el MBR, MCF y el TET. La EPA plantea un indicador basado únicamente en la producción ponderada nacional y mundial.

Datos: Tabla Indicador 1.3-2

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 2

Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. México. 2004.

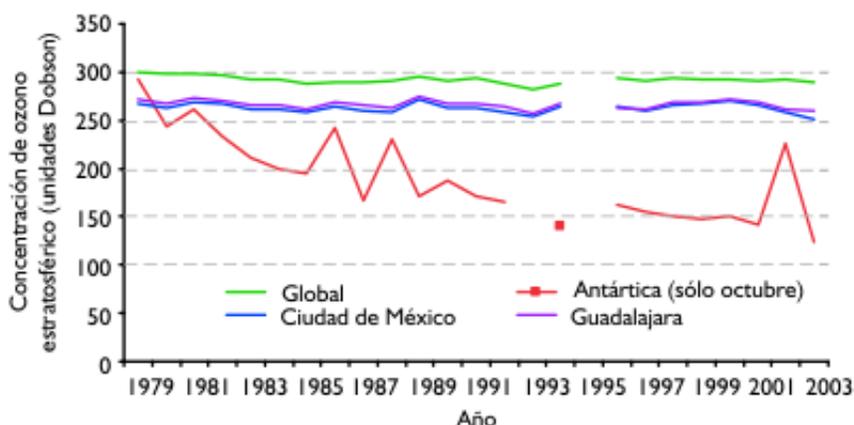
## CONCENTRACIÓN DEL OZONO ESTRATOSFÉRICO: GLOBAL, SOBRE ANTÁRTICA Y SOBRE DOS CIUDADES MEXICANAS

### Justificación

La capa de ozono absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta (UV) proveniente del sol, protegiendo así a los seres vivos de sus efectos dañinos; libera además la energía absorbida en forma de calor, definiendo así los patrones climáticos. La degradación de la capa de ozono estratosférico ocurre a nivel global, pero es menor cerca del ecuador y se incrementa con la latitud hacia los polos, especialmente hacia el sur. La manifestación más importante del enrarecimiento de la capa de ozono se da en Antártica, donde cada año se forma el llamado "agujero de ozono".

### Situación / Tendencia

El ozono estratosférico global en 2002 (último año que cuenta con la serie completa de datos) no ha variado significativamente (0.4% mayor) respecto al promedio del periodo 1979-1988. Debe tomarse en cuenta que el IPCC, reporta un 3% pero comparado con el promedio del periodo 1964-1980. En Antártica se observa una clara tendencia decreciente del ozono, lo cual explica la aparición del llamado "agujero de ozono". Por otro lado, las ciudades de México y Guadalajara presentaron en el 2002, una ligera disminución del 1.5 y 2.1% respectivamente, esto comparado con el promedio del periodo 1979-1980. Cabe aclarar que no es adecuado establecer comparaciones entre ciudades, ni con el ozono global o sobre Antártica, ya que la concentración normal de ozono varía dependiendo de la ubicación geográfica del sitio del que se trate. Debido a los largos tiempos de vida de las SAO, se calcula que de cumplirse los compromisos del Protocolo de Montreal, se observará una recuperación significativa de la capa de ozono alrededor del año 2030.



### Información complementaria

- Superficie promedio cubierta por el "agujero de ozono", 1982-2004 (IC 1.3-3 A)
- Superficie máxima cubierta por el "agujero de ozono", 2000-2003 (IC 1.3-3 B)

### Comentarios al indicador

Environment Canada y OCDE proponen un indicador sobre concentración de ozono estratosférico global, así como sobre Canadá y ciudades OCDE respectivamente. La EPA plantea un indicador relacionado con la concentración de ozono sobre ciudades estadounidenses. No obstante, la OCDE indica que de establecerse una interpretación sobre las tendencias en ciudades, debe hacerse con cautela.

Datos: Tabla Indicador 1.3-3

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.3-3

## CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA GLOBAL DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DEL OZONO

1.3-4

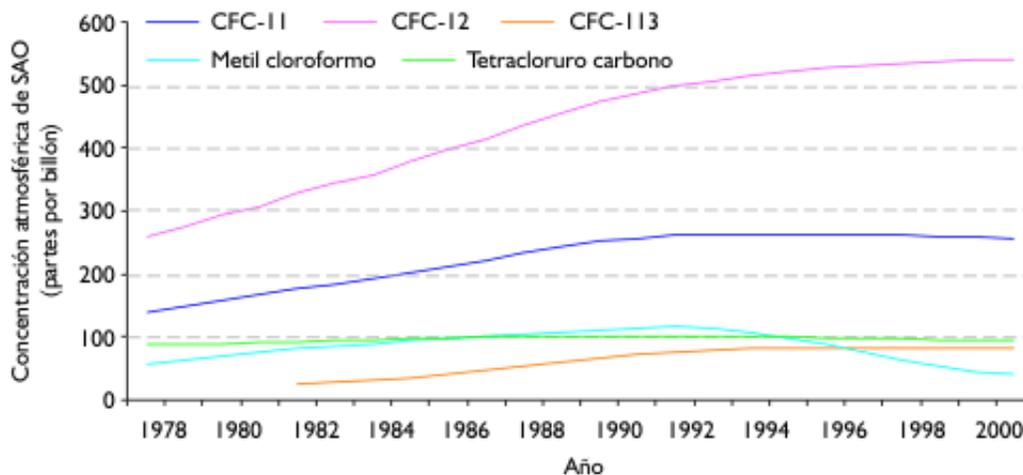
ESTADO

### Justificación

Las sustancias agotadoras del ozono (SAO) se acumulan en la atmósfera baja como gases no reactivos, pero cuando llegan a la estratosfera la luz UV dispara reacciones químicas que las convierten en gases reactivos que destruyen el ozono. El impacto que producen las SAO depende tanto de su cantidad como de su estabilidad en la atmósfera (periodo de vida), además de su potencial de agotamiento de la capa de ozono.

### Situación / Tendencia

La concentración global atmosférica de los CFC-11 y 12, los más abundantes, mostró incrementos de 84 y 108% entre 1978 y el año 2001. Dicho incremento fue más marcado hasta principios de los años noventa. No obstante, en los últimos años, la curva de concentración ha mostrado una desaceleración importante y en el caso del CFC-11 incluso ha disminuido. El CFC-113, aunque está presente en menor concentración, mostró un incremento del 211% entre 1982 y 2001, sin embargo, a partir del año 2000 su concentración ha comenzado a reducirse. El tetracloruro de carbono (TET) aumentó en 7% entre 1978 y 2001, pero comenzó a disminuir a partir de 1993. El metil cloroformo (MCF) es el gas que ha mostrado la reducción más importante (31% de 1978 a 2001 y 194% a partir de 1992, el año de mayor consumo a lo largo de la serie).



### Información complementaria

- Vida media en la atmósfera de sustancias agotadoras de la capa de ozono (IC 1.3-4 A)

### Comentarios al indicador

No se incluye el bromuro de metilo (MBR) debido a que no se cuenta con información sobre la concentración atmosférica global de este compuesto. La OCDE y *Environment Canada* tienen un indicador sobre concentración atmosférica de los CFC-11 y 12. La EPA utiliza un indicador sobre concentración general de SAO expresado en unidades equivalentes de cloro.

Datos: Tabla Indicador 1.3-4

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.3-4

# CONSUMO NACIONAL PONDERADO DE HCFC COMO SUSTANCIAS ALTERNATIVAS

1.3 - 5

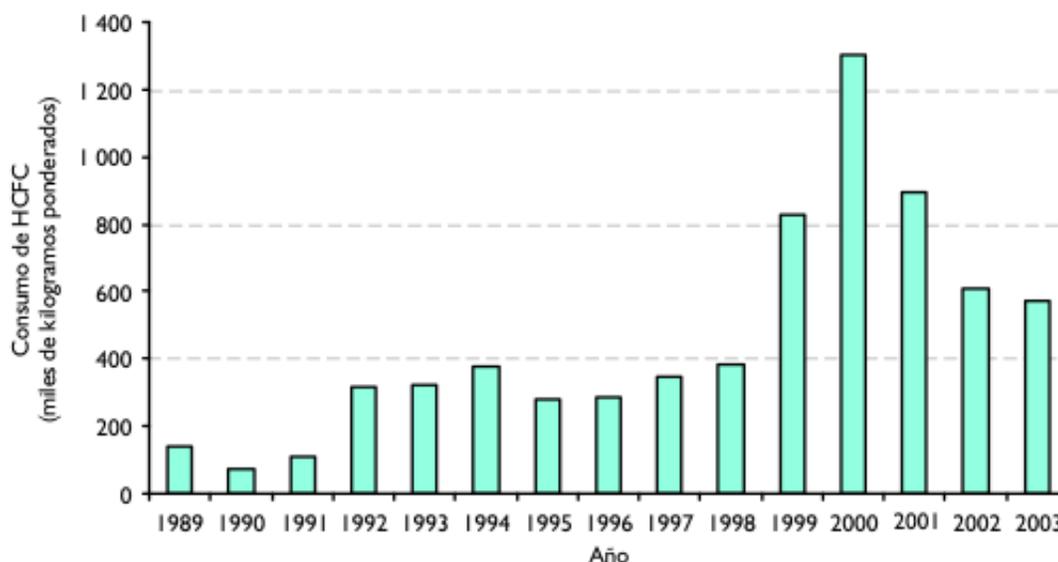
RESPUESTA

### Justificación

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son consideradas sustancias alternativas a los clorofluorocarbonos (CFC), ya que al igual que los CFC los HCFC pueden usarse como refrigerantes, disolventes y en la fabricación de algunos recipientes de unisel. Los HCFC son menos dañinos para el ozono al tener una vida media más corta y liberar menos átomos de cloro.

### Situación / Tendencia

En el año 2000 se presentó el pico de consumo de HCFC en México, el cual fue cerca de ocho veces mayor al registrado en 1989. A partir del año 2001 se ha reducido consistentemente el consumo de estas sustancias, siendo en el 2003 61% menor que el registrado en el año 2000.



### Información complementaria

- Consumo nacional no ponderado de HCFC, 1989-2003 (*IC 1.3-5 A*)
- Consumo y producción global ponderados de HCFC, reportados al Protocolo de Montreal, 1989-2000 (*IC 1.3-5 B*)
- Compromisos de reducción de SAO en países industrializados y en desarrollo (*IC 1.3-5 C*)

### Comentarios al indicador

Los HCFC también tienen metas de reducción en su consumo, no obstante existen otras sustancias como los HFC (hidrofluorocarbonos) y HC (hidrocarburos) que pueden sustituirlos en un futuro, pero actualmente su costo es elevado.

Este indicador no es desarrollado sólo para los HCFC por otras iniciativas internacionales, ya que emplean un indicador de consumo ponderado de SAO, entre las que incluyen a los HCFC. (ej., OCDE, EEA y Naciones Unidas). La EPA también propone un indicador ponderado pero sólo sobre producción de SAO que también incluye a los HCFC.

**Datos:** Tabla Indicador 1.3-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 1.3-5

**Fuentes:** Elaboración propia con datos de: Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. México. 2004.

## INVERSIÓN EN PROYECTOS PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS

1.3-6

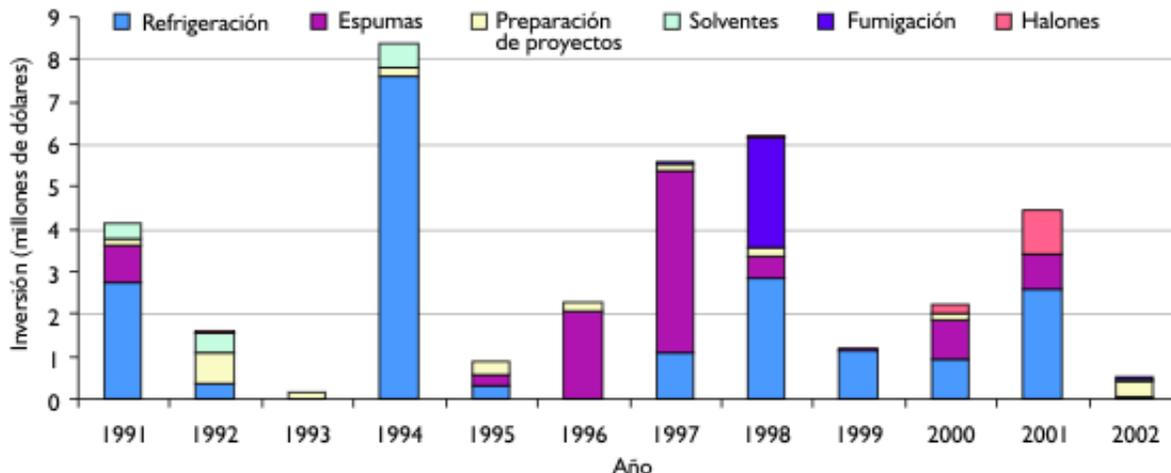
RESPUESTA

### Justificación

En México, la sustitución de SAO altamente destructoras del ozono por sustancias alternativas se realiza mediante el apoyo de proyectos de inversión en los sectores de refrigeración doméstica y comercial, solventes, espumas (unicel), aire acondicionado (que emplean CFC, tetracloruro de carbono o metil cloroformo) y fumigación (que usa bromuro de metilo). El órgano internacional que se encarga de administrar los recursos para apoyar los proyectos de adopción de tecnologías limpias es el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal.

### Situación / Tendencia

A lo largo del periodo 1991-2002 se observa que la inversión en la materia no ha sido constante; mientras que en 1994 se invirtieron alrededor de 8 millones de dólares, en 1993 y 2002 los montos fueron sustancialmente menores (cerca de 173 mil y 498 mil dólares, respectivamente). El sector de la refrigeración es uno de los que ha recibido en diversos años el mayor porcentaje de las inversiones. Aunque la inversión se ha enfocado a los principales sectores, los montos totales aún parecen bajos.



### Información complementaria

- Número de programas y proyectos por sector para la adopción de tecnologías limpias, 1991-2002 (IC 1.3-6 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no cuenta con referencia internacional, sin embargo representa una medida directa de los esfuerzos que se están haciendo para impulsar la sustitución de las SAO.

Datos: Tabla Indicador 1.3-6

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 1.3-6

Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. México. 2004.



AGUA

AGUA

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida. Es indispensable para el mantenimiento de las funciones de los organismos y de los ecosistemas; es el material de construcción de los seres vivos, el medio para transportar materia en el ambiente y facilita el flujo de energía por medio de las circulaciones oceánica y atmosférica. Se requiere, además, para la producción de alimentos, cubrir las necesidades de agua potable de las poblaciones humanas, la higiene personal y la producción industrial y pesquera. Los ríos, lagos y ecosistemas adyacentes también proporcionan servicios, que incluyen el control de inundaciones, el transporte de personas y de bienes, recreación, purificación de aguas residuales municipales e industriales, generación de energía y hábitat para plantas y animales acuáticos (Jackson *et al.*, 2001; Baron *et al.*, 2002; UN, 2003a).

Generalmente el agua se considera un recurso renovable, es decir, que puede utilizarse de manera que no afecte la disponibilidad a largo plazo del mismo recurso (Gleick, 1998). Sin embargo, varias organizaciones mundiales han señalado que la disponibilidad de agua y el acceso al agua dulce serán temas críticos a resolver durante los próximos años. Aunque el agua es muy abundante en nuestro planeta, sólo un poco más del 2.5 por ciento es dulce, y de ésta cerca de dos terceras partes no es fácilmente utilizable por encontrarse “atrapada” en glaciares y nieves perpetuas. Los retos a enfrentar en torno a este tema tienen relación con la salud, el suministro a ciudades, la protección del ambiente, la alimentación, la industria y la energía. El principal desafío es lograr un equilibrio que permita preservar los ecosistemas acuáticos con sus valiosos servicios ambientales, a la vez que se suministra agua de buena calidad a la población (WRI, 1999; Revenga *et al.*, 2000; UN, 2003a; PNUMA, 2004).

Para que la planeación y manejo de los recursos hídricos sean en verdad efectivos y democráticos, se necesita contar con información que abarque todos los aspectos del ciclo hidrológico y que además sea publicada sin restricciones (Gleick, 1998). Este capítulo muestra los indicadores seleccionados para describir la situación de los recursos hídricos, en términos de su volumen y calidad. El capítulo está dividido en dos secciones, en la primera se presentan indicadores que exhiben las presiones sobre la disponibilidad de agua para sus diferentes usos, el estado en que se encuentran y las acciones realizadas para conservar este recurso para el futuro. En la segunda sección se aborda el tema de la calidad del agua; los factores que presionan su calidad, la condición en que se encuentran los cuerpos de agua del país y qué acciones se están tomando para frenar su deterioro y, eventualmente, permitir su recuperación.

La vida en la Tierra depende del flujo continuo de materiales a través del aire, agua, suelo y cadenas tróficas de la biosfera. Existe un fuerte nexo entre el flujo de energía y los ciclos de materiales en el ambiente. Cualquier proceso, natural o antropogénico que modifique el proceso de flujo de energía y el ciclo del agua, puede llegar a tener efectos importantes en las funciones de los ecosistemas (Ryszkowski, 2002). El movimiento del agua a través del ciclo hidrológico es el mayor de estos flujos. Procedente de la evaporación de los océanos, acarrea un volumen de agua estimado en 110 mil kilómetros cúbicos en forma de lluvia y nieve a los continentes (Jackson *et al.*, 2001). La cantidad de agua disponible en cada lugar depende principalmente de la precipitación y temperatura. En el territorio nacional se reciben 772 milímetros de lluvia en promedio anualmente, lo que se considera abundante (OCDE, 1998). Sin embargo, la cantidad de agua que se recibe como precipitación es variable año con año y de una región a otra del país. Los estados localizados en la zona norte ocupan cerca del 50 por ciento de la superficie del país y contribuyen con apenas poco más del 25 por ciento del agua que ingresa al país por lluvia, mientras que los estados de la zona sur, con sólo el 20.6 por ciento de la superficie nacional, reciben el 40.5 por ciento de la lluvia (Semarnat, 2003).

La precipitación se estima en mil 511 kilómetros cúbicos en promedio anual, de los cuales casi tres cuartas partes regresa a la atmósfera por evapotranspiración. Del volumen restante, 399 kilómetros cúbicos corresponden al escurrimiento natural promedio anual y 77 kilómetros cúbicos a recarga de acuíferos (CNA, 2004). Se presentan aproximadamente 24 ciclones tropicales al año, concentrados entre los meses de mayo a noviembre, cuya ocurrencia genera lluvias intensas en cortos periodos. El agua acarreada por estos meteoros, al escurrir rápidamente hacia el mar, puede ocasionar, con frecuencia, problemas de inundaciones y daños a las poblaciones asentadas cerca de las costas (CNA, 2001).

La disponibilidad de agua comúnmente se expresa en términos del volumen de líquido disponible por habitante, aunque ese volumen debería ser suficiente para satisfacer las necesidades de las actividades agropecuarias, industriales y la necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, y no sólo las del consumo directo por la población.

### ***Crecimiento demográfico***

La población que habita cada cuenca hidrológica afecta los recursos hídricos a través de la extracción de agua para consumo humano, riego y desarrollo industrial, pero también como resultado de la demanda creciente de infraestructura y energía (UN, 2003a). El impacto de la población sobre el ambiente depende de su tamaño, de los patrones de consumo y de las tecnologías de extracción y generación de que se disponga. La capacidad de un país para dar cumplimiento a los acuerdos cuyo propósito es proteger el agua dulce, depende en parte de la magnitud, las tasas de crecimiento y la distribución interna de la población, en la actualidad y según las proyecciones para el futuro (FNUAP, 2001). El indicador **población total, urbana y rural** sirve como marco de referencia para el desarrollo de políticas sobre manejo sustentable de los recursos hídricos y muestra el tamaño de la población que demanda agua, alimentos y servicios, así como su tendencia de crecimiento.

Se distinguen dos tipos de usos del agua: 1) usos fuera del cuerpo de agua o usos consuntivos, en los cuales el agua es transportada a su lugar de uso y la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de agua; y 2) usos en el cuerpo de agua o usos no consuntivos, en los cuales el agua se utiliza en el mismo cuerpo de agua o con un desvío mínimo, como en el caso de las plantas hidroeléctricas (CNA, 2004).

### ***Extracción para uso consuntivo***

Los usos consuntivos del agua más importantes, en términos de las extracciones totales, son realizados por los sectores agropecuario, industrial y el abastecimiento público. La agricultura es el principal usuario del agua dulce, con dos terceras partes o más de las extracciones totales a escala global (Fry y Rast, 1998; WRI, 1999). El uso excesivo del agua para riego ha tenido como consecuencia la disminución del nivel de los mantos freáticos, la sobreexplotación de acuíferos, la salinización gradual del agua subterránea en zonas costeras, la disminución del caudal de los ríos y la desaparición de manantiales, ríos y humedales (Hinrichsen, 2003; UN, 2003a). La extracción de agua más allá de un nivel sustentable, pone en riesgo la disponibilidad futura del líquido, la extensión de los ambientes dulceacuícolas y los servicios ambientales que proveen (UN, 2003a). El indicador **extracción total para uso consuntivo** muestra la demanda que sobre el recurso hacen los principales usuarios que compiten por el agua disponible. Este indicador es empleado por Naciones Unidas, OCDE y la Agencia Europea de Medio Ambiente (OECD, 2001; AEMA, 2003; PNUMA, 2004).

### ***Extracción de agua subterránea.***

El agua subterránea es utilizada para suministro de agua potable, riego agrícola, ranchos ganaderos, industria, recreación y generación de energía (Zektser y Everett, 2004). En algunas regiones áridas, o donde no existen cuerpos de agua superficiales, es la única fuente de agua dulce disponible. El uso intensivo del agua subterránea es cada vez más común, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, en las pequeñas islas y zonas costeras. La extracción excesiva de agua subterránea, su contaminación o manejo inadecuado puede privar a futuras generaciones del uso de ese recurso; también puede provocar el agotamiento de pozos y la subsidencia del suelo (WMO, 1998). La sobreexplotación del agua subterránea representa una amenaza para muchos ecosistemas riparios en regiones áridas y semiáridas en todo el mundo. Su explotación requiere de un manejo adecuado para lograr el uso sustentable del recurso, lo cual exige un monitoreo e información confiable de la cantidad extraída, disponible y de la calidad del agua (Llamas y Custodio, 2002). El indicador **extracción de**

**agua subterránea** muestra la presión que sufren los acuíferos del país por la demanda de este recurso. Esta información, junto con la referente a la recarga, permite evaluar la intensidad de la presión sobre los acuíferos.

### **Uso público**

El aumento de la urbanización, el crecimiento poblacional y el incremento del nivel de vida han contribuido a elevar el uso público urbano del agua en los últimos 100 años. La cantidad de líquido utilizado por este sector depende del clima, la eficiencia y organización de los servicios de suministro de agua, los hábitos de consumo de la población, los avances tecnológicos y los instrumentos económicos. El desarrollo de los recursos hídricos para satisfacer las necesidades de las poblaciones urbanas ha tenido impactos importantes sobre la integridad de los ecosistemas dulceacuícolas y sobre servicios ecosistémicos valiosos. Las tendencias actuales indican que es probable que la demanda futura aumente la presión que ejerce sobre las fuentes de agua (FitzHugh y Richter, 2004). El indicador **uso para abastecimiento público per cápita** muestra la tendencia de consumo de agua en el sector urbano relativo al número total de habitantes y puede utilizarse para evaluar su impacto potencial sobre los recursos hídricos de cada región (AEMA, 2003).

### **Disponibilidad natural**

La cantidad de agua disponible en una región depende de la precipitación, su temporalidad, los patrones estacionales de temperatura y radiación solar, y la topografía regional. El agua renovable o disponible naturalmente incluye el escurrimiento superficial virgen medio y la recarga media de los acuíferos. Las regiones donde la disponibilidad es menor a mil 700 metros cúbicos por habitante por año se considera que presentan “estrés hídrico”, donde puede haber escasez con frecuencia. Cuando la disponibilidad es inferior a mil metros cúbicos por habitante por año, las consecuencias pueden ser más severas y conducir a problemas en la producción de alimentos y el desarrollo económico, a menos que la región pueda invertir en nuevas tecnologías para el uso, conservación y reuso del agua. El indicador **disponibilidad natural media per cápita** muestra la cantidad de agua renovable promedio anual por persona (UN, 2003b) y forma parte de los indicadores propuestos por el Banco Mundial y Naciones Unidas.

### **Intensidad de uso**

Un indicador de la intensidad de uso de los recursos hídricos utilizado frecuentemente es el **grado de presión**, que describe el efecto de la extracción total sobre los recursos hídricos renovables. Se utiliza como una medida de la vulnerabilidad del país frente a la escasez de agua e identifica si la tasa de extracción es sostenible a largo plazo (UN, 2003b). Cuando el grado de presión es mayor a 40 por ciento, se considera que en la región puede haber un estrés hídrico severo, indicativo de fuerte competencia por el agua. Indicadores equivalentes son empleados a nivel internacional por la ONU, OCDE y AEMA (UN, 2001; OECD, 2004; EEA, 2005).

Cabe señalar, sin embargo, que al calcular el grado de presión no se toman en cuenta los requerimientos ambientales del agua, definidos como la cantidad y calidad de líquido requeridos por los ecosistemas acuáticos para proteger y mantener su estructura y funcionamiento (Smakhtin *et al.*, 2003). La extracción de agua excesiva, sin considerar los ecosistemas acuáticos, tiene como consecuencia: la disminución del caudal o volumen de ríos y lagos, lo cual a su vez reduce su capacidad para purificar el agua circulante; la alteración o desaparición de hábitats acuáticos; la disminución de la biodiversidad que depende de ellos; el colapso de pesquerías, y la extinción de especies (Hinrichsen, 2003).

### **Acuíferos sobreexplotados y con problemas de salinización**

Cuando una proporción importante de los recursos hídricos subterráneos es extraída de los acuíferos, se puede producir una disminución regional de los niveles de agua subterránea, pozos secos, mayores costos de extracción al aumentar la distancia entre el nivel freático y la superficie, hundimientos del terreno, intrusión salina y disminución del flujo en los ecosistemas dulceacuícolas (Stromberg *et al.*, 1996; Zektser y Everett, 2004). Además, en las zonas áridas, cuencas cerradas y costas, que tienen suelos naturalmente salinos, un mal manejo del riego puede conducir a problemas en la calidad del agua subterránea, descritos con mayor detalle dentro de la sección de “Calidad” en este mismo capítulo. El indicador **acuíferos sobreexplotados, con intrusión salina y/o bajo el fenómeno de salinización de suelos, o aguas subterráneas salobres** pretende mostrar el número de casos en los que no se hace un uso sustentable del agua subterránea y evidencia el riesgo de que no sea posible satisfacer la demanda del líquido en el futuro.

### **Consejos de cuenca y comités técnicos de aguas**

Una administración del agua efectiva debe incluir la participación de todos los interesados. Un desafío importante es la ampliación de los servicios de agua que evite al mismo tiempo el deterioro de los cuerpos de agua. El manejo integral de cuencas tiene como objetivo coordinar la conservación, manejo y desarrollo del agua, suelo y recursos relacionados a través de la participación de los sectores presentes al interior de una cuenca hidrológica, con el propósito de maximizar los beneficios económicos derivados de los recursos hídricos equitativamente y, al mismo tiempo, conservar y restaurar los ecosistemas dulceacuícolas (GWP, 2000). En México, los consejos de cuenca y los comités técnicos de aguas subterráneas son las instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua (CNA), las dependencias y entidades de las dependencias federal, estatal, municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica. Su objeto es formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración del agua, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y los servicios respectivos, así como la preservación de los recursos de la cuenca (DOF, 2004). El indicador **consejos de cuenca y comités técnicos de aguas subterráneas** muestra el grado de avance logrado en relación con la participación ciudadana para el manejo del agua.

### **Capacidad de almacenamiento en presas**

Dentro de las distintas obras hidráulicas construidas para el manejo del agua, las presas tienen un papel importante a nivel mundial en la administración de los recursos hídricos. El agua almacenada se utiliza para la producción de alimentos, la generación de energía, el control de inundaciones y el suministro del líquido para los usos industrial y doméstico. Estimaciones recientes sugieren que más de la tercera parte de la tierra irrigada a nivel mundial depende de ellas. Los proyectos hidroeléctricos generan casi la quinta parte de la electricidad mundial (Bird y Wallace, 2001). El indicador **capacidad de almacenamiento en las presas principales** tiene como objetivo mostrar la tendencia en el desarrollo de infraestructura de almacenamiento de agua y el volumen que puede ser administrado para satisfacer la demanda a través del año.

### **Eficiencia de conducción de agua para uso agrícola**

El uso agrícola del agua constituye el principal uso consuntivo del agua a niveles mundial y nacional (WRI, 1999; UN, 2003a; CNA, 2004). Durante el transporte a través de la red de conducción, una parte del agua se pierde debido al mal estado de la infraestructura, lo que propicia pérdidas por fugas, infiltración en canales de tierra y un deficiente control del líquido en los canales (Mejía-Saénz *et al.*, 2002). Como resultado, el volumen que llega a las parcelas es menor al que se extrajo para ese fin. El indicador **eficiencia de conducción en distritos de riego** muestra la proporción del líquido que efectivamente llega a las parcelas y permite conocer el volumen de agua anual que se podría ahorrar si se mejora la eficiencia de la conducción.

### **Población con acceso a agua potable**

Después del uso agrícola, el uso público-urbano es el segundo en importancia por su volumen. El agua suministrada a la población se somete a un proceso de potabilización y desinfección. El término agua potable designa a aquella que es apta para la alimentación y que debe ser incolora, inodora, insípida, transparente y estar libre de microorganismos patógenos. La falta de acceso al agua potable tiene como consecuencia la aparición de enfermedades relacionadas con el líquido, las

cuales están entre las causas más comunes de morbilidad y muerte. Las enfermedades transmitidas por el agua que producen afecciones gastrointestinales suelen originarse por el consumo de agua contaminada (UN, 2002). El indicador **población con acceso a agua potable** describe un componente de la calidad de vida de la población y de la competitividad del país en materia de prestación de servicios. Este indicador es utilizado por organizaciones internacionales como Naciones Unidas, Banco Mundial y OCDE (IMF *et al.*, 2000; UN, 2003b).

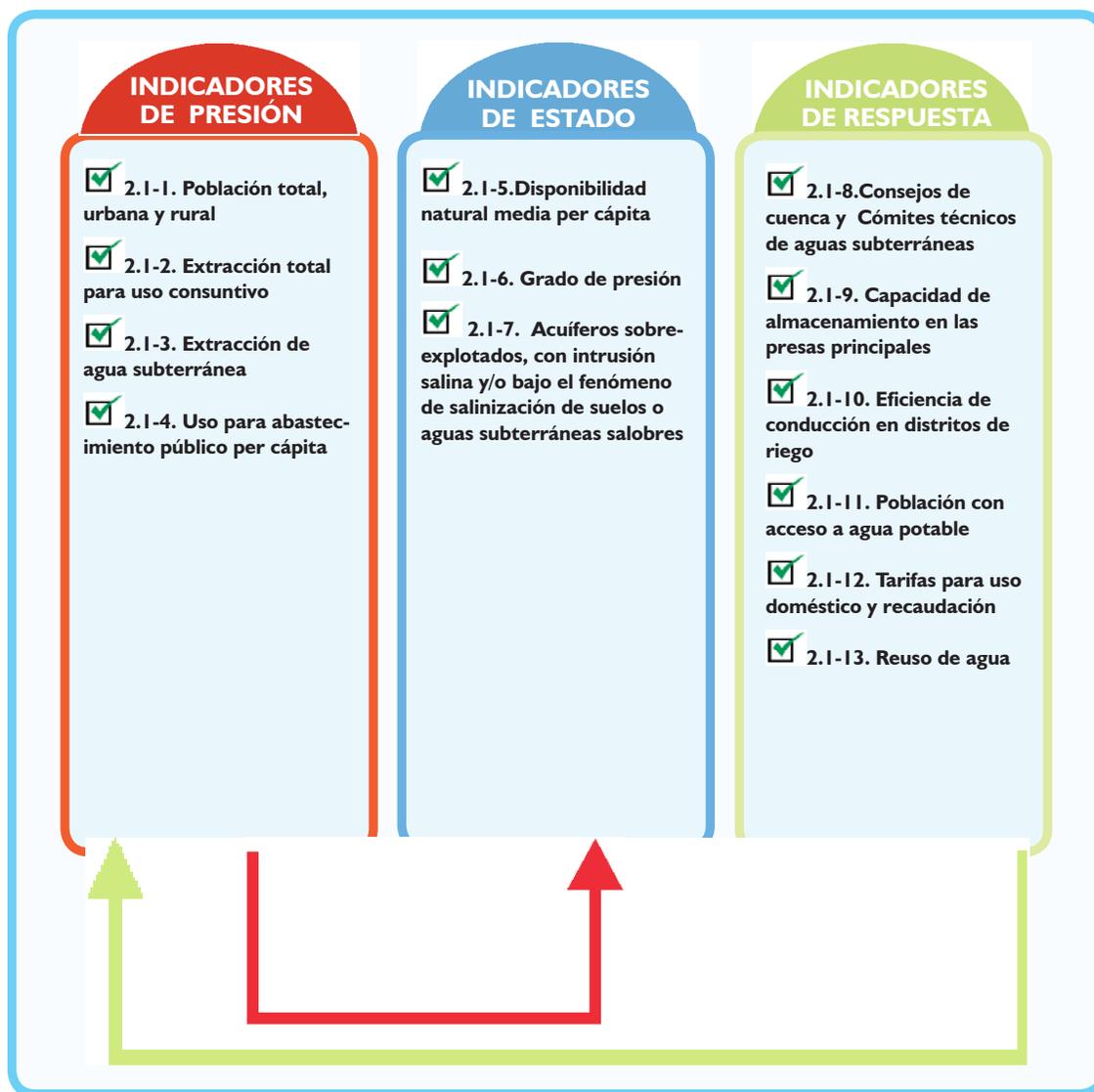
### **Tarifas y recaudación por consumo de agua**

El consumo de agua per cápita depende de la disponibilidad y precio del líquido, el clima y los usos a los cuales es destinada (beber, bañarse, lavar, regar el jardín). Usualmente el consumo de agua total incluye las pérdidas del líquido que también son pagadas por los usuarios (UNEP, 2004). La OCDE recomienda mayores avances en la transición hacia la asignación de precios a los servicios del agua. Una política de tarifas que tienda a recuperar los costos totales del servicio del líquido podría servir como un mecanismo para fomentar el uso eficiente de los recursos hídricos (Beecher y Shanaghan, 1999; Saleth, 2001; OECD, 2003). El objetivo al establecer tarifas debe ser la recaudación de fondos estables y adecuados para operar y mantener los sistemas de suministro de agua, promover la conservación y la asignación eficiente del líquido y una distribución de costos equitativa (World Bank, 2003). El indicador **tarifas para uso doméstico y recaudación** muestra la tendencia de cambio en las tarifas establecidas para el consumo doméstico en comparación con el monto recaudado por metro cúbico, como una forma de medir la eficiencia en el cobro de los organismos operadores encargados de suministrar el agua.

### **Reuso de agua residual**

Otra estrategia para disminuir la presión sobre las fuentes de agua potable es reciclar y reutilizar el agua para así reducir su extracción global. El reuso del agua residual puede ser, por ejemplo, una fuente importante en áreas donde se practica el riego intensivo (Dudley y Stolton, 2003). Para su uso en irrigación, el agua residual debe recibir tratamiento. Sin embargo, en países en desarrollo, el agua residual cruda suele utilizarse directamente, no obstante puede exponer a los trabajadores y consumidores a parásitos y compuestos químicos contaminantes (UN, 2003a). El indicador **reuso de agua residual** muestra el porcentaje del caudal de agua residual no municipal que tiene un reuso directo, con respecto al caudal descargado, y que contribuye a reducir la presión sobre las fuentes de agua naturales.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Disponibilidad del Agua



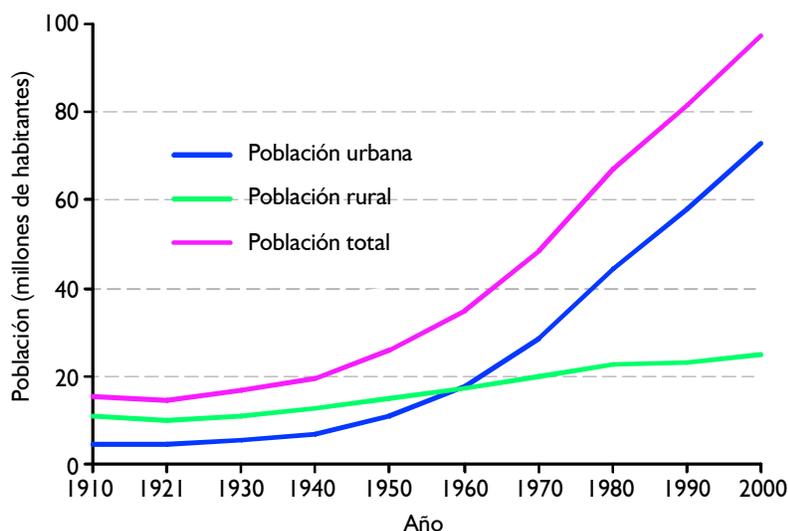
- Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

**Justificación**

La población presente en el territorio constituye uno de los principales factores de presión sobre los recursos naturales. Dicha población demanda alimentos y servicios que afectan a los recursos hídricos, a través de la extracción de agua para riego, consumo humano y para la producción industrial. El tamaño poblacional y su tendencia de crecimiento a través del tiempo son indicadores de la demanda de servicios y agua.

**Situación / Tendencia**

De acuerdo con las cifras del XII Censo General de Población y Vivienda, México contaba con una población total de 97.5 millones de habitantes en el año 2000. Si bien el número total de habitantes se duplicó en los últimos 30 años, la población urbana se multiplicó 2.75 veces en ese mismo periodo, al crecer de 28.3 a 78 millones de habitantes, mientras que la población rural creció en menor proporción, aumentando solamente un 16% de 19.9 a 23.2 millones. Aun cuando la tasa de crecimiento poblacional se ha reducido en los últimos años, se estima que para el año 2025 México contará con 26 millones de habitantes adicionales.



**Información complementaria**

- Densidad demográfica por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-1 A)
- Tasa de crecimiento poblacional media anual, 1950-2000 (IC 2.1-1 B)
- Población por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-1 C)

**Comentarios al indicador**

Este indicador forma parte de los indicadores sociales empleados por la División de Población de Naciones Unidas, por el Banco Mundial y por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-1

Fuentes: INEGI. I al XI Censos de Población y Vivienda. México. INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Síntesis de resultados. Estados Unidos Mexicanos.

## EXTRACCIÓN TOTAL PARA USO CONSUNTIVO

2.1-2

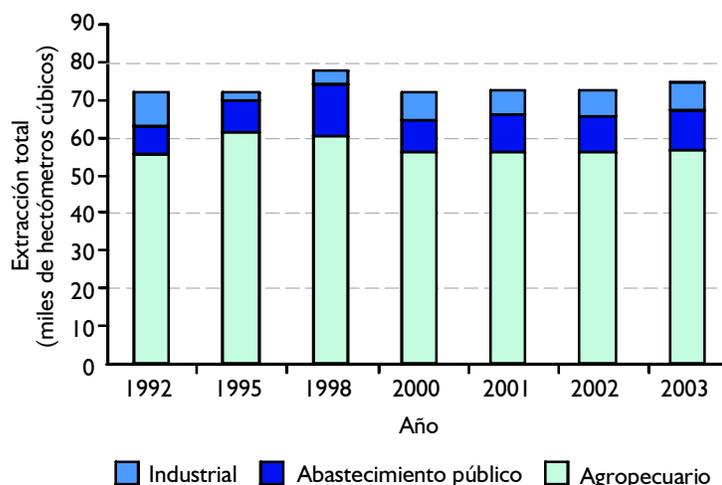
PRESIÓN

**Justificación**

Los usos consuntivos más importantes del agua, en términos de las extracciones totales son los que realizan los sectores agropecuario, abastecimiento público e industrial. El propósito del indicador es mostrar la demanda que ejercen sobre el recurso los principales usuarios del agua, que compiten entre sí por el uso del agua disponible. El indicador puede servir para focalizar las medidas para la protección del ambiente.

**Situación / Tendencia**

Entre 1992 y 2003, la extracción total de agua para usos consuntivos fue mayor a 72 kilómetros cúbicos. El uso agropecuario fue responsable del 78% de las extracciones totales de agua, en promedio. La demanda para abastecimiento público fue de 13% en promedio, y para uso industrial menor a 9%. Las regiones Pacífico Norte y Cuencas Centrales del Norte son las que mayor proporción del agua destinan al uso agropecuario, la región Valle de México es la que mayor proporción destina al abastecimiento público (46%) y la región Golfo Centro es la que destina una mayor proporción a uso industrial (37%).

**Información complementaria**

- Uso consuntivo por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-2 A)
- Fuentes de extracción bruta de agua dulce por uso consuntivo, 2003 (IC 2.1-2 B)
- Extracción de agua, según origen y por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-2 C)
- Eficiencia de uso agropecuario, 1995-2003 (IC 2.1-2 D)
- Superficie agrícola con riego con respecto a la total cultivada, 1992-2003 (IC 2.1-2 E)
- Superficie regada, volumen distribuido y eficiencia en distritos de riego, 2001-2002 (IC 2.1-2 F)

**Comentarios al indicador**

Dentro del uso agropecuario se incluyen los usos agrícola, pecuario, acuicultura, múltiples y otros, definidos en el artículo 2 del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Cabe aclarar que los usos pecuario, acuicultura, múltiples y otros, sólo representan el 6.3% del volumen de agua empleado en este rubro. Se denomina uso pecuario a la utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial. Este indicador forma parte de los indicadores de presión de la Agencia Europea del Medio Ambiente y los indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial. En 1998 se empleó una metodología distinta para estimar la extracción de agua destinada al abastecimiento público.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-2

**Fuentes:** SEDUE. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992 y 1993-1994. México. 1993 y 1994.

Semarnap-INEGI. Estadísticas del medio ambiente México, 1997 y 1999. México. 1998 y 2000.

CNA. Compendio básico del agua en México 2002. México. 2002.

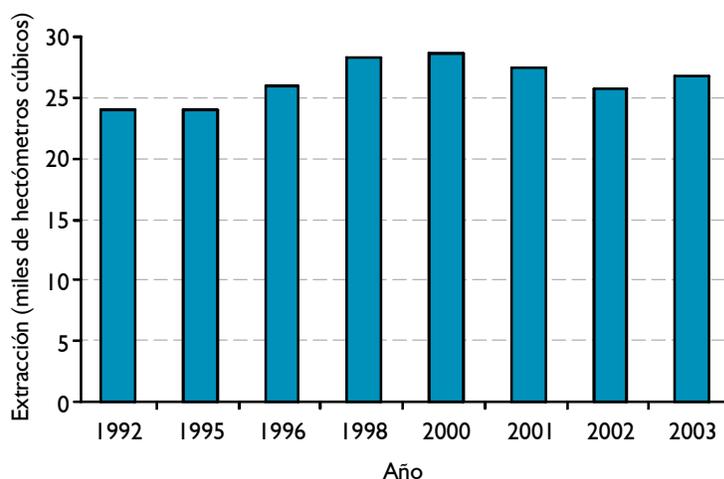
CNA. Estadísticas del agua en México. 2003, 2004 y 2005. México. 2003, 2004 y 2005.

**Justificación**

El agua subterránea es utilizada para suministro de agua potable, riego agrícola, como fuente para dar de beber a los animales, para suministro de agua para la industria, y es la única fuente disponible en algunas regiones áridas. La extracción excesiva de agua subterránea puede provocar la disminución del recurso debido a la sobreexplotación, el agotamiento de pozos, producir hundimientos del suelo y privar a futuras generaciones del uso de ese recurso.

**Situación / Tendencia**

Desde 1996 la extracción anual de agua subterránea ha sido superior a los 25 kilómetros cúbicos. El agua subterránea representa más de la tercera parte del agua destinada a usos consuntivos en conjunto, pero proporciona el 64% del agua dedicada al uso público. A nivel regional, las regiones Península de Baja California, Cuencas Centrales del Norte y Península de Yucatán cubren más del 50% de sus necesidades de agua con agua de origen subterráneo.



**Información complementaria**

- Extracción de agua subterránea por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-3 A)
- Extracción de agua subterránea para uso consuntivo, por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-3 B)

**Comentarios al indicador**

Es utilizado por la Agencia Europea del Medio Ambiente y por el Banco Mundial.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-3

**Fuentes:** Semarnap-INEGI. *Estadísticas del medio ambiente México*. 1997 y 1999 México. 1998 y 2000. CNA. *Compendio básico del agua en México 2002*. México. 2002. CNA. *Estadísticas del agua en México*. 2003, 2004 y 2005. México. 2003, 2004 y 2005.

## USO PARA ABASTECIMIENTO PÚBLICO PER CÁPITA

2.1-4

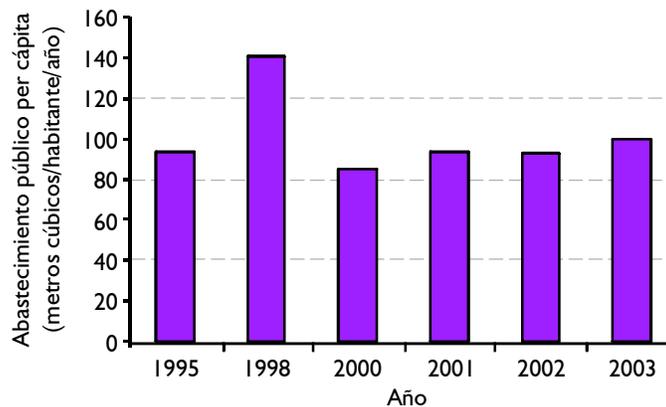
PRESIÓN

**Justificación**

La cantidad de agua destinada al abastecimiento público urbano depende de varios factores, entre ellos, el clima, la eficiencia y la organización de los servicios de suministro de agua, los hábitos de consumo de la población, los avances tecnológicos y de los instrumentos económicos. El indicador muestra la tendencia del uso del agua en el sector urbano y su impacto potencial en los recursos hídricos.

**Situación / Tendencia**

La cantidad de agua destinada al uso público es en promedio de 101 metros cúbicos por habitante por año. El consumo de agua per cápita se ha incrementado un 7% entre 1995 y 2003, lo cual representa un aumento en volumen del 23% debido al crecimiento poblacional. En 1998, año del fenómeno "El Niño", se presentó un consumo per cápita 40% por arriba del promedio. Además del aumento en la urbanización, este consumo y el aumento del nivel de vida han contribuido a incrementar el uso público per cápita del agua.

**Información complementaria**

- Uso para abastecimiento público per cápita por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-4 A)
- Consumo doméstico de agua por habitante, 1995 (IC 2.1-4 B)

**Comentarios al indicador**

Este indicador forma parte del grupo de indicadores de presión utilizados por la Agencia Europea del Medio Ambiente, como indicador de seguimiento en la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible y por el Fondo Mundial para la Naturaleza.

En 1998 se empleó una metodología distinta para estimar la extracción de agua destinada al abastecimiento público.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-4

**Fuentes:** SEDUE. *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. 1991-1992 y 1993-1994.* México. 1993, 1994.

Semarnap-INEGI. *Estadísticas del medio ambiente México.* 1997 y 1999 México. 1998 y 2000.

CNA. *Compendio básico del agua en México 2002.* México. 2002.

CNA. *Estadísticas del agua en México. 2003, 2004 y 2005.* México. 2003, 2004 y 2005.

INEGI. Estados Unidos Mexicanos. *Conteo de Población y Vivienda, 1995.* Resultados Definitivos. Tabulados Básicos.

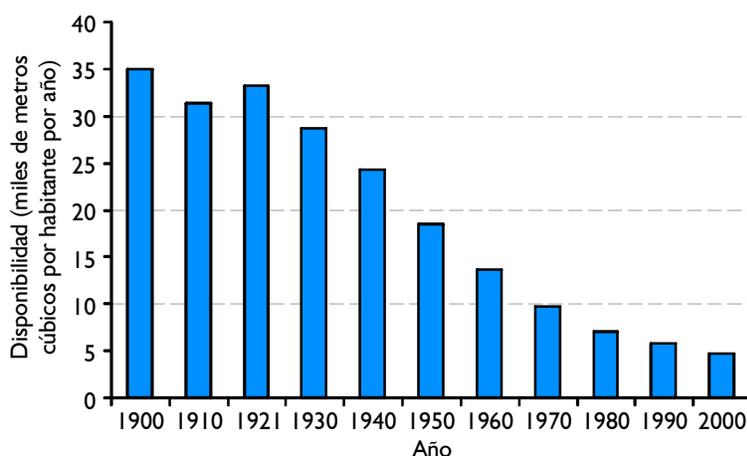
INEGI. Estados Unidos Mexicanos. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.* Tabulados Básicos y por Entidad Federativa. Bases de Datos y Tabulados de la Muestra Censal.

**Justificación**

La disponibilidad natural media de agua per cápita indica la cantidad de agua renovable promedio anual por persona. Las regiones en donde la disponibilidad es menor a mil 700 metros cúbicos por año se considera que presentan “estrés hídrico”, donde puede presentarse escasez con frecuencia. Cuando la disponibilidad es inferior a mil metros cúbico por año, se considera que pueden presentarse problemas para la producción de alimentos y el desarrollo económico.

**Situación / Tendencia**

Para el año 2000 la disponibilidad natural de agua per cápita se había reducido a una séptima parte de la existente en 1900, al pasar de 35 mil a menos de 5 mil metros cúbicos por año, la cual se considera baja. La disponibilidad per cápita muestra gran variación espacial entre las regiones norte y sur del país. Las regiones Península de Baja California y Río Bravo tienen valores inferiores a los mil 700 metros cúbicos por año, lo que las ubica en la condición de estrés hídrico, mientras que en el Sur, las regiones Golfo Centro y Frontera Sur sobrepasan los 10 mil metros cúbicos por habitante por año, lo que las coloca en disponibilidad alta.



**Información complementaria**

- Disponibilidad natural media total y per cápita por región hidrológica administrativa, 2004 (IC 2.1-5 A)
- Precipitación total anual, 1941-2003 (IC 2.1-5 B)

**Comentarios al indicador**

Es utilizado por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), forma parte de los indicadores de seguimiento en la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible y es propuesto como indicador ambiental por el Banco Mundial.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-5

Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. México. 2004.

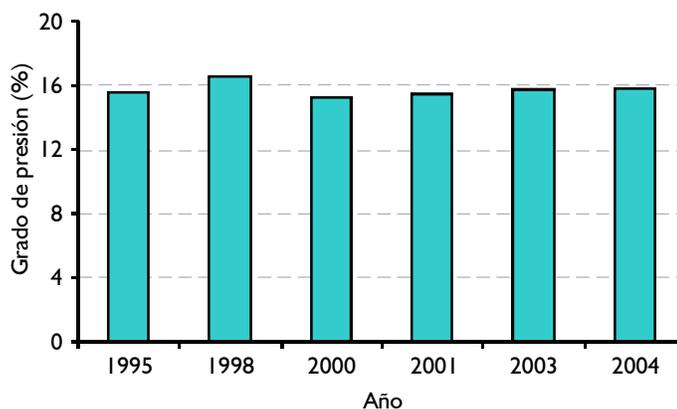
## GRADO DE PRESIÓN

### Justificación

La comparación de la extracción total de agua para usos consuntivos con el volumen total de los recursos hídricos renovables describe la presión ejercida sobre los recursos hídricos. Este indicador señala si la tasa de extracción de agua es sostenible a largo plazo. Se utiliza también como una medida de la vulnerabilidad del país o región frente a la escasez de agua.

### Situación / Tendencia

El grado de presión promedio se ha mantenido alrededor del 15.7% entre 1995 y 2004, lo que se considera moderado. A nivel regional, el grado de presión varía entre las Regiones Hidrológicas Administrativas. En las regiones Pacífico Sur, Golfo Centro y Frontera Sur el grado de presión es menor al 5%. En cambio, en la mayor parte del norte del país y en la región Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, el grado de presión es mayor al 40%. De acuerdo con la ONU, cuando el grado de presión es mayor a 40%, se considera que en la región se ejerce fuerte presión sobre los recursos hídricos.



### Información complementaria

- Grado de presión por región hidrológica administrativa, 2003 (*IC 2.1-6 A*)
- Densidad demográfica por región hidrológica administrativa, 2003 (*IC 2.1-6 B*)

### Comentarios al indicador

Este indicador es utilizado por varios organismos internacionales (ONU, AEMA, WWF, OCDE y WP) como indicador de la sustentabilidad del agua a largo plazo.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-6

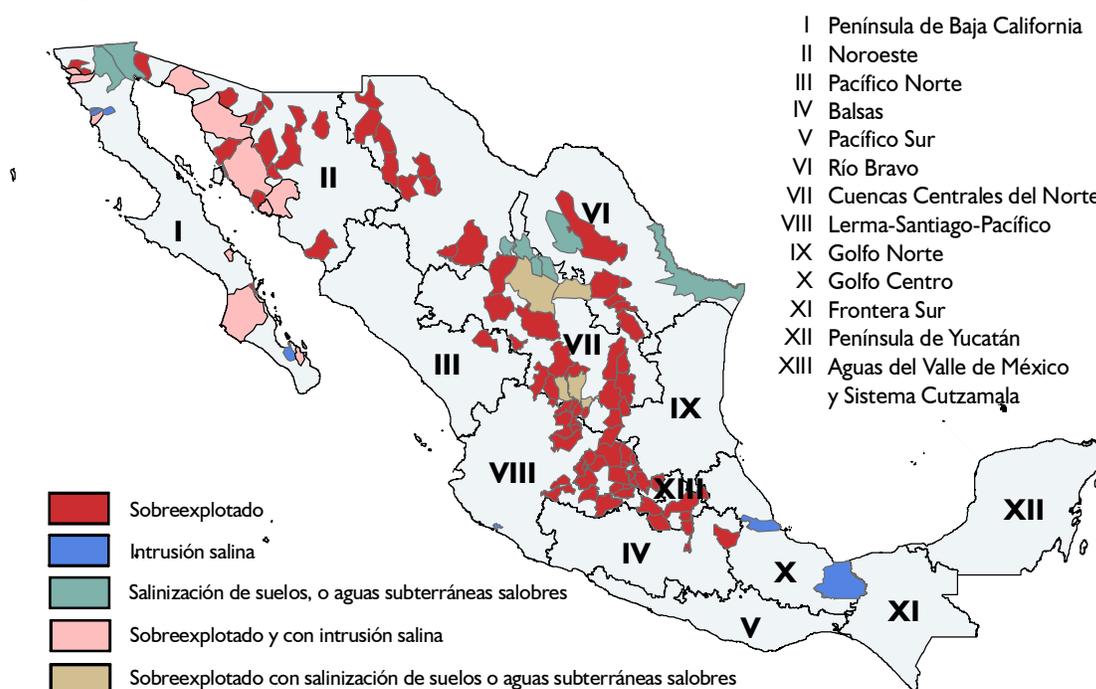
## ACUÍFEROS SOBREENPLOTTADOS, CON INTRUSIÓN SALINA Y/O BAJO EL FENÓMENO DE SALINIZACIÓN DE SUELOS O AGUAS SUBTERRÁNEAS SALOBRES

### Justificación

El desarrollo y uso excesivo de los recursos hídricos subterráneos puede producir la disminución regional de los niveles de agua subterránea, pozos secos, mayores costos de extracción, hundimientos del terreno, aguas subterráneas salobres e intrusión salina en zonas costeras. El indicador muestra el número de casos en los que no se hace un uso sustentable del agua subterránea y existe el riesgo de que en el futuro no sea posible satisfacer la demanda de agua.

### Situación / Tendencia

Entre 1975 y 2004 la cantidad de acuíferos sobreexplotados se triplicó, al pasar de 32 a 104 el número de acuíferos donde la extracción excede a la recarga. A nivel regional, la mayor cantidad de acuíferos sobreexplotados se presenta en las regiones administrativas Lerma-Santiago-Pacífico y Cuencas Centrales del Norte. Los acuíferos en donde ha ocurrido intrusión salina, posiblemente como consecuencia de la sobreexplotación, se localizan en las regiones Península de Baja California, Noroeste, Lerma-Santiago-Pacífico y Golfo Centro.



### Información complementaria

- Índice de sobreexplotación de los acuíferos sobreexplotados, 2004 (IC 2.1-7 A)
- Acuíferos con intrusión salina, 2004 (IC 2.1-7 B)
- Acuíferos bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres, 2004 (IC 2.1-7 C)

### Comentarios al indicador

El criterio para clasificar a un acuífero como sobreexplotado se ha modificado con el paso del tiempo. En 1995, se consideraba sobreexplotado un acuífero cuando la extracción excedía a la recarga en 20%, mientras que en el 2003 se consideraba cuando la extracción excede a la recarga en 10%. Este indicador es utilizado por la Agencia Europea del Medio Ambiente como indicador del impacto provocado por la extracción de agua subterránea.

Datos: Tabla Indicador 2.1-7

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 2.1-7

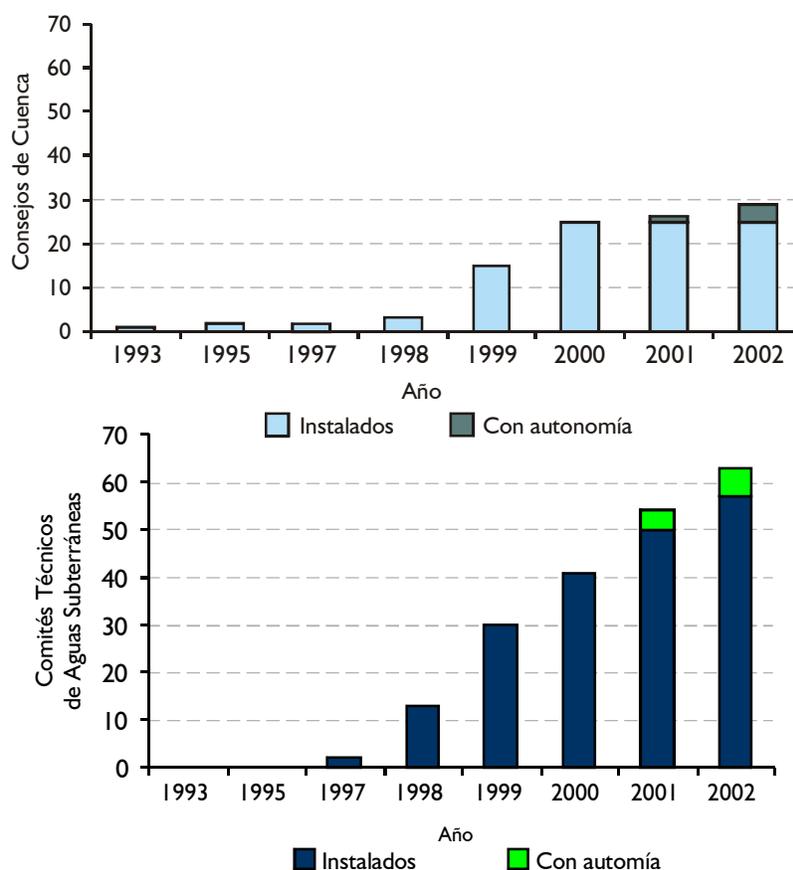
## CONSEJOS DE CUENCA Y COMITÉS TÉCNICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

### Justificación

Son instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua (CNA), las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal, municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica. Su objeto es formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración del agua, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

### Situación / Tendencia

El número de Consejos de Cuenca instalados llegó a 25 en 2003, y el de Comités Técnicos de Aguas Subterráneas a 64, sin embargo, aún falta desarrollar autonomía de gestión técnica y administrativa en la mayor parte de ellos. Los datos para 2002 señalan que el número de Consejos de Cuenca que funcionaban con autonomía de gestión llegaba apenas a 4, mientras que el de Comités Técnicos de Aguas Subterráneas era de 6.



### Información complementaria

- Comisiones y comités de cuenca, 1995-2003 (IC 2.1-8 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-8

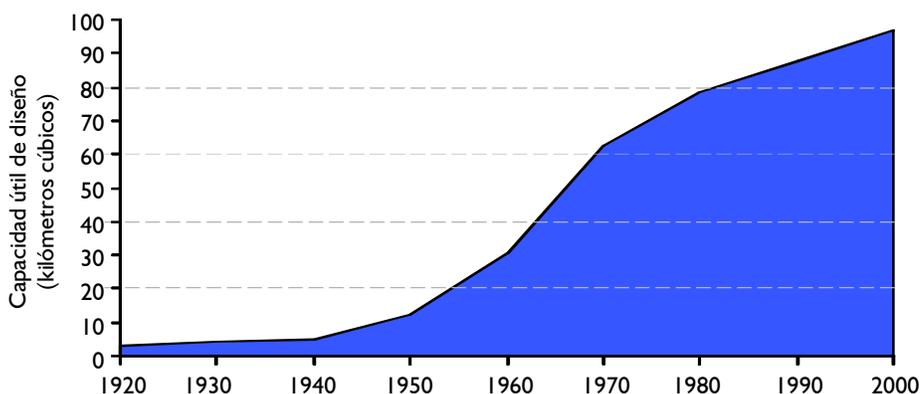
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-8

**Justificación**

El agua almacenada en las presas se utiliza para la producción de alimentos, la generación de energía, el control de inundaciones y el suministro de agua para los usos industrial y doméstico. Este indicador muestra la tendencia de desarrollo de infraestructura de almacenamiento de agua y el volumen que puede ser administrado para satisfacer la demanda a lo largo del año.

**Situación / Tendencia**

Las principales presas del país comenzaron a construirse antes de 1920, y tuvieron un crecimiento acelerado entre 1940 y 1970. De las 4 mil presas existentes, 667 están clasificadas como grandes presas de acuerdo con los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Presas. La capacidad de almacenamiento proporcionada es de 150 kilómetros cúbicos y en conjunto equivaldría al 37% del escurrimiento promedio anual del país. Sin embargo el promedio del volumen de almacenamiento registrado en las 51 presas principales del país entre 1991 y 2003 fue menor al 70% de su capacidad útil.



**Información complementaria**

- Volumen almacenado con respecto a la capacidad útil de diseño en las principales presas, 1991-2003 (IC 2.1-9 A)
- Presas principales construidas, 1986-2000 (IC 2.1-9 B)
- Usos de las presas principales, 2003 (IC 2.1-9 C)
- Capacidad de almacenamiento en las principales presas por región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-9 D)

**Comentarios al indicador**

Los datos incluyen a las 234 presas principales del país, que en conjunto abarcan el 65% de la capacidad útil del total de las presas construidas.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-9

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-9

**Fuentes:** Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. México. 2004. CNA. *Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos*. SGT. México. IMTA. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales. Vol: *Hidrometría y Sedimentos hasta 1999*. CNA. México. 2000.

## EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN DISTRITOS DE RIEGO

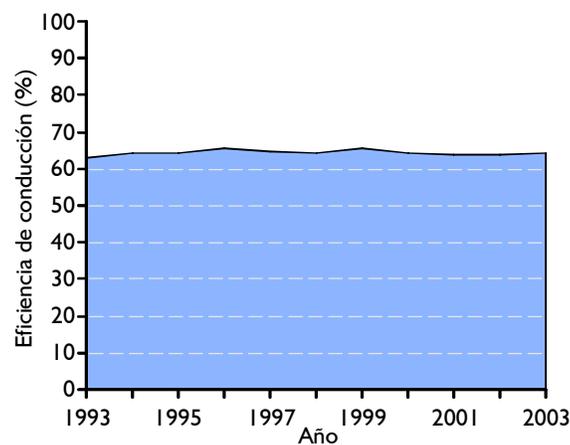
2.1-10

### Justificación

El uso agrícola del agua constituye el principal uso consuntivo del agua a nivel nacional. Durante el transporte a través de la red de conducción, una parte del agua se pierde debido al mal estado o diseño de la infraestructura, que propicia pérdidas por fugas, por infiltración en canales de tierra y un deficiente control del agua en los canales. El indicador eficiencia de conducción en distritos de riego muestra la proporción del agua que efectivamente llega a las parcelas, y permite conocer el volumen de agua anual que se podría ahorrar con mejoras en la eficiencia de conducción.

### Situación / Tendencia

Entre 1993 y 2003 la eficiencia de conducción en los distritos de riego ha sido en promedio del 64%. Esto significa que del total de agua destinada para los distritos de riego, más de la tercera parte se desperdicia debido a fugas, infiltración en los canales o por falta de control.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-10

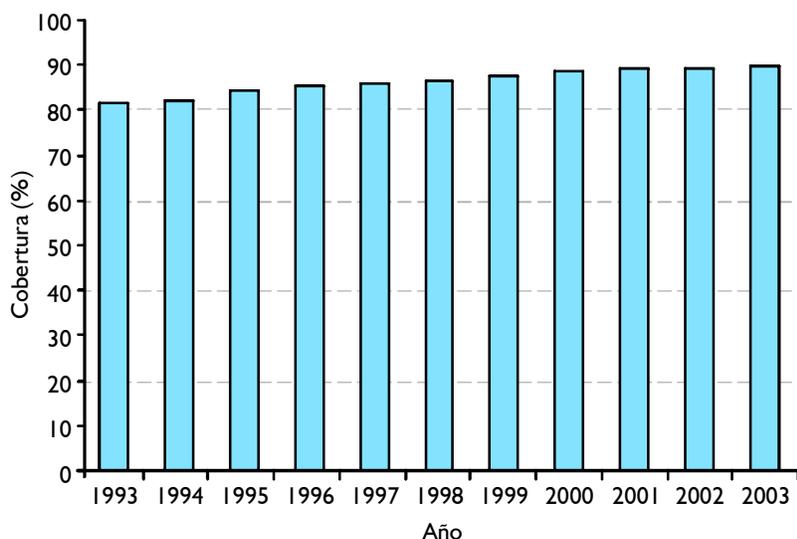
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2..1-10

**Justificación**

El agua potable es un servicio básico. Es un indicador de la calidad de vida de la población y de la competitividad del país en materia de prestación de servicios. A escala doméstica, el acceso a agua potable, junto con otras prácticas de higiene relacionadas con el manejo del agua, es un elemento clave para combatir las enfermedades transmitidas por el agua.

**Situación / Tendencia**

El porcentaje de la población que cuenta con acceso a sistemas de agua potable se incrementó en 8% entre 1993 y 2003. En 2003, las zonas urbanas tenían una cobertura del 96%, mientras que las zonas rurales alcanzaban sólo el 71%. Las menores coberturas ese año se tenían en los estados de Veracruz, Guerrero y Tabasco, con coberturas del servicio menores al 72%, mientras que las coberturas de agua potable más altas las presentaban Coahuila, Distrito Federal y Aguascalientes, con 99.7, 99 y 99% respectivamente.



**Información complementaria**

- Población con acceso a agua potable por entidad federativa, 2003 (IC 2.1-11 A)
- Población con acceso a agua potable, según disponibilidad en vivienda, 1980-2000 (IC 2.1-11 B)
- Plantas potabilizadoras en operación y caudal tratado, 1993-2003 (IC 2.1-11 C)
- Agua suministrada y desinfectada per cápita, 1994-2003 (IC 2.1-11 D)
- Suministro de agua desinfectada per cápita, por entidad federativa, 2003 (IC 2.1-11 E)
- Proporción del agua suministrada que se desinfecta por entidad federativa, 2005 (IC 2.1-11 F)

**Comentarios al indicador**

Este indicador es utilizado por Naciones Unidas, el Banco Mundial y la OCDE como un indicador de la calidad de vida de la población y/o indicador de desarrollo sustentable en relación con el tema de salud.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-11

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-11

**Fuentes:** Elaboración propia con datos de: CNA. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 2003. México. 2004.

## TARIFAS PARA USO DOMÉSTICO Y RECAUDACIÓN

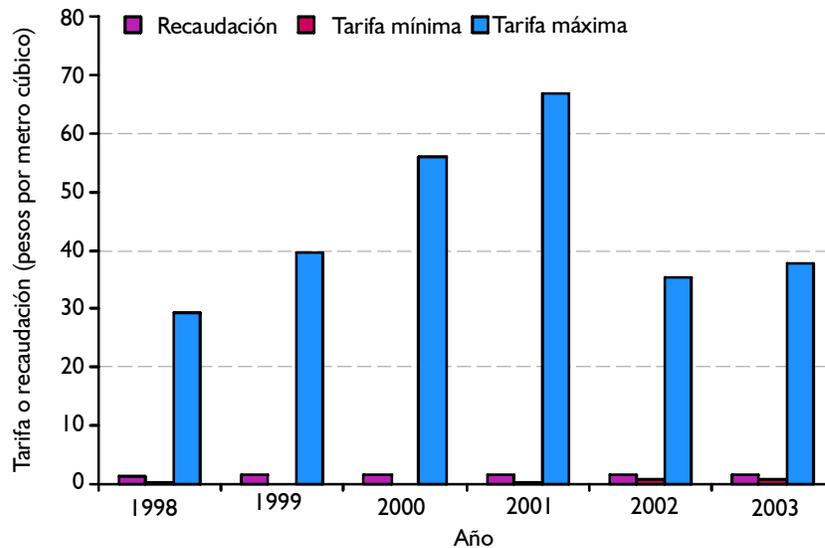
2.1-12

### Justificación

El consumo de agua per cápita depende de la disponibilidad y precio del agua, del clima y los usos a los cuales es destinada. Una política de tarifas dirigida a recuperar los costos totales del servicio de agua puede servir como mecanismo para fomentar el uso eficiente de los recursos hídricos y como incentivo para el ahorro. Este indicador compara las tarifas promedio con la recaudación por metro cúbico, a fin de mostrar la eficiencia en el cobro del servicio por parte de los organismos operadores.

### Situación / Tendencia

La tarifa mínima publicada por CNA para uso doméstico fue 4 veces mayor en 2003 que en 1998, mientras que la tarifa máxima creció solamente un 29% entre 1998 y 2003. En cuanto a la recaudación por metro cúbico de agua suministrada, ésta creció un 9 % en el mismo periodo, como resultado de un incremento en la proporción del agua facturada.



### Información complementaria

- Agua facturada y no contabilizada, 1996-2003 (IC 2.1-12 A)
- Recaudación unitaria, 1995-2003 (IC 2.1-12 B)
- Rangos mínimos y máximos de las tarifas de agua, en las principales ciudades, 2003 (IC 2.1-12 C)

### Comentarios al indicador

Las ciudades para las que se reportan las tarifas mínimas y máximas varían entre años. Generalmente se reportan las tarifas para las capitales de los estados.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-12

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-12

## REUSO DE AGUA RESIDUAL

### Justificación

Reciclar y reutilizar el agua ayuda a disminuir la presión sobre las fuentes de agua potable y a reducir la necesidad global de agua. Este indicador muestra el porcentaje del caudal descargado de agua residual no municipal que tiene un reuso directo. Se denomina reuso directo cuando aguas residuales tratadas son puestas en un sistema de distribución, incluyendo depósitos naturales, para ser entregadas a un usuario específico.

### Situación / Tendencia

El reuso del agua residual no municipal presenta grandes diferencias entre regiones hidrológicas administrativas. En 2002, las regiones que mayor proporción del agua reutilizaban fueron Cuencas Centrales del Norte, Río Bravo, con 34 y 23% respectivamente, seguidas por Golfo Centro y Península de Baja California, con un reuso de 5% para cada una. En otras regiones, en cambio, el porcentaje de reutilización fue bajo o inexistente.



### Información complementaria

- Reuso de agua residual por uso consuntivo y región hidrológica administrativa, 2003 (IC 2.1-13 A)

### Comentarios al indicador

Por ahora sólo se dispone de información para el agua no municipal, pero el indicador más apropiado debería incluir la reutilización de agua residual municipal.

**Datos:** Tabla Indicador 2.1-13

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.1-13

La calidad del agua se refiere a la concentración de gases y sólidos disueltos, sólidos en suspensión, iones de hidrógeno, organismos patógenos y calor en una determinada cantidad de agua (Dingman, 2002). Las sustancias químicas representan un problema para la calidad del agua dependiendo de su toxicidad intrínseca, del tiempo que persisten en el líquido sin descomponerse, de su bioacumulación, de la manera como interactúan con otros químicos, de cómo se transportan del suelo y el aire hacia el agua y de su potencial transformación en otras formas químicas más peligrosas (Swackhamer, 2004). La valoración del agua como de buena o mala calidad no es absoluta, depende del uso que se le dé o el destino que tenga (Revenga *et al.*, 2000; WRI, 2000), por ello, la calidad del agua puede también ser definida simplemente como la aptitud del líquido para sostener varios usos o procesos (Meybeck *et al.*, 1996). El presente capítulo se limita al análisis de la calidad del agua desde el punto de vista de los usos humanos, ya que su relación con los ecosistemas acuáticos se trata en el capítulo de “Biodiversidad”.

Todas las actividades humanas que dependen del agua, tanto consuntivas (agropecuarias, domésticas e industriales) como no consuntivas (recreación, pesca, generación de energía eléctrica, transporte acuático), requieren que la concentración de algunos de los constituyentes que determinan su calidad se encuentren dentro de ciertos límites. Cuando la concentración de alguno de esos constituyentes sobrepasa el límite a partir del cual se afecta su aptitud para determinado uso, el constituyente se considera un contaminante (Meybeck *et al.*, 1996; Dingman, 2002).

A mayores volúmenes extraídos para satisfacer las necesidades de los consumidores, se incrementan también los volúmenes de aguas residuales que vulneran y degradan la calidad de las mismas fuentes de abastecimiento, ya que la mayor parte de los usos afecta la calidad del agua (Jackson, 2001). Además, las aguas de desecho domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias en general no reciben tratamiento y se vierten crudas directamente en los cuerpos de agua superficiales (CNA, 2001a) que, además, funcionan como sumideros para otras fuentes de contaminación, puntuales o difusas. Las fuentes puntuales son aquellas que abarcan poca superficie, como son los desagües industriales, municipales o de granjas, los tiraderos de desechos, las fosas sépticas, los tanques de almacenamiento con fugas, los pozos y ductos petroleros con derrames y las chimeneas. Las fuentes difusas abarcan grandes superficies, como los terrenos agrícolas y pecuarios, las minas a cielo abierto, las superficies urbanas y la precipitación de contaminantes atmosféricos (Carpenter, *et al.*, 1998; Dingman, 2002). La lluvia, el escurrimiento y la infiltración lavan el aire y el suelo y arrastran consigo las sustancias contaminantes hacia los cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Carpenter *et al.*, 1998; Dingman, 2002).

Las sustancias volátiles o que son arrastradas por el aire en forma de partículas, constituyen un componente importante de la contaminación de los cuerpos de agua. Los compuestos orgánicos persistentes, como son el mercurio, los plaguicidas y los bifenilos policlorinados (PCB), así como los nutrientes inorgánicos: el fósforo y el nitrógeno, por ejemplo, destacan entre los contaminantes atmosféricos que afectan la calidad del agua por su impacto en los ecosistemas acuáticos y la salud de todo tipo de organismos, desde las algas e invertebrados hasta el ser humano (Baselice *et al.*, 2002, Swackhamer, 2004). Por todo esto, la degradación química, eólica e hídrica del suelo y la calidad del aire son factores que, no obstante ser indirectos, afectan la calidad del agua, razón por la cual este capítulo se relaciona íntimamente con los correspondientes a “Suelos” y “Atmósfera”.

La disminución de la calidad del agua es un problema que se suma al de la creciente escasez por sobreexplotación y a la elevación de los costos para el abastecimiento, dada la necesidad de tratarla antes de que se pueda usar (Carpenter *et al.*, 1998). En los últimos años se han implementando muchas medidas para reducir la contaminación del agua. Hay esfuerzos crecientes para incrementar el control y tratamiento del vertido de desechos industriales y domésticos a fin de frenar las

emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y controlar la disposición de desechos sólidos y el uso de agroquímicos en el campo, así como para monitorear la calidad de los cuerpos de agua y restringir su aprovechamiento cuando no cumple con los estándares que demanda cada tipo de uso.

A continuación se presenta un conjunto de indicadores para dar cuenta de las principales presiones que están afectando la calidad del agua en nuestro país, del estado en el que se encuentran las fuentes de abastecimiento de este recurso y del desempeño de las medidas con las que se responde para tratar de solucionar este problema. Pero antes es pertinente hacer una observación para la correcta interpretación de algunos indicadores, particularmente de presión y estado. La calidad del agua varía continuamente en el tiempo a causa de factores naturales, como los cambios estacionales en la frecuencia e intensidad de las lluvias, así como por la variación temporal en las actividades socioeconómicas que influyen sobre ella. Esto es particularmente cierto en los cuerpos acuáticos en los que hay un aporte de agua, corrientes y recambio continuos (CNA, 2002). Algunos de los indicadores se presentan en términos de promedios anuales y nacionales o regionales, que pueden diferir significativamente de los valores locales en un momento determinado.

## INDICADORES DE PRESIÓN

### ***Descarga de aguas residuales municipales***

En las áreas urbanas, las redes de drenaje están diseñadas para coleccionar las aguas residuales provenientes de viviendas, oficinas y negocios, que desalojan por este medio materia orgánica en forma de desechos humanos y restos de comida, así como toda clase de sustancias provenientes de los productos de limpieza y mantenimiento, como son detergentes, papel, pinturas, aceites y solventes. Los sistemas de drenaje también coleccionan las aguas pluviales que escurren por el pavimento, jardines, parques y lotes baldíos, arrastrando a su paso sólidos orgánicos e inorgánicos, aceites, grasas, combustibles, metales pesados y demás sustancias que gotean de los automóviles y tanques de depósito, sólidos disueltos y en suspensión derivados de la construcción, (e.g., tierra, cemento, arena, yeso), hojas de árboles y arbustos, fertilizantes y plaguicidas, así como desechos de perros, gatos, ratas y demás fauna urbana.

Por lo anterior, las aguas residuales municipales contienen una gran cantidad y variedad de agentes dañinos para la salud humana, ya sean sustancias tóxicas, materia orgánica en descomposición, hormonas, virus, bacterias, sedimentos, químicos orgánicos sintéticos y productos farmacéuticos (Silk y Ciruna, 2004). La ***descarga de aguas residuales municipales*** es indicativa de la magnitud de la presión ejercida sobre la calidad de los cuerpos de agua, sobre todo de los superficiales, dado que se vierten directamente sobre ellos, en su mayor parte sin previo tratamiento (CNA, 2001a). La OCDE considera la descarga de aguas residuales en su *Core Set* de indicadores ambientales (OCDE, 1993).

### ***Descarga de aguas residuales no municipales***

Las industrias se consideran importantes fuentes puntuales de contaminación de las aguas superficiales por varias razones (Folk, 1996; IFEN, 1997; OECD, 2001; Culp et al., 2003; EEA, 2003; Silk y Ciruna, 2004): por la elevada toxicidad de algunas de las sustancias que descargan, como son los metales pesados, los compuestos organohalogenados y fenólicos, los hidrocarburos y los isótopos radiactivos (sustancias llamadas microcontaminantes porque son dañinas aunque sea en pequeñas cantidades). Muchas industrias desechan también materia orgánica en sus procesos, que se suma a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que producen las actividades domésticas, agrícolas y pecuarias. Además, algunos de los procesos industriales generan contaminación térmica del agua, que reduce el oxígeno disuelto, a la par que acelera los procesos bioquímicos que demandan oxígeno. La ***descarga de aguas residuales no municipales*** representa, por ello, otra presión importante sobre la calidad del líquido.

Otra vía de presión de la industria sobre la calidad del agua es la emisión de gases contaminantes, que en ocasiones incluso reaccionan en la atmósfera para convertirse en compuestos aún más contaminantes. Una vez en el aire, se precipitan y escurren sobre los cuerpos de agua, como es el caso del bióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, que acidifican la lluvia, o del óxido de mercurio, que en los sistemas acuáticos se convierte en monometilmercurio, un compuesto sumamente tóxico (Baselice et al., 2002; Swackhamer, 2004). Los indicadores de presión del capítulo de "Atmósfera" (*consumo final de petrolíferos y emisión de contaminantes en zonas urbanas e industriales*) muestran también el impacto de las actividades del sector industrial y de algunas actividades urbanas, como el transporte, sobre la calidad del agua.

## **Consumo de fertilizantes**

Existen algunos nutrientes indispensables que limitan el desarrollo de la vida por su escasez, tanto en ambientes terrestres como acuáticos. Entre los más importantes están el fósforo y el nitrógeno. En los ecosistemas naturales estos elementos se reemplazan en un ciclo continuo durante el crecimiento, muerte y descomposición de los seres vivos. Pero en los terrenos agrícolas este ciclo se interrumpe con el retiro de las plantas, por lo que es necesario reemplazarlos artificialmente con fertilizantes conforme se agotan, para mantener la productividad del suelo (Leinweber *et al.*, 2002).

No obstante, globalmente se agrega a los suelos agrícolas más nutrientes de los que se remueven durante la cosecha. El consumo excesivo de fertilizantes trae como consecuencia la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, ya que los excedentes son movilizados hacia ellos por el escurrimiento y la infiltración, o bien por la vía de la precipitación atmosférica cuando los fertilizantes se volatilizan o son arrastrados por el viento. (Carpenter *et al.*, 1998; Shortle *et al.*, 2001; Oren *et al.*, 2004; Swackhamer, 2004).

La contaminación por exceso de nutrientes en el agua provoca un desequilibrio ecológico que consiste en la proliferación de las poblaciones de algas y plantas acuáticas llamado eutrofización. Las plantas y algas en número excesivo enturbian las aguas, impidiendo el paso de luz para otros organismos, y cuando mueren abaten el oxígeno disuelto durante su descomposición. Algunas de las algas que resultan favorecidas contienen, incluso, sustancias tóxicas dañinas para los seres humanos, el ganado y los animales silvestres. Esta condición afecta la calidad del agua y obstaculiza, entre otras cosas, el aprovechamiento de este recurso para la pesca, la recreación, la industria y el consumo humano (Carpenter *et al.*, 1998; Oren *et al.*, 2004).

El **consumo aparente de fertilizantes** señala una de las formas de presión que ejercen las actividades agrícolas sobre las fuentes de agua, al disminuir la fertilidad del suelo e impactar de otras formas a los ecosistemas terrestres, con la consecuente merma de su capacidad para absorber el exceso de nutrientes y filtrar o degradar otros contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua (Daily *et al.*, 1997; Dudley y Stolton, 2003). Este indicador es incluido por la OCDE en su *Core Set* de indicadores ambientales (OCDE, 1993), la ONU en sus indicadores de desarrollo sustentable (ONU, 2004) y la EPA en su Iniciativa de Indicadores Ambientales (EPA, 2003).

El consumo excesivo de fertilizantes es un problema que tiene que ver con la degradación química del suelo y, como tal, es tratado en el capítulo de “Suelos”. Sin embargo, también representa un problema para la calidad del agua por el aporte directo de nutrientes a los cuerpos de agua.

## **Población pecuaria**

El crecimiento de las actividades ganaderas ha tenido entre sus consecuencias la producción de grandes volúmenes de estiércol. Si bien los nutrientes presentes en el estiércol pueden reciclarse mediante su aplicación a terrenos agrícolas, la cantidad generada, particularmente en las instalaciones de producción intensiva, a menudo excede la capacidad de los cultivos cercanos para utilizarlos y retenerlos. De hecho, este tipo de instalaciones representa fuentes puntuales de contaminación, más parecidas a las de las actividades industriales que a las de las agropecuarias tradicionales (Lanvon, 1994; Chadwick y Chen, 2002).

La contaminación del agua superficial y subterránea por este tipo de fuentes puede llegar a ocurrir como consecuencia de descargas directas a los cuerpos de agua, por fugas y escurrimiento superficial, o lixiviado y percolación de las lagunas de residuos donde se concentran estos desechos, o bien por la aplicación excesiva de este abono a los cultivos (Carpenter et al., 1998; Chadwick y Chen, 2002).

Además de las altas concentraciones de nutrientes presentes en el estiércol, causantes de la eutrofización de los cuerpos de agua superficiales, el estiércol puede contener otros agentes contaminantes, entre ellos bacterias, protozoarios y virus patógenos como *Salmonella*, *Giardia* y *Rotavirus*, materia orgánica que representa demanda bioquímica de oxígeno, residuos de medicamentos y hasta metales pesados como el cobre y zinc, con los que en ocasiones se suplementa la alimentación de los animales (Chadwick y Chen, 2002). La **población pecuaria** del país es entonces un indicador indirecto, pero representativo, de la presión que ejerce la ganadería y la avicultura sobre la calidad de las fuentes de agua. La OCDE utiliza la densidad de ganado en su *Core Set* de indicadores ambientales (OCDE, 1993).

La ganadería extensiva deja a los suelos más vulnerables a los procesos de degradación por la pérdida de la vegetación y la compactación que ocasiona el sobrepastoreo (ver capítulo de “Suelos”). Las diferentes formas de degradación del suelo repercuten, a su vez, sobre la calidad del agua, porque se favorece el aporte de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes.

### **Disposición final de residuos sólidos municipales**

Los desechos sólidos municipales producen lixiviados, que son líquidos que pueden contener elevadas concentraciones de sustancias orgánicas o inorgánicas tóxicas, cuya naturaleza depende del tipo y cantidad de los desperdicios, de las condiciones climáticas e hidrogeológicas del lugar y de la edad del tiradero o confinamiento. El agua de la lluvia, el escurrimiento superficial y el agua subterránea (cuando la profundidad a la que se entierran los desechos alcanza el nivel freático) lavan las sustancias que se desprenden de la descomposición de la basura y las llevan consigo a los cuerpos de agua (Fatta et al., 2000; Fetter, 2001). La **disposición final de residuos sólidos municipales** en sitios no controlados es una importante fuente de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, ya que estos lugares pueden carecer de las condiciones hidrogeológicas y técnicas adecuadas para minimizar el impacto de los lixiviados. De hecho, la contaminación del agua subterránea se considera el principal impacto de los desechos sólidos (Ibe y Njoku, 1999). Cabe señalar que la disposición de desechos sólidos en climas húmedos produce grandes volúmenes de lixiviados, en comparación con las zonas áridas, donde la escasez de precipitación, escurrimiento superficial e infiltración tiende a impedir la contaminación de las fuentes de agua (Fetter, 2001). La disposición de residuos provoca eventualmente la contaminación del suelo y ésta, a su vez, la del agua. Por tal razón, este indicador está desarrollado en el capítulo de “Residuos Municipales”.

### **Consumo aparente de plaguicidas**

Plaguicidas es un término genérico usado para referirse a un grupo amplio de compuestos que comprenden a los herbicidas, insecticidas, fungicidas, molusquicidas y rodenticidas. Son usados por diversos sectores: en salud para el control de fauna transmisora de enfermedades; en el doméstico, urbano, comercial e industrial para el control de roedores y plantas indeseables en jardines, parques, caminos e instalaciones; en el forestal y agrícola para el control de plagas y enfermedades de las plantas. El sector agrícola representa el principal mercado de estas sustancias, pues han resultado muy exitosas para incrementar los rendimientos, la calidad y variedad de la producción (Gevao y Jones, 2002).

El tipo de sustancias activas que contienen estos compuestos es muy diverso, como diversos son los efectos nocivos que tienen para la salud humana. Entre ellos se cuentan el daño agudo y permanente al sistema nervioso y pulmones, lesión de los órganos reproductores, disfunción de los sistemas inmune y endocrino, defectos al nacer y cáncer (Mansour, 2004). La contaminación del agua con plaguicidas, aparte de tener un efecto tóxico directo sobre la salud de los seres humanos y los ecosistemas, en algunos casos también puede afectar las propiedades organolépticas de este recurso, incluso cuando está en bajas concentraciones, haciendo al agua inaceptable para el consumo humano (OMS, 1970).

Muchas de estas sustancias son difícilmente degradadas a formas inocuas, pues la persistencia es una de las características que se buscan en el diseño de este tipo de productos para que sus efectos sean de larga duración. Esto último, junto con otras de sus características, como son su volatilidad, tipo de solubilidad y forma en que son aplicados, facilita su dispersión y acumulación en el ambiente natural, particularmente en el suelo, los medios acuáticos y los organismos vivos (Gevao y Jones, 2002).

El uso de plaguicidas agrícolas es tratado también en el capítulo de “Suelos”. Al igual que los fertilizantes, los plaguicidas degradan químicamente al suelo, afectando su fertilidad y dañan la calidad de los cuerpos de agua por el arrastre de estas sustancias con el escurrimiento superficial y la infiltración al subsuelo.

El **consumo aparente de plaguicidas** cuantifica una parte de la presión de las actividades agrícolas sobre la calidad de las fuentes de agua. La ONU lo incluye entre sus Indicadores de Desarrollo Sustentable (ONU, 2004), mientras que la EPA utiliza en su lugar la concentración de plaguicidas en ríos y acuíferos en terrenos agrícolas en su Iniciativa de Indicadores Ambientales (EPA, 2003).

### **Producción acuícola**

La acuicultura es una de las actividades productivas en más rápida expansión en el mundo. En la década de los 90 creció a más del doble en el peso y valor de la producción (Naylor *et al.*, 2001). Si bien se trata de una actividad importante para la provisión de alimentos, la **producción acuícola** puede ocasionar impactos negativos en la calidad del agua en forma directa e indirecta. Cuando no se tratan las aguas de desecho de la acuicultura se contribuye a la contaminación directa de las fuentes de agua donde se vierten, debido a la carga de materia orgánica y nutrientes presentes en el alimento que no fue consumido y en las heces de los organismos cultivados (Naylor *et al.*, 2001; EEA, 2003; EPA-South Australia, 2003), lo cual se suma a la descarga de estos mismos contaminantes originada en las actividades domésticas, industriales y agropecuarias. Esto ocasiona la eutrofización de las aguas, su acidificación, turbidez y reducción del oxígeno disuelto. Las aguas de desecho de la acuicultura pueden contener también residuos de aditivos químicos, patógenos, antibióticos y provocar cambios en la temperatura del agua (Minnesota Pollution Control Agency, 2004; EEA, 2003; EPA-South Australia, 2003). Los impactos negativos indirectos ocurren con el establecimiento de instalaciones que implican la remoción de la vegetación riparia o de manglar. Esta vegetación provee servicios ecológicos que tienen que ver con la calidad del agua, como son la captación y retención de sedimentos, la degradación de contaminantes y el reciclado de nutrientes, provenientes de los terrenos aledaños (Daily *et al.*, 1997; Naylor *et al.*, 2001).

## **Erosión del suelo**

El crecimiento de actividades como la agricultura, la ganadería, el desarrollo urbano y la construcción de carreteras ha provocado severas pérdidas en la cobertura vegetal del país (Semarnat, 2003a). Una de las consecuencias de la remoción de la cubierta vegetal es el incremento en la erosión del suelo, un proceso causado por el viento y el agua que arrastran sedimentos hacia los cuerpos de agua superficiales. Cabe señalar que, además de la vegetación, existen otras condiciones naturales como el clima, el tipo de suelo y roca, la topografía y la actividad tectónica que influyen sobre la vulnerabilidad de una cuenca a la erosión del suelo (Dingman, 2002).

El aporte excesivo de sedimentos deteriora la calidad del agua porque la enturbian y frecuentemente traen consigo adheridos otros contaminantes como son los nutrientes naturales y de fertilizantes, plaguicidas, sales, patógenos y metales pesados presentes en el suelo (Bianchi y Harter, 2002; EPA, 2004). El incremento en la sedimentación también causa el azolve de presas, lagos y ríos, con lo que se disminuye su capacidad de almacenamiento y se incrementa el riesgo de inundación de los terrenos aledaños (Daily et al., 1997; Revenga, 2000). En este sentido, la **erosión del suelo** representa un indicador de presión sobre la calidad de las fuentes de agua superficiales. La EPA, en su Iniciativa de Indicadores Ambientales (EPA, 2003), usa en su lugar un índice de sedimentación. La erosión se trata también en el capítulo de “Suelos”, junto con otras formas de degradación de este recurso en el indicador de *superficie afectada por degradación edáfica*.

### ***Coliformes fecales en aguas superficiales***

Los indicadores más utilizados para evaluar la contaminación fecal de los cuerpos de agua son la *Escherichia coli* y el grupo de las bacterias coliformes (OMS, 1970). En México se ha adoptado el de las coliformes, microorganismos que provienen principalmente de los tractos digestivos de animales de sangre caliente, por lo que su presencia está relacionada con descargas muy recientes de aguas residuales no tratadas, de tipo doméstico y pecuario (Shekwolo y Brisbe, 1999; CNA 2001b). Las bacterias **coliformes fecales** no suelen causar enfermedades, sin embargo, se emplean como indicador de la calidad del agua porque su presencia se relaciona con la de varios patógenos, más difíciles de detectar, como son *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio*, causantes de gastroenteritis, disentería, tifoidea y cólera, así como de virus, excretados por los portadores de la enfermedad (OMS, 1970; Shekwolo y Brisbe, 1999; CNA, 2001b; Myers, 2003). No obstante, la OMS (2004) afirma que *Escherichia coli* es el indicador más adecuado para contaminación fecal, dado que las otras coliformes pueden tener un origen no fecal y existir en aguas naturales no contaminadas. La ONU considera este indicador entre sus Indicadores de Desarrollo Sustentable (ONU, 2004).

### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas superficiales***

El oxígeno disuelto es uno de los constituyentes que determinan la calidad de los cuerpos de agua. La presencia de este gas en cantidad suficiente es indispensable para la existencia de la vida acuática y la calidad estética de los ríos, lagos y lagunas. La ausencia de oxígeno en el agua crea condiciones sépticas y de mal sabor y olor propias de la putrefacción, que impiden prácticamente cualquier uso de este recurso. Las descargas de materia orgánica en los cuerpos de agua afectan la concentración de este constituyente, ya que los microorganismos que descomponen estos desechos consumen el oxígeno disponible (Dingman, 2002; Delzer y McKenzie, 2003). Para evaluar la contaminación del agua por materia orgánica se emplea una prueba de laboratorio que determina la demanda bioquímica de oxígeno, que refleja la cantidad de este gas que se requiere para la descomposición de los desechos (Dingman, 2002; Delzer y McKenzie, 2003). El indicador **demanda bioquímica de oxígeno en aguas superficiales** denota el estado de la calidad del agua de los cuerpos de aguas superficiales con respecto a este parámetro. Este indicador es empleado por la Agencia Ambiental Europea (EEA, 2005), la OCDE en su Core Set de indicadores ambientales (OCDE, 1993) y la ONU en sus indicadores de desarrollo sustentable.

### ***Fósforo total en aguas superficiales***

La contaminación del agua por fósforo tiene como fuente principal el uso de fertilizantes agrícolas, aunque proviene también de la erosión del suelo y la materia orgánica en descomposición que descargan industrias, urbes y granjas de animales domésticos. El fósforo tiene la capacidad de fijarse fuertemente al suelo, lo que paradójicamente ha provocado que se aplique en exceso sobre los cultivos, ya que implica pocas pérdidas desde el punto de vista agrícola. No obstante, las pequeñas cantidades de este nutriente que se transportan con la erosión hídrica y eólica del suelo puede tener severos impactos en la calidad de las fuentes de agua superficiales (Leinweber *et al.*, 2002; Swackhamer, 2004).

El fósforo en el agua no se considera tóxico para los humanos y los animales, sin embargo, puede tener efectos indirectos a través de la eutrofización de los cuerpos de agua superficiales, que implica el crecimiento explosivo de algas y el posterior abatimiento de oxígeno debido a la descomposición de éstas cuando mueren (Carpenter *et al.*, 1998). Algunas algas son potencialmente dañinas en fuentes de abastecimiento de agua por la presencia de endotoxinas que ocasionan daños severos en el ser humano y otros organismos, que van desde trastornos del aparato digestivo, daños neuromusculares, hasta la muerte. El riesgo dependerá de su abundancia en el sistema acuático. Los florecimientos algales también entorpecen las actividades pesqueras y turísticas, taponan los canales de riego, las turbinas de las plantas hidroeléctricas, aceleran la pérdida de agua por evapotranspiración de las presas y vasos de almacenamiento y azolvan el embalse.

Aunque la mayor parte del fósforo que pierde el suelo lo hace en forma de partículas y no disuelto, con el tiempo se convierte a fosfato, del cual pueden disponer fácilmente los organismos acuáticos (Carpenter *et al.*, 1998). Diversas investigaciones han demostrado que el fósforo suele jugar un papel más importante en la eutrofización de los ecosistemas dulceacuícolas que el nitrógeno, mientras que en los ecosistemas costeros este último resulta más crítico (Howarth *et al.*, 2000). El indicador **fósforo total en aguas superficiales** describe el estado de los cuerpos de agua superficiales del país con respecto a este elemento. Otras formas de medición del fósforo en aguas superficiales son empleadas por organizaciones como la OCDE en su *Core Set* de indicadores ambientales (OCDE, 1993), la Agencia Ambiental Europea en sus indicadores de estado (EEA, 2005) y la EPA en su Iniciativa de Indicadores Ambientales (EPA, 2003).

### **Nitrato en aguas superficiales**

El nitrato es un componente importante de los fertilizantes y puede originarse también de la oxidación del amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y de otras fuentes presentes en los restos orgánicos (Stournaras, 1998; OMS, 2004). Su presencia en los cuerpos de agua superficiales se asocia tanto con fuentes no puntuales de contaminación (e.g., los campos de cultivo) como con fuentes puntuales (e.g., la descarga directa de aguas residuales municipales, industriales en los afluentes o los tiraderos de basura). Los compuestos que le dan origen pueden llegar a los cuerpos de agua por escurrimiento superficial o también depositarse por vía atmosférica en una cantidad significativa (Swackhamer, 2004).

Se cuenta con evidencias sólidas del efecto adverso en la salud humana del agua con elevadas concentraciones de nitrato, particularmente en los infantes menores de 3 meses. Los iones nitrato son reducidos a iones nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) en el tracto digestivo, los cuales oxidan la hemoglobina a metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno al cuerpo, causando cianosis y hasta asfixia. No se sabe con seguridad el porqué los infantes son más susceptibles a esta condición (Socolow, 1999; OMS, 2004). Asimismo, el agua contaminada con nitrato puede afectar el crecimiento del ganado y causarle abortos, así como un tipo de anemia similar a la metahemoglobinemia de los infantes humanos (Vitousek, 1997; Carpenter *et al.*, 1998; Cabrera y Blarasin, 1999). El indicador **nitrato en aguas superficiales** describe el estado de contaminación de los cuerpos de agua superficiales con respecto a este compuesto. La EPA (2003), la OCDE (1993) y la Agencia Ambiental Europea (EEA, 2005) cuantifican el nitrógeno en aguas superficiales para sus indicadores ambientales.

### **Nitrato en aguas subterráneas**

Los acuíferos son un componente importante del abasto de agua para el consumo humano directo, la agricultura y la industria, particularmente en las zonas áridas del país donde no existen o son escasos los cuerpos de agua superficiales. En su conjunto, representan alrededor de un tercio del abastecimiento de agua a nivel nacional para los diferentes usos (CNA, 2004), por lo que también resulta indispensable prestar atención a su calidad. Otra razón que obliga su monitoreo es la dificultad de remediar su contaminación. Además de su inaccesibilidad, el flujo de agua subterránea suele ser extremadamente lento, por lo que los contaminantes permanecen en los acuíferos por mucho tiempo (Revenga *et al.*, 2000).

Las prácticas agropecuarias intensivas, que implican el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, y la acumulación de desechos animales, municipales e industriales orgánicos en el suelo son fuentes potenciales de contaminación de los acuíferos. La presencia de ciertas sustancias en las aguas subterráneas se asocia con la infiltración de lixiviados derivados de estas fuentes (Stournaras, 1998; OMS, 2004). La concentración de **nitrato en aguas subterráneas** es un buen indicador de la presencia de otros contaminantes, dada la elevada movilidad y estabilidad de estos iones en los acuíferos (Cabrera y Blarasin, 1999). Además, se ha probado que, en elevadas concentraciones, el nitrato es dañino para la salud de los infantes menores de tres meses y para el ganado (Vitousek, 1997; Carpenter *et al.*, 1998; Cabrera y Blarasin, 1999). La EPA lo

incluye en su Iniciativa de Indicadores Ambientales (EPA, 2003). Sin embargo, puesto que no se tienen datos al respecto, el indicador no se ha incluido en esta publicación

### ***Acuíferos sobreexplotados, con intrusión salina, y/o bajo el fenómeno de salinización de suelos o aguas subterráneas salobres***

La elevada concentración de sales disueltas es otra de las condiciones que afectan la calidad del agua subterránea y limitan su aprovechamiento para muchas de las actividades humanas. La salinidad del agua puede evaluarse a partir de los sólidos disueltos totales o de ciertos iones en particular, como el cloruro. La OMS (2004) no ha establecido pautas para este tipo de indicadores, ya que aún no se dispone de suficiente información sobre sus efectos en la salud, sin embargo, señala que por arriba de mil miligramos por litro de sólidos disueltos totales y 250 miligramos por litro de cloruros se deteriora el sabor del agua. Asimismo, este organismo informa que las altas concentraciones de iones pueden incrementar las tasas de corrosión de los sistemas de distribución y causar con ello un aumento en la concentración de metales. El agua salada tampoco es adecuada para el riego agrícola, ya que reduce el crecimiento de las plantas (Ben-Hur *et al.*, 2001; Tanwar, 2003).

La alta concentración de sales en el agua subterránea puede ser de origen natural por diversas causas (Fetter, 2001): una es el elevado contenido de minerales solubles de la matriz geológica del acuífero, especialmente si el agua ha permanecido en estas condiciones por periodos prolongados de tiempo, como es el caso del agua fósil salobre. Otra es cuando el acuífero está bajo una cuenca cerrada o en una zona árida, donde hay un drenaje deficiente y una evaporación elevada que provocan que las sales se acumulen en el suelo y migren a los acuíferos superficiales. También cuando el nivel freático es alto y alcanza las raíces de las plantas, fomentando una elevada evapotranspiración, que igualmente incrementa la concentración de sales del agua subterránea superficial. Y en los acuíferos ubicados en las planicies costeras, donde un gradiente hidráulico negativo favorece el flujo del agua de mar hacia el subsuelo continental, como en las zonas sujetas al proceso de mareas.

Sin embargo, el mal manejo de los acuíferos por el ser humano puede también ser la causa de este tipo de deterioro de la calidad del agua. En los terrenos donde se abusa de la irrigación, particularmente con agua de mala calidad rica en minerales disueltos, se puede provocar la salinización de los suelos y el aumento del nivel freático (Ben-Hur *et al.*, 2001), con las consecuencias explicadas anteriormente. Asimismo, cuando los acuíferos costeros son sobreexplotados se invierte el gradiente hidráulico normal, provocando el fenómeno de la intrusión salina, en el que el agua de mar, eventualmente, penetra en el subsuelo continental y se mezcla con el agua dulce de los acuíferos (Fetter, 2001; Gordon *et al.*, 2002). La mezcla con tan sólo tres a cuatro por ciento de agua marina obstaculiza muchos de los usos del agua subterránea, y cuando alcanza el seis por ciento únicamente sirve para sistemas de enfriamiento y desalojo de desechos domésticos. Los acuíferos salinizados se recuperan muy lentamente (Morris *et al.*, 2003).

Cuando se abate el nivel de los acuíferos por sobreexplotación, se hace necesario acceder a niveles más profundos para extraer el recurso. Pero a mayor profundidad el agua se encuentra más mineralizada, lo que limita el uso que se le puede dar.

El indicador que abarca el problema de la sobreexplotación de los acuíferos y de otras formas de manejo inadecuado del agua subterránea, como el abuso en la irrigación, se encuentra desarrollado en detalle en la sección de “Disponibilidad” en este capítulo. Sin embargo, como estos problemas están estrechamente relacionados con la calidad del agua subterránea se manejan como indicador conjunto.

## INDICADORES DE RESPUESTA

### ***Población con acceso a alcantarillado***

Los esfuerzos por incrementar la **población con acceso a alcantarillado** forman parte, junto con la desinfección de agua y la cobertura de agua potable, de una estrategia de saneamiento para reducir la incidencia de enfermedades y, en general, mejorar la calidad de vida de la población (CNA, 2001a). En términos de respuesta para reducir la presión sobre la calidad de las fuentes de agua, la cobertura de alcantarillado representa sólo un primer paso; el de la recolección de las aguas residuales municipales para su posterior tratamiento, antes de su reuso o vertido a los cuerpos de agua naturales. Es importante hacer notar que en México la cobertura de alcantarillado incluye al drenaje en fosas sépticas y desagüe a barrancas, grietas, ríos, lagos o mares (CNA, 2004). El Banco Mundial incluye el acceso a alcantarillado entre sus Indicadores de Pobreza-Ambiente. La OCDE integra la conexión a alcantarillado dentro de un indicador de conexión a tratamiento de aguas residuales que desglosa el alcantarillado y los tipos de tratamiento (OCDE, 1993 y 2004). La ONU considera a la población con acceso a alcantarillado adecuado entre sus indicadores de desarrollo sustentable (ONU, 2004).

### ***Agua residual que recibe tratamiento***

Los agentes contaminantes presentes en las aguas residuales, tanto municipales como industriales, son dañinos para la salud humana y obstaculizan las diferentes formas de aprovechamiento de los cuerpos de agua. Los ecosistemas acuáticos y terrestres son aptos, hasta cierto punto, para procesar o diluir estos contaminantes y volverlos inocuos para la salud humana y la de otras especies animales y vegetales. No obstante, los ecosistemas tienen una capacidad de carga limitada que cuando es sobrepasada les impide brindar este servicio ambiental, pues frecuentemente la misma contaminación termina por afectar su funcionamiento (Daily *et al.*, 1997).

El incremento de la contaminación y la destrucción de ecosistemas a nivel mundial está afectando la capacidad de la naturaleza para purificar el agua (Daily *et al.*, 1997; Revenga *et al.*, 2000). Una de las medidas de respuesta más efectivas para frenar este problema es el tratamiento de aguas residuales, tanto municipales como industriales, que tiene por objeto remover los contaminantes del agua para poder reusarla o verterla a los cuerpos de agua sin peligro. El indicador **agua residual que recibe tratamiento** es una medida del esfuerzo para reducir la presión sobre la calidad de las aguas naturales, así como sobre su disponibilidad, ya que posibilita su reuso para algunas actividades, dependiendo del tipo de tratamiento recibido. La OCDE usa el porcentaje de la población con conexión a tratamiento de aguas residuales (desglosado en conexión a alcantarillado y tipos de tratamiento) en su conjunto Clave y Core Set de indicadores ambientales, de manera similar a la Agencia Ambiental Europea (OCDE, 1993 y 2004; EEA, 2005).

### ***Superficie incorporada al Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos***

La contribución económica de los servicios ambientales hidrológicos que prestan los ecosistemas naturales a las diferentes actividades humanas está estimada en el orden de los miles de millones de dólares (Daily *et al.*, 1997). Sin embargo, esta contribución ha sido tradicionalmente poco reconocida en las economías de mercado, pues el valor que generan no suele reflejarse en los precios de los bienes cuya producción o explotación depende de una u otra manera de la adecuada disponibilidad y calidad del agua. Hasta hace muy poco tiempo no se contaba con instrumentos económicos para financiar la conservación de los ecosistemas cuyo funcionamiento influye significativamente en la regulación del ciclo hidrológico y de nutrientes, en la retención del suelo y la degradación y asimilación de otros contaminantes que afectan la calidad del líquido. En 2003, México implementó el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), mediante el

cual se retribuye con dinero gubernamental a los propietarios de terrenos que cuenten con bosques y selvas en buen estado por los beneficios públicos que implica su conservación (Semarnat, 2003b). Este programa se enfoca específicamente en los terrenos forestales, no sólo por su importancia desde el punto de vista hidrológico, sino también porque ofrece a sus propietarios una alternativa al desmonte para la agricultura y la ganadería, principales causas de la pérdida de la cobertura vegetal natural en el país.

Los árboles de los bosques y selvas contribuyen con servicios hidrológicos de diversas maneras (Daily *et al.*, 1997; Dudley y Stolton, 2003; Semarnat 2003b; Semarnat, 2003c): favorecen una precipitación local más regular al bombear continuamente agua del suelo hacia la atmósfera a través de la transpiración. Cuando llueve, retienen una cantidad significativa de agua en el follaje que también se evapora, y mantienen con sus raíces y la hojarasca condiciones apropiadas en el suelo para una infiltración gradual de la lluvia, que favorece la recarga de los acuíferos y el mantenimiento de los ríos y manantiales. Esto mismo impide la formación de escurrimientos superficiales instantáneos voluminosos que suelen ocasionar inundaciones cuenca abajo. Gracias también a que regulan la infiltración y el escurrimiento superficial, los bosques y selvas contribuyen al mantenimiento de la calidad del agua, ya que retienen los sedimentos y dan tiempo a las plantas a que asimilen los nutrientes y degraden o filtren, junto con el suelo, los contaminantes de origen humano que arrastran las aguas (Daily *et al.*, 1997).

Existe otro tipo de ecosistemas que aporta servicios hidrológicos valiosos que aún no se integran de manera formal al mercado de los servicios ambientales. Los humedales, por ejemplo, pueden remover del 20 al 60 por ciento de los metales en el agua, retener del 80 al 90 por ciento de los sedimentos del escurrimiento superficial y asimilar del 70 al 90 por ciento del nitrógeno. Los bosques riparios, por su parte, interceptan sedimentos y procesan nutrientes y contaminantes que arrastra el agua de los terrenos adyacentes; pueden reducir el nitrógeno hasta un 90 por ciento y el fósforo hasta un 50 por ciento (Ramsar Convention, 2004; Schuyt y Brander, 2004; ESA, 2005).

Hay otras acciones gubernamentales enfocadas a proteger la cubierta vegetal y los ecosistemas terrestres que también influyen positivamente en la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos, por las mismas razones expuestas arriba. Tal es el caso de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales (Procymaf), el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor), el Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan), el Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref), el Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales (PSA-CABSA) y el Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET), que se tratan con mayor detalle en los capítulos de “Biodiversidad” y “Recursos Forestales”.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Calidad del Agua



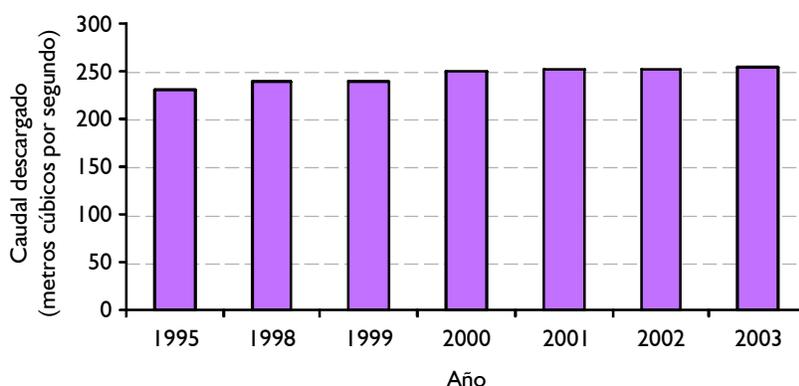
- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

**Justificación**

Las aguas residuales municipales afectan severamente la calidad del agua, pues suelen descargarse sin previo tratamiento. Son peligrosas para la salud humana por los agentes tóxicos e infecciosos que contienen, y contribuyen a la eutrofización de los cuerpos de agua superficiales por el aporte de nutrientes que se derivan de la materia orgánica en descomposición.

**Situación / Tendencia**

Entre 1995 y 2003, la generación de aguas residuales de los centros urbanos se ha incrementado de 231 a 255 metros cúbicos por segundo. Este crecimiento es equivalente a un 10%, pero según el comportamiento de los últimos cuatro años parece estar frenándose.



**Información complementaria**

- Caudal colectado de aguas residuales municipales por tamaño de localidad, 1999-2002 (IC 2.2-1 A)

**Comentarios al indicador**

La OCDE incluye la descarga de aguas residuales en su Core Set de Indicadores Ambientales.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-1

**Fuentes:** Elaboración propia con datos de: Semarnap, INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1999*. México. 2000. CNA. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. México. 1999. CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. México. 2004.

## DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES NO MUNICIPALES

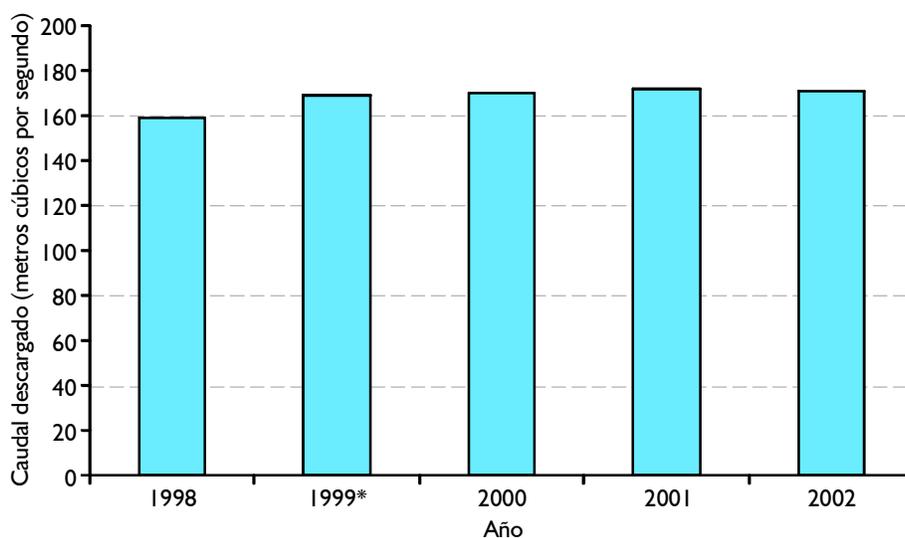
2.2-2

**Justificación**

Las aguas residuales industriales contienen gran variedad de sustancias tóxicas, algunas de ellas peligrosas incluso en pequeñas cantidades. Obstaculizan diversos usos del agua porque contribuyen con descargas de materia orgánica que eutrofican los cuerpos de agua, y con contaminación térmica que favorece el abatimiento del oxígeno disuelto.

**Situación / Tendencia**

Entre 1998 y 2002, el caudal de descarga de aguas residuales no municipales ha crecido poco más de 11 m<sup>3</sup>/s, incremento equivalente a un siete por ciento. La mayor parte de este crecimiento se dio entre 1998 y 1999, pues en los últimos años el valor de la descarga se ha mantenido casi sin cambios.



\* Para el año de 1999 no se dispone de esta información, pero se calculó a partir de los datos de caudal tratado y porcentaje del caudal tratado reportados por la CNA.

**Información complementaria**

- Descarga de aguas residuales industriales por giro, 1998-2002 ([IC 2.2-2 A](#))
- Materia orgánica descargada en aguas residuales industriales, 1998-2002 ([IC 2.2-2 B](#))
- Descarga de aguas residuales no municipales por región hidrológica administrativa, 2002 ([IC 2.2-2 C](#))

**Comentarios al indicador**

La OCDE incluye la descarga de aguas residuales en su Core Set de Indicadores Ambientales.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-2

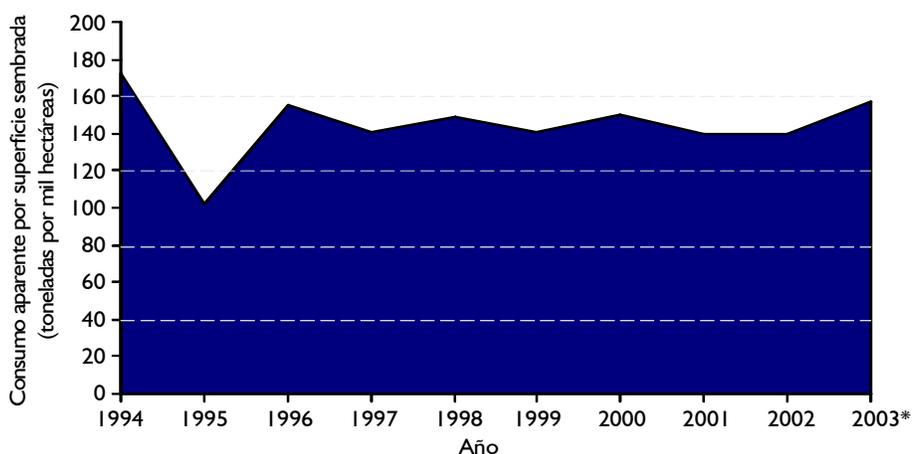
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-2

**Justificación**

Los fertilizantes agrícolas aplicados en exceso pueden contaminar los cuerpos de agua superficiales, causando su eutrofización. Algunas sustancias propias de los fertilizantes son tóxicas, como es el caso de los nitratos. Asimismo, el uso intensivo de fertilizantes termina por degradar químicamente al suelo, afectando su fertilidad.

**Situación / Tendencia**

Entre 1994 y 2004, el consumo aparente de fertilizantes (calculado como la producción nacional, más las importaciones, menos las exportaciones) ha oscilado alrededor de las 145 toneladas por cada mil hectáreas de superficie sembrada. El valor máximo de consumo fue de 172 toneladas por cada mil hectáreas en 1994, valor que desde entonces no ha vuelto a alcanzarse. Los datos preliminares para 2003, de 157 toneladas por cada mil hectáreas, señalan una ligera recuperación en el consumo de fertilizantes respecto de los años anteriores. El consumo más bajo fue de 102 toneladas por cada mil hectáreas en 1995, año en el que fue particularmente baja la importación de fertilizantes.



\*Datos preliminares

**Información complementaria**

- Degradación de suelos, 2002 (IC 2.2-3 A)
- Superficie agrícola, 1980-2003 (IC 2.2-3 B)
- Superficie afectada por degradación edáfica, 2002 (IC 2.2-3 C)

**Comentarios al indicador**

En la interpretación del indicador debe considerarse que la aplicación de fertilizantes no se distribuye homogéneamente en los terrenos agrícolas. Esto es particularmente relevante para la calidad del agua y del suelo, ya que el impacto sucede generalmente cuando se aplican en una cantidad mayor a la que asimilan los cultivos.

La OCDE considera este indicador en su Core Set de Indicadores Ambientales, y la ONU lo incluye entre sus Indicadores de Desarrollo Sustentable. Aunque esta última organización lo ubica dentro del tema Suelos-Agricultura, hace referencia a su importancia para el tema de la calidad del agua. Por su parte, la EPA incluye el Uso de Fertilizantes en su Iniciativa de Indicadores Ambientales en el tema de suelos.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-3

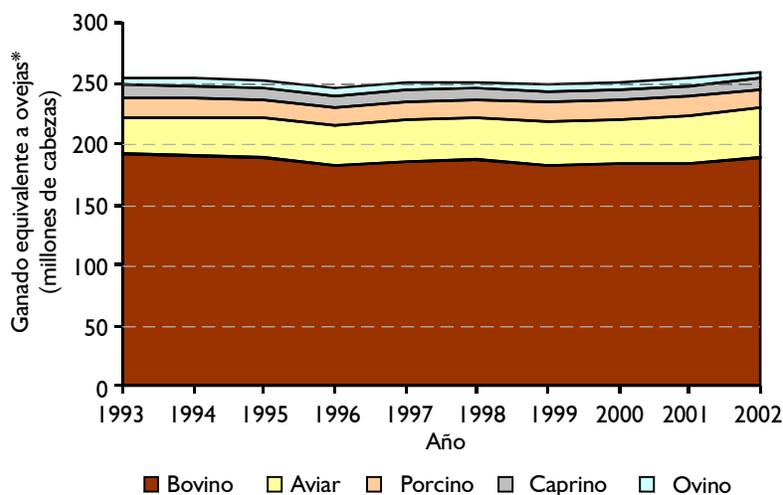
**Fuentes:** INEGI. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos. Años: 1994 a 2002. México. 1995 a 2003. INEGI. El sector alimentario en México. Años: 2000 a 2002. México. 2001 a 2003. Sagarpa-SIAP. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON 2004). México. 2004.

**Justificación**

La producción intensiva de animales domésticos genera grandes cantidades de estiércol que contamina los suelos y atenta contra la calidad de los cuerpos de agua superficiales, pues contiene nutrientes, materia orgánica, microorganismos patógenos, residuos de medicamentos y hasta metales pesados con los que se suplementa la alimentación de los animales. La población pecuaria indica de manera indirecta la producción de estiércol.

**Situación / Tendencia**

Entre 1993 y 2002, el tamaño de la población pecuaria en su equivalente a ovejas se ha mantenido cerca de los 250 millones de cabezas. La mayor producción de estiércol, con mucho, se debe al ganado bovino, que representa alrededor de 190 millones de ovejas. Le sigue la población aviar, que ha crecido de 30 a poco más de 40 millones en su equivalente a ovejas durante el mismo periodo. Luego el ganado porcino que supera los 15 millones anuales, el caprino con cerca de 10 millones anuales y finalmente el ovino, con poco más de 6 millones anuales.



\* Basado en los coeficientes equivalentes en términos de producción de estiércol:  
1 cerdo = 1 oveja; 1 cabra = 1 oveja; 1 gallina = 0.1 oveja; 1 vaca = 6 ovejas

**Información complementaria**

- Población pecuaria por entidad federativa, 2002 (IC 2.2-4 A)
- Superficie estatal empleada con fines ganaderos, 1999 (IC 2.2-4 B)

**Comentarios al indicador**

La OCDE incluye la descarga de aguas residuales en su Core Set de Indicadores Ambientales.

Los datos disponibles de población pecuaria de diferentes tipos de ganado mayor y menor se convirtieron en su equivalente a ovejas en términos de la producción de estiércol según propone la OCDE.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-4

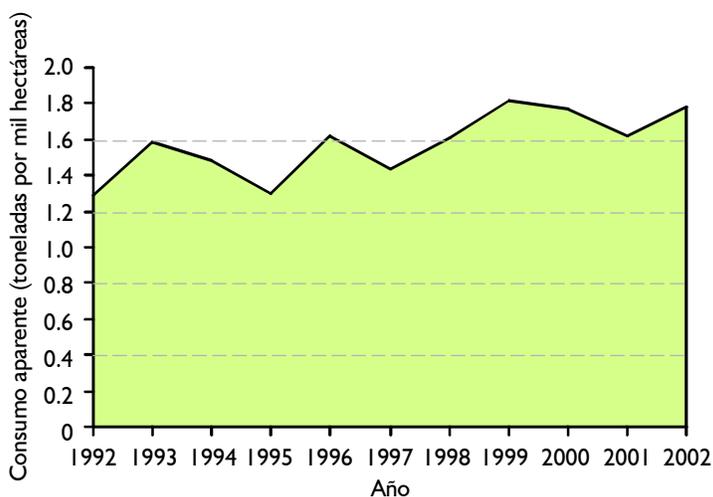
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-4

**Justificación**

Los plaguicidas contienen diversas sustancias dañinas para la salud humana y de los ecosistemas, asimismo, afectan la fertilidad del suelo, dejándolo vulnerable a otros procesos de degradación. Algunos de los compuestos de los plaguicidas persisten en el ambiente largo tiempo antes de degradarse a formas inocuas, lo que facilita su dispersión y acumulación en el suelo, los medios acuáticos y los organismos vivos.

**Situación / Tendencia**

En el decenio que va de 1992 a 2002 se aprecia una tendencia de crecimiento en el consumo aparente de plaguicidas por hectárea, marcada por algunos altibajos. El consumo máximo, de 1.8 toneladas por mil hectáreas, corresponden al año de 1999 y 2002, y el mínimo, de 1.3 toneladas por mil hectáreas, a los años de 1992 y 1995.



**Información complementaria**

- Consumo de plaguicidas por tipo de producto, 1992-2003 (IC 2.2-5 A)

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-5

**Comentarios al indicador**

El consumo aparente de plaguicidas se calcula normalmente como la producción más la importación menos la exportación, no obstante, aún no se dispone de información sobre el comercio exterior de estos compuestos, por lo que en el presente indicador el consumo equivale sólo a la producción.

La ONU incluye el Consumo de Plaguicidas entre sus Indicadores de Desarrollo Sustentable. Aunque lo ubica dentro del tema Suelos-Agricultura, hace referencia a su importancia en el tema de la calidad del agua. La EPA incluye la concentración de Plaguicidas en Ríos y Acuíferos en Terrenos Agrícolas en su Iniciativa de Indicadores Ambientales en el tema de agua.

**Fuentes:** INEGI. *Encuesta Industrial Mensual, varios años*. Semarnat. Informe de la situación del Medio Ambiente en México Compendio de estadísticas ambientales 2002. 2003. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/wps/portal>

## PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

2.2-6

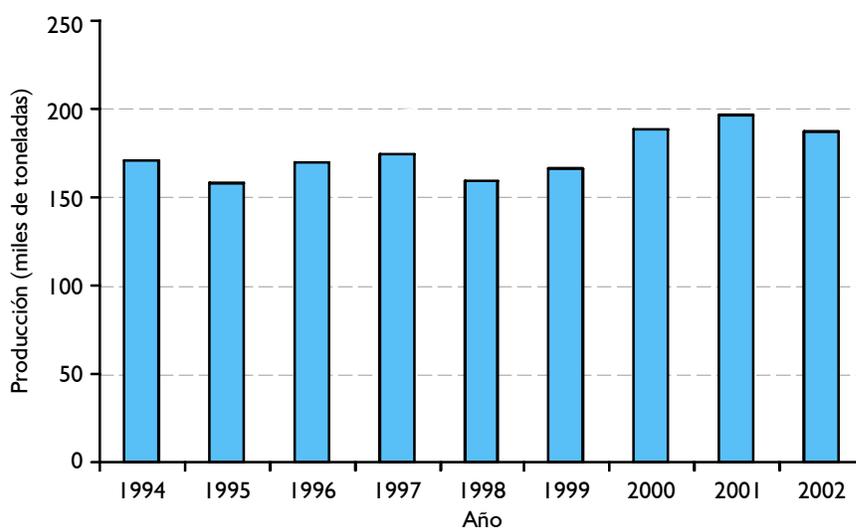
PRESIÓN

### Justificación

Las aguas de desecho de la acuicultura contienen materia orgánica, nutrientes, aditivos químicos, microorganismos patógenos y antibióticos. Además, las instalaciones acuícolas sustituyen vegetación riparia y de manglar que purifican el agua. La producción es un indicador indirecto de estas formas de presión sobre las fuentes de agua.

### Situación / Tendencia

Entre 1994 y 2002, la producción acuícola muestra un comportamiento oscilatorio con un promedio de 175 mil toneladas. En los últimos tres años se alcanzaron los mayores valores, alrededor de las 190 mil toneladas, siendo el máximo de 197 mil toneladas en 2001. Más del 90% de la producción lo componen la mojarra, el ostión, el camarón y la carpa.



### Información complementaria

- Producción acuícola por especie, 1994-2002 (IC 2.2-6 A)
- Producción acuícola por modalidad de cultivo y especie, 2002 (IC 2.2-6 B)

### Comentarios al indicador

Parte de la producción acuícola se desarrolla en la zona costera por lo que no incide en los cuerpos de agua continentales.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-6

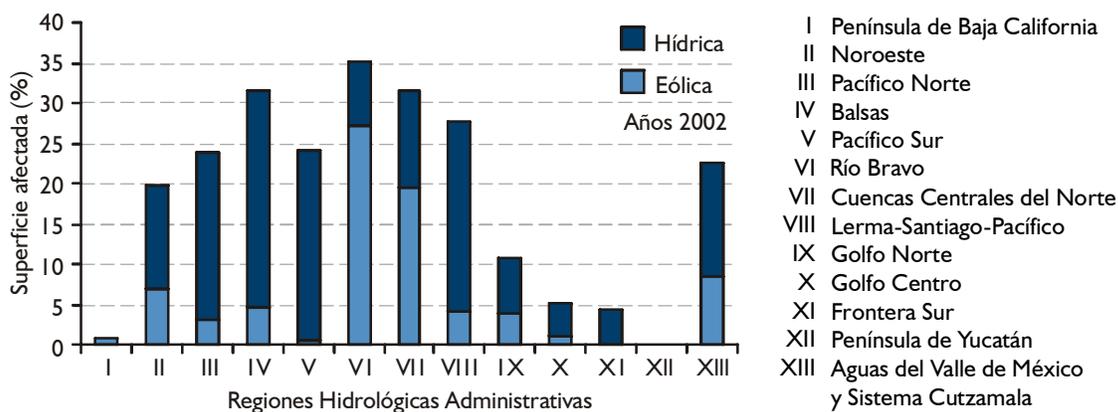
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-6

**Justificación**

La eliminación de la cubierta vegetal favorece la erosión del suelo y afecta su fertilidad. El aporte excesivo de sedimentos contamina al agua porque la enturbia y porque las partículas de suelo traen adheridas agroquímicos, sales, microorganismos patógenos y metales pesados.

**Situación / Tendencia**

En 2002, el 21 por ciento del territorio del país estaba afectado por la erosión. De esta cifra, el 9.3 por ciento correspondió a erosión eólica y el 11.7 a erosión hídrica. Las regiones Río Bravo (VI) y Cuencas Centrales del Norte (VII) están entre las más afectadas, particularmente por erosión eólica. Las regiones Balsas (IV), Pacífico Sur (V), Lerma-Santiago-Pacífico (VIII) y Pacífico Norte (III), destacan en su porcentaje de erosión hídrica. Las regiones Noroeste (II) y Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (XIII) resultaron también bastante afectadas, en este caso por ambos tipos de erosión. Las regiones Península de Baja California (I), Golfo Norte (IX), Golfo Centro (X) y Frontera Sur (XI) estuvieron entre las menos afectadas por este fenómeno, mientras que la Península de Yucatán (XII) no presentó ninguna forma de erosión.



**Información complementaria**

- Erosión del suelo, 2002 (IC 2.2-7 A)
- Grado de erosión del suelo, 2002 (IC 2.2-7 B)
- Tipo de erosión del suelo, 2002 (IC 2.2-7 C)
- Degradación de suelos, 2002 (IC 2.2-7 D)
- Cambio de uso del suelo, 1993-2000 (IC 2.2-7 E)

**Comentarios al indicador**

No es posible reportar una serie histórica de este indicador porque, aunque existen estudios anteriores sobre la degradación del suelo a escala nacional, los datos no son comparables entre sí por estar obtenidos mediante diferentes metodologías. Aunque frecuentemente coinciden varios de los diferentes tipos de degradación en una misma área, es posible sumar las superficies con erosión hídrica y eólica en cada región hidrológica porque éstas se calcularon a partir de la composición porcentual de las formas de degradación dominantes en cada polígono del mapa fuente. La EPA, en su *EPA's Draft Report on the Environment 2003*, considera un Índice de sedimentación entre sus indicadores.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-7

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-7

**Fuentes:** UACH - Semarnat. Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1000000. México. 2004

## COLIFORMES FECALES EN AGUAS SUPERFICIALES

2.2-8

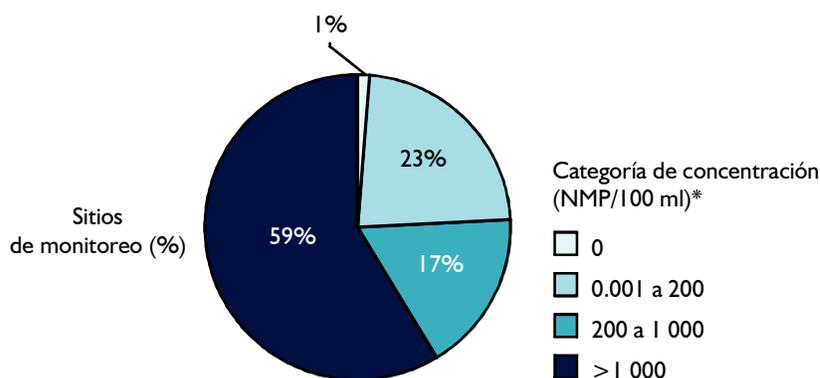
ESTADO

### Justificación

Las descargas de aguas residuales domésticas y pecuarias contienen virus y bacterias patógenos que afectan la calidad del agua. Las bacterias coliformes fecales no suelen causar enfermedades, pero resultan ser buenos indicadores de este tipo de contaminación porque son fáciles de detectar.

### Situación / Tendencia

En 2003, más de la mitad de los sitios de monitoreo de cuerpos de agua superficiales reportan concentraciones de coliformes fecales por arriba de mil NMP\*/100 ml, que es límite máximo permisible para descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, establecido en la norma NOM-001-ECOL-1996, y que es también el límite para fuentes de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola, establecido en los criterios ecológicos CE-CAA-001/89. Estos sitios, junto con las que reportan valores entre los 200 y mil NMP/100 ml, revelan que más de las tres cuartas partes de los cuerpos de agua monitoreados son inadecuados para el uso recreativo con contacto primario; poco menos de una cuarta parte reportó valores debajo del límite establecido para dicho uso y apenas el 1% parece estar libre de este tipo de contaminación.



\* Número más probable de microorganismos en 100 ml de agua

### Información complementaria

- Coliformes fecales en aguas superficiales, 2003 (IC 2.2-8 A)

### Comentarios al indicador

La OCDE incluye la descarga de aguas residuales en su Core Set de Indicadores Ambientales.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-8

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-8

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS SUPERFICIALES

2.2-9

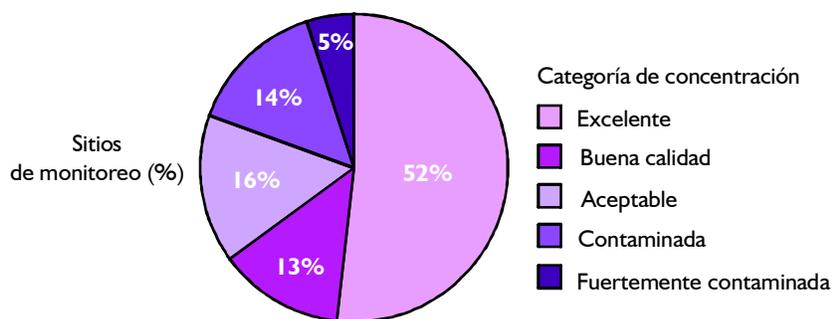
ESTADO

### Justificación

La contaminación del agua por materia orgánica se evalúa con la demanda bioquímica de oxígeno, que refleja la cantidad de este gas que se requiere para descomponer este tipo de desechos. La putrefacción de la materia orgánica y la falta de oxígeno se asocian con condiciones sépticas, de mal olor y sabor del agua que impiden su aprovechamiento.

### Situación / Tendencia

En 2003, sólo el 5% de los sitios de monitoreo de los cuerpos de agua superficiales presentaron niveles por encima de los 120 miligramos por litro, que es el valor criterio de la CNA para considerar al agua “Fuertemente contaminada” por DBO, por el fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. El 14% se encuentra entre los 30 y 120 miligramos por litro, que corresponde a “contaminada”, por aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal. El 16% calificaron como “aceptable”, por estar entre los 6 y 30 miligramos por litro, que indica indicio de contaminación por la capacidad de los cuerpos de agua para la autodepuración o porque las aguas residuales han sido tratadas biológicamente antes de su descarga. El 13% calificó de “buena calidad” por estar entre los 3 y 6 miligramos por litro, que indica bajo contenido de materia orgánica biodegradable. La mayor parte, el 52%, calificó como “excelente”, con menos de 3 miligramos por litro, que significa que no está contaminada por materia orgánica.



### Información complementaria

- Demanda bioquímica de oxígeno en aguas superficiales, 2003 (IC 2.2-9 A)
- Estaciones de monitoreo de la Red Nacional de Monitoreo, 1996-2003 (IC 2.2-9 B)
- Concentración de oxígeno disuelto en aguas superficiales, 2003 (IC 2.2-9 C)

### Comentarios al indicador

La OCDE usa la demanda bioquímica de oxígeno en aguas interiores en su *Core Set* de indicadores ambientales. La Agencia Ambiental Europea usa como indicador la Demanda Bioquímica de Oxígeno en ríos. La ONU considera la Demanda Bioquímica de Oxígeno en agua dulce entre sus indicadores de desarrollo sustentable.

Datos: Tabla Indicador 2.2-9

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 2.2-9

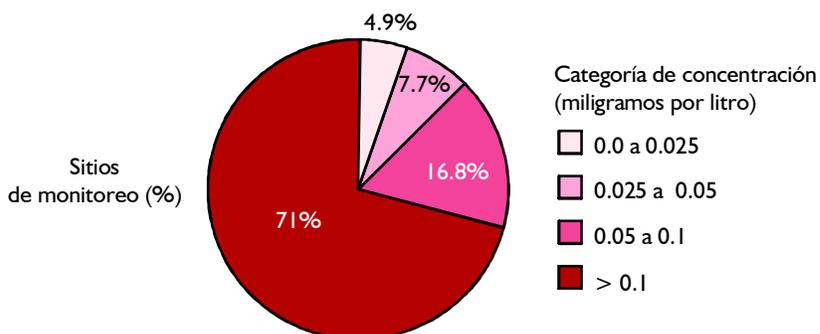
## FÓSFORO TOTAL EN AGUAS SUPERFICIALES

### Justificación

El fósforo en el agua aparentemente no es dañino para la salud, pero fomenta el crecimiento explosivo de algas, algunas de ellas tóxicas, y provoca el abatimiento de oxígeno debido a la descomposición de éstas cuando mueren. El fósforo juega un papel más importante en cuanto a este fenómeno en los ecosistemas dulceacuícolas que en los marinos.

### Situación / Tendencia

En 2003 sólo el 5% de los sitios de monitoreo de cuerpos de agua superficiales presentaron concentraciones por debajo de los 0.025 miligramos por litro, pauta establecida en los criterios ecológicos, CE-CAA-001/89, específicamente para lagos, para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y para controlar la eutrofización acelerada. Para el caso de influentes a lagos y embalses, el citado documento establece el límite de 0.05 miligramos por litro, que sumado con lo anterior representa el 13%. Para ríos y arroyos el límite es 0.1 miligramos por litro, por debajo del cual está casi un tercio de los datos. Los restantes dos tercios de los cuerpos de agua monitoreados superan este límite.



### Información complementaria

- Fósforo total en aguas superficiales, 2003 (IC 2.2-10 A)

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-10

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-10

### Comentarios al indicador

Los datos de este indicador están agrupados según las categorías establecidas en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, CE-CAA-001/89. No obstante, los datos no pueden representarse de acuerdo con las categorías de tipo de cuerpo de agua de dicho documento porque los datos de la fuente no están clasificados de esa manera.

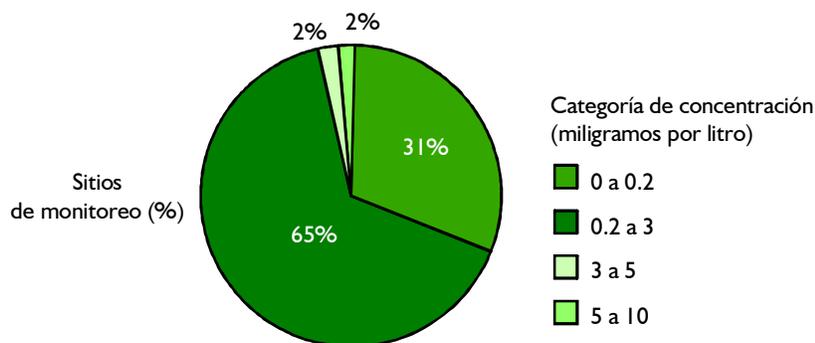
La OCDE incluye la concentración de fósforo en aguas interiores en su Core Set de indicadores ambientales. La Agencia Ambiental Europea usa la concentración de fósforo en aguas superficiales y lagos entre sus indicadores de estado. La EPA incluye la concentración de fósforo en ríos en terrenos agrícolas, boscosos y urbanos, y la concentración de fósforo en grandes ríos, en su Iniciativa de Indicadores Ambientales en el tema de agua.

**Justificación**

La elevada concentración de nitrato en el agua de consumo causa una forma de anemia en los recién nacidos. Asimismo, puede afectar el crecimiento del ganado y puede causarle abortos y un padecimiento similar al de los infantes humanos. El exceso de nitrato propicia también la eutrofización de las aguas superficiales.

**Situación / Tendencia**

En 2003, el 69% de los sitios de monitoreo de los cuerpos de agua superficiales superaron el límite de 0.2 miligramos por litro de nitrato, límite máximo para la exposición a largo plazo, establecido por la Organización Mundial de la Salud para prevenir la metahemoglobinemia en infantes. Sólo el 4% supera los 3 miligramos por litro, límite máximo para la exposición a corto plazo para el mismo mal. Apenas el 2% supera los 5 miligramos por litro, que establece la Comisión Nacional del Agua para calificar los cuerpos de agua con tendencia a la eutrofización.



**Información complementaria**

- Nitrato en aguas superficiales, 2003 (IC 2.2-11 A)

**Comentarios al indicador**

La OCDE usa el nitrógeno en aguas interiores en su Core Set de indicadores ambientales. La Agencia Ambiental Europea usa como indicador el nitrógeno en ríos. La EPA usa la concentración de nitrato en ríos en terrenos agrícolas, boscosos y urbanos en su Iniciativa de Indicadores Ambientales en el tema agua.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-11

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-11

**Fuentes:** Elaboración propia con datos de: **CNA.** Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. Subdirección General Técnica. México. 2004. **CNA. Indicadores ambientales de calidad del agua. Volumen 2: Indicador de tendencia a la eutrofización.** Comisión Nacional del Agua. México. 2001. **OMS. Guidelines for Drinking-water Quality.** Vol. 1, 3ª. ed. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 2004

## POBLACIÓN CON ACCESO A ALCANTARILLADO

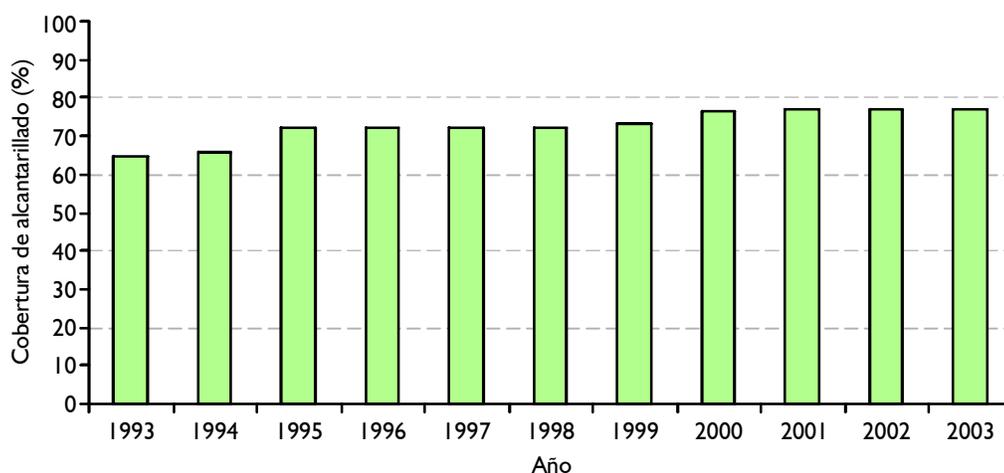
2.2-12

**Justificación**

Aunque el alcantarillado originalmente está concebido como medida de saneamiento, puede considerársele también el primer paso para reducir la presión de las aguas residuales municipales sobre la calidad de las fuentes de suministro, ya que permite su recolección para el tratamiento.

**Situación / Tendencia**

La cobertura de alcantarillado creció casi 13% en la década de 1993 a 2003. La mayor parte de este crecimiento se dio de 1994 a 1995 y de 1999 a 2000. La prestación de este servicio es muy desigual si se comparan los ámbitos rural y urbano. En el primero, la cobertura para 2003 fue de 38.5%, mientras que para el segundo, este valor fue de 90.4%. No obstante, esta desigualdad da muestras de una ligera corrección, ya que durante esta misma década el crecimiento en el sector rural fue superior al urbano en dos puntos porcentuales.

**Información complementaria**

- Población con acceso a alcantarillado por tipo de drenaje, 1980, 1990, 1995 y 2000 ([IC 2.2-12 A](#))
- Población con acceso a alcantarillado por entidad federativa, 2003 ([IC 2.2-12 B](#))

**Comentarios al indicador**

Para interpretar este indicador hay que considerar que en la estimación de cobertura de alcantarillado se incluye el drenaje a fosas sépticas, barrancas, grietas, ríos, lagos o a mares. El Banco Mundial incluye el Acceso a alcantarillado entre sus Indicadores de Pobreza-Ambiente. La OCDE integra la Conexión a Alcantarillado dentro de un indicador de Conexión a tratamiento de aguas residuales que desglosa el alcantarillado y los tipos de tratamiento. La ONU considera a la Población con acceso a alcantarillado adecuado entre sus Indicadores de Desarrollo Sustentable, dentro del tema de Indicadores Sociales-Saneamiento.

**Datos:** Tabla Indicador 2.2-12

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 2.2-12

## AGUA RESIDUAL QUE RECIBE TRATAMIENTO

2.2-13

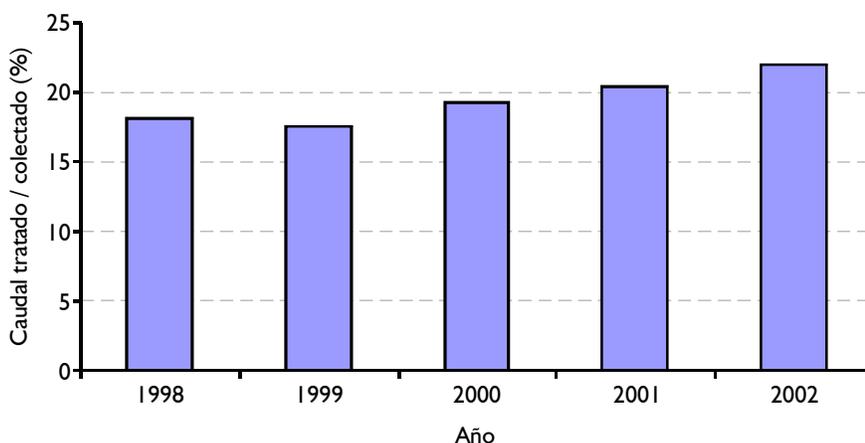
RESPUESTA

### Justificación

El tratamiento de las aguas residuales disminuye la presión sobre la calidad de las aguas naturales donde normalmente se vierten, ya que, dependiendo del proceso aplicado, es posible la remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos, microorganismos patógenos, nutrientes (fosfatos y nitratos) y metales pesados, entre otros contaminantes.

### Situación / Tendencia

En 2002, sólo el 22% de las aguas residuales recibieron tratamiento. Esto representa un crecimiento de cuatro puntos porcentuales respecto de 1999. Este comportamiento resulta de un crecimiento del caudal tratado de 63 a 82 metros cúbicos por segundo, opacado por un crecimiento del caudal colectado de 347 a 373 metros cúbicos por segundo, durante el mismo periodo. Considerados por separado, los rubros municipal e industrial muestran una tendencia de crecimiento similar, no obstante el porcentaje de tratamiento del primero, es casi el doble del segundo (28 contra 15% en 2002).



### Información complementaria

- Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, 1993-2003 (IC 2.2-13 A)
- Tratamiento de aguas residuales municipales por entidad federativa, 2003 (IC 2.2-13 B)
- Tratamiento de aguas residuales industriales por región hidrológica administrativa, 2002 (IC 2.2-13 C)
- Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por tipo de tratamiento, 1998-2003 (IC 2.2-13 D)
- Plantas de tratamiento que cumplen las condiciones particulares de descarga, 1998-2003 (IC 2.2-13 E)
- Tratamiento de aguas residuales industriales por tipo de tratamiento y entidad federativa, 2003 (IC 2.2-13 F)

### Comentarios al indicador

Este indicador sobreestima la respuesta al problema, ya que no toda el agua residual municipal que se genera es recolectada e incluso es posible que existan descargas industriales ilegales o no reportadas.

El porcentaje de la población conectada por medio del alcantarillado a tratamiento de aguas residuales (desglosado en conexión a alcantarillado, a tratamiento primario, secundario y/o terciario), es usado por la OCDE en su conjunto Clave y Core Set de Indicadores Ambientales, al igual que por la Agencia Ambiental Europea.

Datos: Tabla Indicador 2.2-13

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 2.2-13

Fuentes: Elaboración propia con datos de: Semarnap, INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1997*. México. 1998. Semarnap, INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1999*. México. 2000.

CNA. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México. Ediciones 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 y 2004. CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. México. 2004.

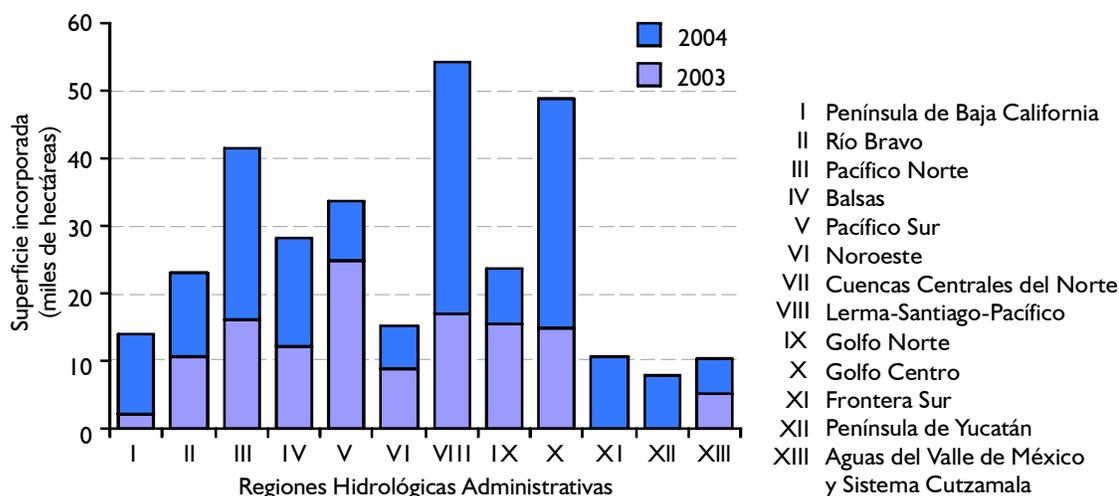
## SUPERFICIE INCOPORADA AL PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS

### Justificación

En 2003, México implementó el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), mediante el cual se paga a los propietarios bosques y selvas para su conservación. Estos ecosistemas regulan el ciclo hidrológico y de nutrientes, retienen los sedimentos y asimilan otros contaminantes que afectan la calidad del agua.

### Situación / Tendencia

Entre 2003 y 2004, se incorporaron poco más de 311 mil hectáreas al Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, el 40% en el primer año y el 60% en el segundo. Las Regiones Hidrológicas de la Comisión Nacional del Agua, con respecto a las cuales se contrastan los datos, resultaron heterogéneamente favorecidas por este programa. Las regiones Lerma Santiago (VIII) y Golfo Centro (X) acumularon la mayor superficie, con más de 54 mil hectáreas y casi 49 mil hectáreas, respectivamente. También importantes son las regiones Pacífico Norte (III), con casi 42 mil hectáreas, y la Pacífico Sur (V), con casi 34 mil hectáreas. Entre las 20 y 30 mil hectáreas se encuentran la región Balsas (IV), Golfo Nore (IX) y Noroeste (II). Entre 10 y 15 mil hectáreas están la Río Bravo (VI), Península de Baja California (I) y Frontera Sur (XI). La menos favorecida fue la Península de Yucatán (XII), con casi ocho mil hectáreas. La región Cuencas Centrales del Norte (VII) aún no figura en el programa.



### Información complementaria

- Superficie incorporada al Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, 2003-2008 (IC 2.2-14 A)
- Superficie incorporada al Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales, 2004 (IC 2.2-14 B)

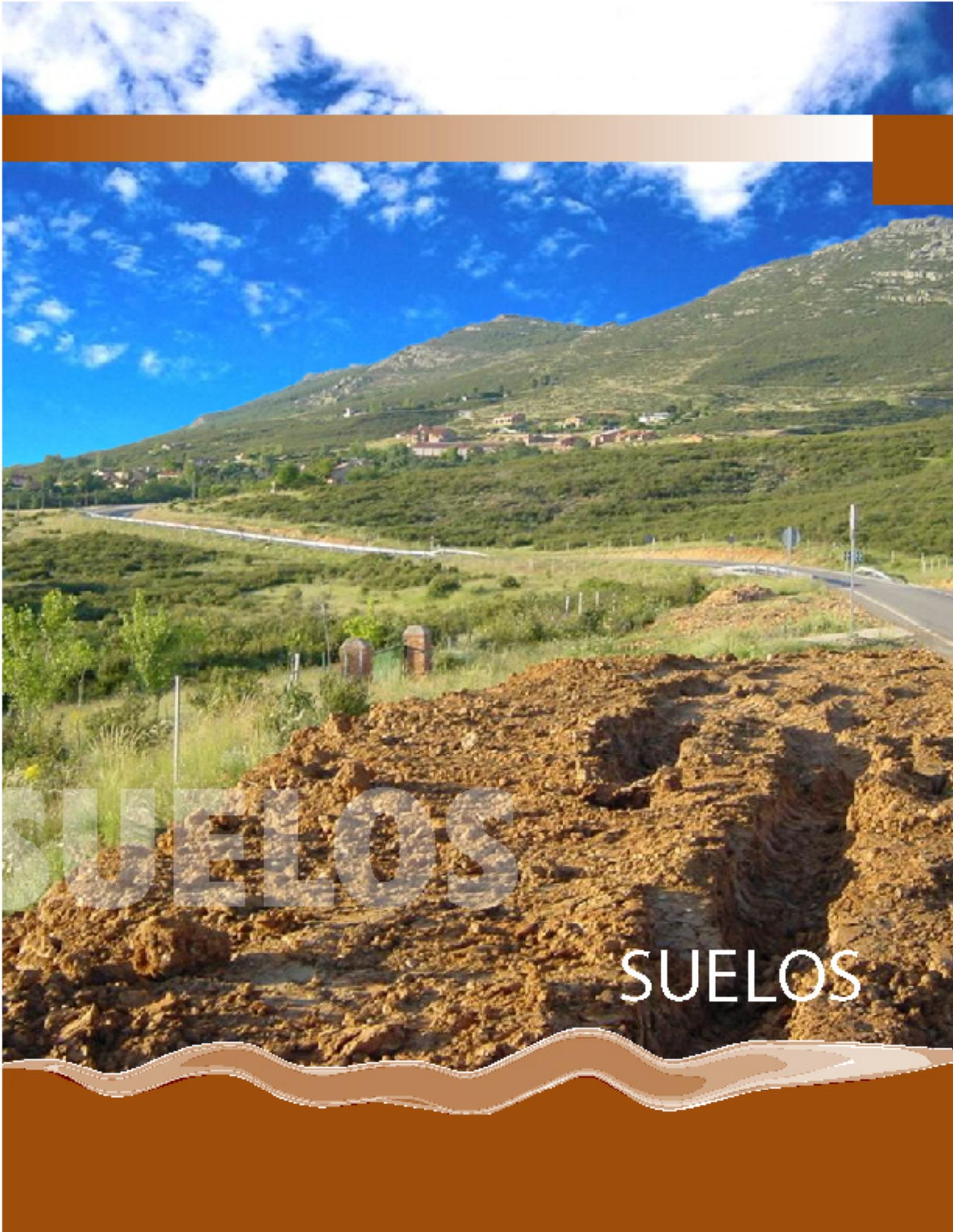
### Comentarios al indicador

La Comisión Nacional Forestal administra sus programas de acuerdo a una regionalización diferente a la de la Comisión Nacional del Agua. Se usó esta última por tratarse de un tema de agua y por homogeneidad con los otros indicadores de este capítulo.

Datos: Tabla Indicador 2.2-14

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 2.2-14

Fuentes: Elaboración propia con datos de: Conafor. Padrón de beneficiarios del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, años 2003 y 2004. Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx/portal\\_transparencia/programas/psa/Padron\\_Beneficiarios\\_PSAH\\_2004.pdf](http://www.conafor.gob.mx/portal_transparencia/programas/psa/Padron_Beneficiarios_PSAH_2004.pdf). CNA. Estadísticas del Agua en México 2004. México. 2004.



SUELOS

SUELOS

El suelo, la capa superficial de material mineral no consolidado que cubre las zonas terrestres, además de servir como medio de crecimiento para diversos organismos, mantiene complejas interacciones dinámicas con la atmósfera y los estratos que se encuentran por debajo de él, permitiendo el mantenimiento de los servicios ambientales de los ecosistemas e influyendo en el clima y el ciclo hidrológico (Semarnat, 2003). Así, el suelo es un elemento que, junto con el clima, determina de manera importante la distribución de los ecosistemas y de muchos recursos naturales en una región o territorio. En México, como resultado de su compleja historia geológica, se encuentran 25 de las 28 unidades de suelos reconocidas por la FAO, la UNESCO y el ISRIC en 1998 (Semarnat, 2003), de las cuales, cinco cubren cerca del 80 por ciento de su superficie: los leptosoles (con cerca del 24 por ciento del territorio), los regosoles (18.5 por ciento), los calcisoles (18.2 por ciento), los feozems (9.7 por ciento) y los vertisoles (8.3 por ciento) (Semarnat, CP e INEGI, 1999).

Las sociedades humanas modernas, sin embargo, han concebido a los suelos como simples soportes mecánicos de las plantas o como sitios de establecimiento de los asentamientos humanos, ignorando su importancia biológica, ecológica, fisicoquímica, socioeconómica y cultural (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002; PNUMA y EEA, 2002). Esta concepción ha contribuido, junto con otros factores, a los procesos de destrucción y degradación que afectan a los suelos. La degradación del suelo se refiere básicamente a los procesos relacionados con las actividades humanas que reducen su capacidad actual y futura para sostener ecosistemas naturales o manejados y producir sus servicios ambientales intrínsecos (Semarnat, 2003). Dentro de los principales procesos de degradación de los suelos está la erosión (hídrica y eólica), la cual implica la remoción del suelo, así como la degradación (física, química y biológica), que se refiere al detrimento en su calidad. Actualmente, la degradación de suelos se presenta en muchos países, entre ellos México, y muy especialmente en aquellos que mantienen esquemas de crecimiento basados en el uso irracional de los recursos naturales (Hitzhusen, 1993; Bennet, 2000). La degradación del suelo tiene efectos ambientales y socioeconómicos negativos, debido a su relación con la reducción de la biodiversidad, la pobreza, la migración y la seguridad alimentaria (ISRIC, 1990; PNUMA y EEA, 2002).

Las causas de la degradación de los suelos son diversas. En el mundo, el principal agente es el sobrepastoreo (35 por ciento de las tierras degradadas se deben a este factor), seguido por la deforestación (29 por ciento), las prácticas agrícolas inadecuadas (28 por ciento), la extracción de leña (7 por ciento) y, finalmente, la industria y la urbanización (1 por ciento) (GACGC, 1994). En México, a estos factores pueden sumarse el cambio de uso del suelo, el mal manejo del agua, la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico y el vertimiento de residuos industriales (Semarnat, 2002). La magnitud del problema edáfico se agrava en nuestro país tanto por la escasez de conocimientos especializados de este recurso (particularmente los que se refieren a sus aptitudes y vulnerabilidad) como por las fallas en la regulación de su uso y manejo (Cotler, 2003).

Ante esta problemática, en el país se han emprendido diversos programas orientados a la atención, protección y conservación de los suelos, los cuales han estado principalmente bajo la responsabilidad de las instituciones gubernamentales (ya sean federales, regionales o estatales). Los enfoques sobre su conservación han cambiado notablemente en el mundo durante las últimas décadas, y México se ha adherido a estas nuevas tendencias. Los esfuerzos solían concentrarse en las protecciones mecánicas, tales como bordos y terrazas, en buena medida para reducir la escorrentía; ahora los esfuerzos privilegian los métodos biológicos de conservación y la integración de la conservación del agua y la protección del suelo a través del manejo de las relaciones suelo-planta-agua, así como la reducción de la alteración del suelo a través de la labranza (PNUMA-Earthscan, 2002).

Para describir de manera adecuada las presiones sobre el suelo, así como las condiciones y respuestas que se han implementado para su conservación y manejo, es necesario diferenciarlos en función del uso que se les da. Por un lado están

los suelos que sostienen ecosistemas naturales con mayor o menor grado de conservación y que aún mantienen su función original en el ecosistema; mientras que, por otro lado, tenemos aquellos donde la cubierta vegetal original se ha removido por completo para ser utilizados en alguna actividad económica, como es el caso de la agricultura. En el primero de los casos podría buscarse su restauración, mientras que en el segundo, los objetivos deberían enfocarse al mantenimiento de las características productivas del suelo.

### ***Cambio de uso del suelo***

El incremento poblacional y sus requerimientos de alimento y espacio han propiciado una mayor demanda del suelo y, con ello, presiones más intensas para cambiar su vocación natural hacia otros usos. La eliminación de la cubierta vegetal para habilitar terrenos dedicados a las actividades agropecuarias quizá sea el ejemplo más evidente de lo anterior, aunque también ocurren cambios a usos urbanos, incluso de sitios que anteriormente estaban dedicados a las actividades agrícolas o pecuarias. La eliminación de la cubierta vegetal natural, acompañada por el mal uso de las superficies recién abiertas, promueve la degradación del suelo, afectando su uso actual y futuro. Entre sus efectos más importantes se encuentra la pérdida de la materia orgánica del suelo, lo que impide el desarrollo de las estructuras de los horizontes superficiales del mismo y los hace más susceptibles a la erosión y degradación (Hamilton, 1997). Cuando este proceso se mantiene, las plantas, los animales y los procesos ecológicos que producen los servicios ambientales (e.g., la recarga de los mantos acuíferos y la captura de carbono) también resultan afectados y enfrentan problemas para su permanencia y funcionamiento futuros (Aguilar et al., 2002). El indicador ***cambio de uso del suelo*** muestra la magnitud y las tendencias en el uso del suelo, así como las presiones potenciales de las actividades que propician su cambio. Este indicador está dentro de la lista de indicadores de desarrollo sustentable de la ONU (ONU, 2004a), así como en la iniciativa de integración de información ambiental de la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) y la OCDE (MMAE, 2000). También es empleado por la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS) para la evaluación de los sistemas terrestres (IUGS, 2000). El indicador de este factor de presión se encuentra desarrollado en el capítulo de “Biodiversidad” dentro de la sección de “Ecosistemas terrestres” en esta misma publicación.

### ***Agricultura***

En los países en desarrollo, la situación socioeconómica y la presión del mercado orillan a las comunidades a ampliar su frontera agrícola a costa de modificar la vocación natural de sus terrenos (Pugh, 1996). Esto provoca la degradación y erosión del suelo, además de afectar, paralelamente y a largo plazo, a los ecosistemas presentes y a los sectores económicos y sociales involucrados (Guevara y Muñoz, 2000; Ramírez-Juárez, 2001). El indicador ***superficie agrícola*** muestra la magnitud de la presión que la actividad agrícola genera sobre este recurso. El indicador también es considerado por la FAO (FAO, 2001), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2001) y se ha integrado en diversos sistemas de indicadores ambientales de los países de América Latina con problemáticas similares a las de nuestro país, destacando entre éstos el Sistema Chileno de Información Ambiental (SINIA-CONAMA, 2004). La información sobre la actividad agrícola que genera presiones en el ambiente y en particular sobre el suelo se ha incluido dentro de las variables que la OCDE emplea para evaluar el desempeño de sus países miembros (OCDE, 2002).

### ***Consumo de agroquímicos***

El empleo excesivo de agroquímicos también provoca el deterioro del suelo por la alteración de sus características fisicoquímicas y sus mecanismos naturales de recuperación (Gross y Hajek, 1998; FAO, 2000). Los agroquímicos (principalmente fertilizantes y plaguicidas) han permitido a los productores agrícolas obtener mejores cosechas mediante el control de plagas y malezas y por el incremento de la disponibilidad de nutrimentos para sus cultivos (Gutiérrez y García, 2003). Sin embargo, estos químicos sintéticos contienen sustancias cuyas propiedades pueden ocasionar efectos nocivos al ambiente y la salud humana, sobretodo si son utilizados en exceso y sin las precauciones necesarias (INE-Semarnap, 2000). Uno de los efectos negativos más importantes sobre el suelo es el daño a las poblaciones de microorganismos e invertebrados presentes en la rizósfera de las plantas, los cuales son muy importantes en las cadenas tróficas y en los ciclos

de los nutrimentos (e.g., el del fósforo y el nitrógeno). En casos severos, el exceso en su uso provoca la esterilidad del suelo y puede tener efectos negativos sobre las aguas subterráneas y superficiales a través de los lixiviados y de los arrastres superficiales (ver el capítulo de “Agua” en esta misma publicación). En México, al igual que en la mayoría de las economías emergentes, se continúan empleando agroquímicos tóxicos a pesar de sus efectos negativos (Mora-Alfaro, 2004). Los indicadores **consumo aparente de plaguicidas** y **consumo aparente de fertilizantes** muestran la presión potencial de afectación en el suelo que tiene el empleo de estas sustancias. Ambos indicadores se encuentran desarrollados en la sección de “Calidad” dentro del capítulo de “Agua” en esta publicación. Estos dos indicadores se han incluido dentro de los sistemas de otros países, tales como el de Nicaragua (Ministerio de Medio Ambiente, MARENA-Sistema Nacional de Información Ambiental, SINIA, 2003) y el de Costa Rica (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, MIDEPLAN-Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible, SIDES, 2002).

## **Sobrepastoreo**

La ganadería extensiva también es causa del deterioro del suelo, principalmente por el efecto del sobrepastoreo, el cual provoca la pérdida o degradación de la cubierta vegetal y con ello la posibilidad de retener la materia orgánica y las partículas del suelo. Los sitios sobrepastoreados están más expuestos a la erosión hídrica y eólica (Menke y Bradford, 1992). En la época de lluvias, puede presentarse la compactación acelerada de la superficie por el pisoteo continuo del ganado, lo que crea una estructura impermeable que favorece la formación de láminas de agua y la creación de encostramientos superficiales que impiden la infiltración y con ello el desarrollo vegetal (Betancourt-Yáñez et al., 2000; Hernández, 2000).

En nuestro país durante décadas se favoreció un modelo extensivo de ganadería, lo que aceleró el desmonte de grandes superficies con los consecuentes efectos negativos sobre los ecosistemas y el suelo (Chauvet, 2001). El indicador de **superficie afectada por sobrepastoreo** muestra la magnitud de la presión que la ganadería puede ejercer sobre el suelo. Este indicador está considerado dentro del tema de desertificación por parte de la CEPAL (CEPAL, 2003) y está incluido en la Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD: Livestock Environment and Development, 2003), cuya secretaría se encuentra en la FAO y es apoyada por otras agencias internacionales con el objeto de proteger y mejorar los recursos naturales afectados por la actividad ganadera.

## **Tenencia de la tierra**

La tenencia de la tierra es otro factor que puede ser considerado como indicador de la presión sobre el suelo, debido a que la indefinición jurídica en los derechos de propiedad trae como consecuencia el uso irracional y la destrucción de los recursos (PNUMA, 2003). Este factor en México, al igual que en Latinoamérica, tiene sus orígenes en la época colonial, cuando se realizó una apropiación y repartición del territorio de manera indiscriminada a grupos favorecidos y que continuó por largo tiempo. Desafortunadamente, su estudio y análisis se ha enfocado más desde las ciencias sociales y económicas que desde el punto de vista ecológico y ambiental (Concheiro y Robles, 2003). Las situaciones de indefinición de propiedad han provocado ocupaciones ilegales de terrenos, que traen consigo la promoción de prácticas de aprovechamiento de la tierra con efectos negativos sobre el suelo y los ecosistemas que sustenta (FAO, 2003). No obstante, en la actualidad no se cuenta con la suficiente información para desarrollar este indicador.

## ***Suelos degradados***

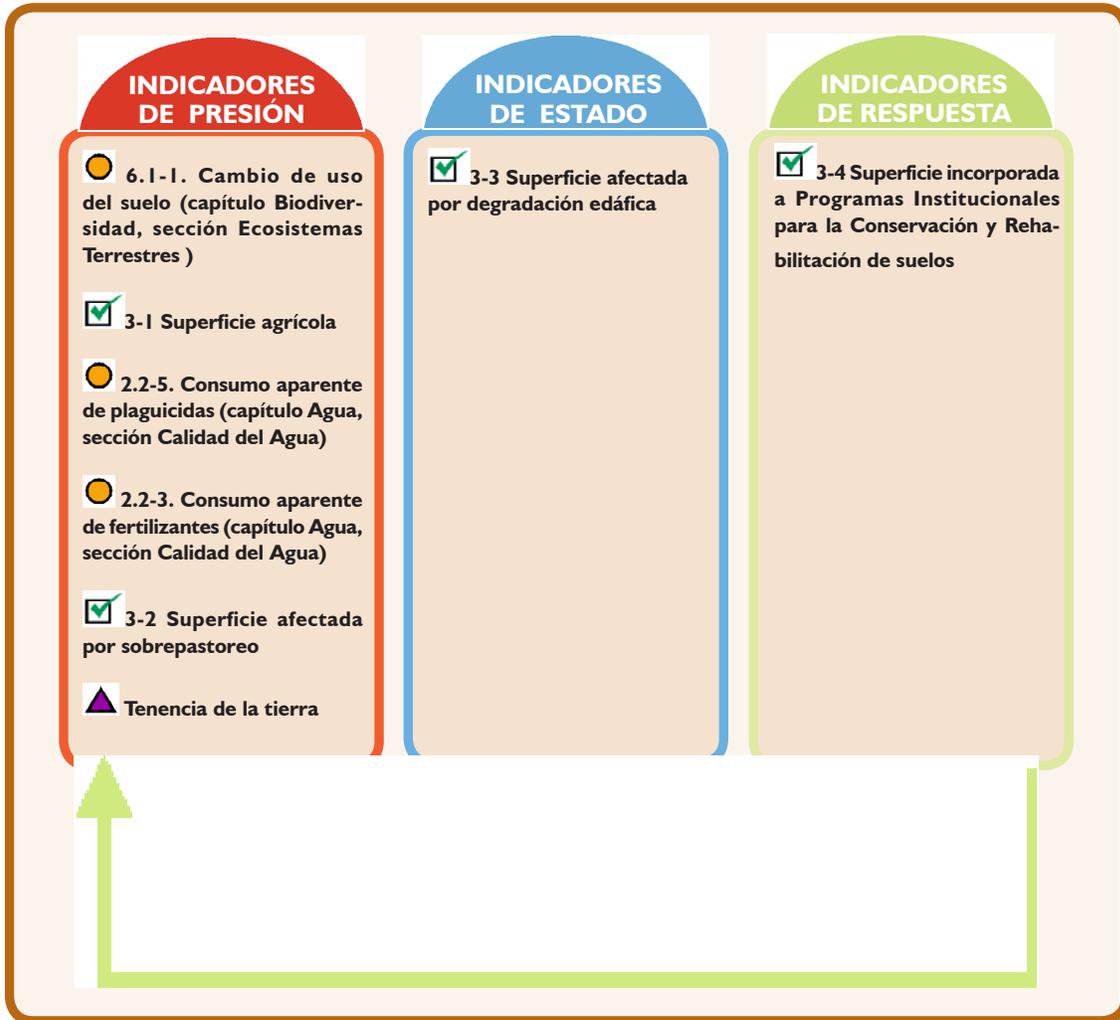
El problema de la degradación del suelo afecta a un gran número de países en el mundo. En respuesta, muchos de ellos colaboran actualmente con agencias internacionales especializadas en la investigación y evaluación de los procesos y factores involucrados en la degradación y desertificación del suelo (NRCS, 2003). En este contexto, México ha realizado diversos estudios sobre la degradación y erosión de los suelos en su territorio, los cuales han producido estimaciones que oscilan entre el 45 por ciento y valores cercanos a la totalidad de su superficie (Semarnat 2002). Por ejemplo, Baldwin (1945) estimó el 45 por ciento de la superficie nacional, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH, 1965) estimó el 69 por ciento de afectación, Andrade (1976) estimó la erosión en un 80 por ciento, Estrada y Ortiz (1980) en 98 por ciento, García-Lagos (1983) en 71 por ciento y Geissert y Rossignol (1987) calcularon el área afectada en 86 por ciento (todas en INEGI-Semarnap, 1998). Sin embargo, cabe señalar que el uso de diferentes métodos de evaluación y deficiencias en el trabajo de campo impiden la comparación de los resultados obtenidos. El conocimiento de la extensión y distribución espacial de la degradación de suelos en el país es indispensable tanto para el diseño de programas de restauración, conservación y mejoramiento de suelos, como para evaluar los efectos de las actividades antrópicas sobre este recurso (Sánchez-Colón, 2004). La ***superficie afectada por degradación edáfica*** se ha establecido en muchos países como indicador de estado, empleando diferentes enfoques de estudio (económicos, sociales y ambientales). La ONU considera dentro de su lista de indicadores de desarrollo sostenible a la superficie afectada por salinización y anegamiento, así como por la desertificación (ONU, 2004b) y la OCDE lo integra en la problemática ambiental derivada de actividades agrícolas (OECD, 2001). En Latinoamérica, por ejemplo, el gobierno de Colombia ha incluido el tema en sus indicadores ambientales para evaluar y dar seguimiento adecuados a los diferentes procesos de degradación que se presentan en su territorio (Ministerio del Medio Ambiente, MMA-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM- Sistema Nacional Ambiental, SINA, 2001).

### ***Programas Institucionales para la Conservación y Rehabilitación de Suelos***

La conservación y uso sustentable del suelo contribuye en forma fundamental a la preservación de la diversidad biológica, la seguridad alimentaria y la mitigación de la pobreza (Haberl et al., 2004). El desarrollo de planes y programas que contribuyen a la planeación y uso de los terrenos, con base en su vocación natural y el mejoramiento de la productividad agrícola (promoviendo el uso racional de agroquímicos y mejores sistemas de cultivo) son mecanismos de respuesta hacia los diferentes factores que provocan la degradación del suelo (Dumanski y Pieri, 2000; Hodge, 2001).

En México se han desarrollado programas para la conservación, uso y aprovechamiento del suelo, pero desafortunadamente se han enfocado a garantizar el desarrollo agropecuario y rural, así como el abasto de alimentos y otros productos, bienes o servicios (García-Salazar, 2001), sin prestar demasiada atención a sus implicaciones ambientales (DOF, 2002; OCDE, 2003). En los programas institucionales para la conservación y rehabilitación de suelos de índole federal participan distintas instancias. Entre ellas destacan la Semarnat, a través de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), esta última con los Programas de Desarrollo Regional Sustentable (Proders). También participa la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) por medio de Comisión Nacional de Zonas Áridas (Conaza) y la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (Corett). Sagarpa tiene a su cargo el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (Piasre). En este sentido, la **superficie incorporada a Programas Institucionales para la Conservación y Rehabilitación de Suelos** es indicador de la respuesta gubernamental al problema del deterioro de los suelos en el país. Sin embargo, por su estrecha relación con el tema agrícola (Huffman et al., 2000; Kammerbauer et al., 2001; Piorr, 2003) son considerados principalmente dentro de este tema y no en los temas ambientales. Algunos países que también utilizan este indicador son Nueva Zelanda (Lilburne et al., 2002), Australia (Hamblin, 1998) y la Comisión Europea dentro su política agrícola (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000). El Banco Mundial lo ubica dentro de la categoría de capacidad institucional (WBG, 2004) y la ONU lo considera dentro de los mecanismos de reporte por país en el marco del capítulo 10 de la Agenda 21 (ONU-Programa 21, 2003).

## Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Suelos



- ☑ *Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

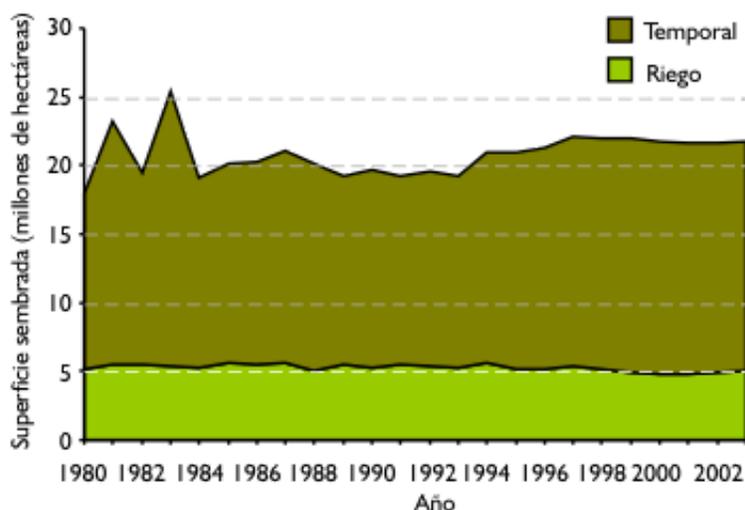
## SUPERFICIE AGRÍCOLA

### Justificación

La expansión e intensificación agrícola provoca y acelera los procesos de deterioro del suelo, sobre todo si la actividad se realiza en zonas poco propicias y con técnicas inadecuadas. El resultado de una actividad agrícola mal ubicada o inadecuada es la reducción de la fertilidad de los suelos, la erosión y la degradación, lo que se traduce en una baja en la productividad agrícola. Todo lo anterior incrementa la presión que conduce a la apertura de nuevas superficies para la agricultura.

### Situación / Tendencia

La superficie agrícola sembrada en México en los últimos 20 años se ha mantenido alrededor de los 20 millones de hectáreas, mostrando un ligero incremento a partir de 1993. La agricultura de temporal registró la máxima superficie en 1983, con aproximadamente 20 millones de hectáreas, manteniéndose posteriormente alrededor de las 15.5 millones de hectáreas, las cuales corresponden a cerca del 75% de los terrenos sembrados del país. La superficie ocupada por la agricultura de riego se ha mantenido cerca de las 5 millones de hectáreas, es decir, el 25% de la superficie total sembrada en el país.



### Información complementaria

- Condición de los suelos dedicados a la agricultura, 2001-2002 (*IC 3-1 A*)
- Fertilidad de suelos agrícolas por estado, 1996 (*IC 3-1 B*)

### Comentarios del Indicador

La información de la superficie sembrada se basa en un registro administrativo, el cual no incluye a los terrenos que fueron agrícolas y ahora se encuentran abandonados debido a su baja productividad. De acuerdo al estudio de degradación del suelo realizado por la Semarnat en el año 2002, la superficie afectada por el uso agrícola era de 32.3 millones de hectáreas. El avance de la frontera agrícola está considerado como indicador por la FAO y por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

**Datos:** Tabla Indicador 3-1

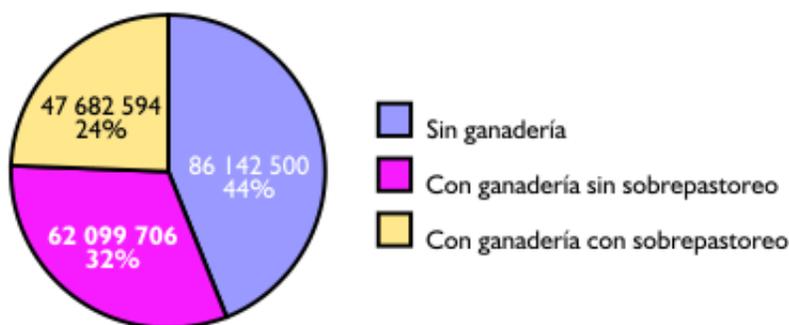
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 3-1

**Justificación**

El sobrepastoreo, originado por la ganadería extensiva, es un factor de presión al suelo debido a que acelera su degradación. El exceso de ganado afecta la tierra de manera directa por medio del pisoteo continuo, y de manera indirecta a través de la pérdida o degradación de la cubierta vegetal que deja expuesto al suelo a los agentes de erosión. La degradación del suelo tiene efectos negativos en los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos de los ecosistemas.

**Situación / Tendencia**

De acuerdo a la evaluación sobre la superficie degradada por actividades humanas (2002), la actividad ganadera ocupa el 56% del territorio, equivalente a una superficie de 109 782 300 hectáreas. El sobrepastoreo se pudo identificar en 47.7 millones de hectáreas, mismas que representan el 43% de la superficie total dedicada a la actividad ganadera y el 25% de la superficie nacional. Es importante mencionar que el 40% de esta superficie identificada con sobrepastoreo, esta asociada a efectos de actividades agrícolas y deforestación.



Las cifras en la gráfica corresponden a hectáreas

**Información complementaria**

- Superficie ganadera-sobrepastoreo por entidad, 2002 (*IC 3-2 A*)
- Población de ganado bovino, caprino y ovino 1980-2002 (*IC 3-2 B*)
- Coeficientes de agostadero, por entidad federativa, 2003 (*IC 3-2 C*)
- Mapa de zonas sobrepastoreadas, 2002 (*IC 3-2 D*)

**Comentarios al indicador**

El área identificada con sobrepastoreo incluye también bosques, selvas y otros usos del suelo donde se alimenta ganado. El sobrepastoreo está considerado dentro del tema de desertificación por parte de la CEPAL como un indicador biofísico y en la Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD: *Livestock Environment and Development*) de FAO.

**Datos:** Tabla Indicador 3-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 3-2

## SUPERFICIE AFECTADA POR DEGRADACIÓN EDÁFICA

### Justificación

El uso y manejo inadecuado de los suelos altera sus características físicas, químicas y biológicas, incrementando los procesos de degradación. La degradación del suelo tiene impactos negativos tanto sobre los ecosistemas, por su afectación de los procesos y ciclos de los ecosistemas terrestres, como en la rentabilidad de las actividades agrícolas debido a la pérdida de productividad.

### Situación / Tendencia

De acuerdo a la última evaluación nacional, el 47.73% de la superficie del país presenta algún tipo de degradación del suelo. Los principales procesos de degradación del suelo son, en orden de importancia, la degradación química (incluye pérdida de fertilidad, salinización y acidificación, las cuales suman cerca de 320 mil 500 kilómetros cuadrados en total), la erosión eólica (293 mil 638 kilómetros cuadrados), la erosión hídrica (235 mil 952 kilómetros cuadrados) y la degradación física (85 mil 144 kilómetros cuadrados).



Las cifras en la gráfica corresponden a miles de kilómetros cuadrados.

\* La superficie sin uso se refiere a aquella donde no hay un uso específico y donde se pueden registrar procesos de degradación y desertificación natural, más que propiamente derivados de actividades humanas. Incluye dunas costeras, desiertos, regiones áridas montañosas, afloramientos rocosos y planicies salinas.

### Información complementaria

- Causas de la degradación de suelos, 2002 (IC 3-3 A)
- Nivel de degradación de los suelos en México, 2002 (IC 3-3 B)
- Estado de la degradación de los suelos en México, 2002 (IC 3-3 C)
- Unidades de suelo en el país (IC 3-3 D)
- Procesos de degradación en tierras secas, 2002 (IC 3-3 E)

### Comentarios al indicador

Las superficies están calculadas considerando sólo la degradación dominante en una superficie dada, lo que implica que existe la posibilidad de que una misma superficie presente más de un proceso de degradación simultáneamente. La ONU considera dentro de su lista de indicadores de desarrollo sostenible a la superficie de tierras afectadas por salinización y anegamiento, así como a las tierras afectadas por la desertificación. El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) de Colombia incluye a la superficie afectada por procesos de degradación edáfica como parte de sus indicadores ambientales.

**Datos:** Tabla Indicador 3-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 3-3

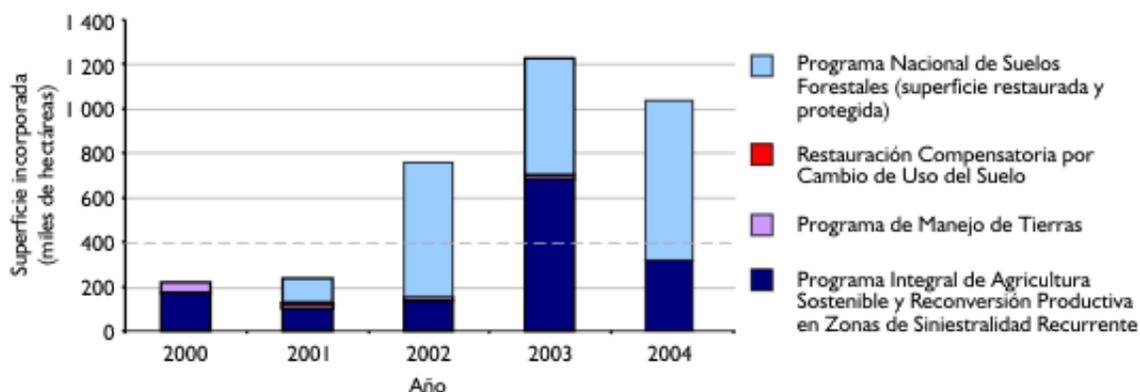
## SUPERFICIE INCORPORADA A PROGRAMAS INSTITUCIONALES PARA LA CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN DE SUELOS

### Justificación

El gobierno ha desarrollado diversos programas que inciden sobre la conservación y la rehabilitación de los suelos. Estos programas se encuentran bajo la responsabilidad de distintas instituciones y están orientados hacia el desarrollo productivo de las regiones afectadas por diversos procesos de degradación derivadas de una explotación inadecuada, promoviendo la adopción de prácticas sustentables y mejoras en la infraestructura que permitan un mejor desarrollo rural.

### Situación / Tendencia

La superficie atendida por los programas institucionales ha registrado variaciones importantes en los últimos años. Los más importantes por la superficie atendida son el Programa Nacional de Suelos Forestales y el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (PIASRE). Durante el periodo 2000-2004, cada uno atendió 2.1 millones de hectáreas. Los restantes programas han atendido una superficie considerablemente menor.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria

**Datos:** Tabla Indicador 3-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 3-4

### Comentarios del Indicador

La información más antigua que se presenta es del año 2000, debido a que en ese año cambiaron los objetivos, las reglas de operación y las metodologías de evaluación. Existen otros programas gubernamentales que, como parte de sus objetivos, incorporan aspectos de conservación y manejo de suelos (e.g., los Programas de Desarrollo Regional Sustentable (Proders), los Programas de la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra, el Programa de Combate a la Desertificación en México, el Programa Nacional de Microcuencas, los Programas de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (Conaza) y los Programas de Desarrollo Regional Sustentable), sin embargo, no ha sido posible aislar sus resultados específicos para incluirlos en el indicador. A nivel internacional, los programas gubernamentales de atención a la problemática de degradación, erosión y pérdida de suelo (muchos de los cuales están en estrecha relación con el tema agrícola) son indicadores de respuesta en los sistemas de Nueva Zelanda, Australia y la Comisión Europea.

**Fuente:** Sagarpa. Dirección de incentivos a la inversión rural. México. 2004.

Semarnat. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental. Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, Dirección de agricultura y ganadería. México. 2004.

Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México. 2004.

Semarnat-Conafor. Gerencia de Suelos. México. 2004.



RESIDUOS MUNICIPALES

# RESIDUOS MUNICIPALES

Los residuos sólidos municipales (RSM) comprenden los desperdicios que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones y de establecimientos comerciales y de servicios. Su generación y manejo ha evolucionado con la urbanización, el crecimiento económico y la industrialización. En América Latina, la población urbana regional generaba en 1995 alrededor de 330 mil toneladas de basura al día, de las cuales una tercera parte correspondía a la Ciudad de México, Sao Paulo y Buenos Aires (PNUMA, 2003). Si toda esta basura se dispusiera en rellenos sanitarios se necesitarían cerca de 380 mil metros cúbicos diarios de espacio (BID y OPS, 1997). En los últimos treinta años, la generación de residuos per cápita en Latinoamérica se ha duplicado y la composición ha cambiado de ser en su mayor parte orgánica a no biodegradable y voluminosa, lo que hace más difícil su manejo. Si bien hay avances en materia de rellenos sanitarios, éstos se orientan principalmente a las grandes ciudades (BID y OPS, 1997); en zonas rurales la disposición es aún más descontrolada, siendo común que se depositen los desechos a cielo abierto, a orillas de caminos, en barrancas y cuerpos de agua (BID y OPS, 1997). A pesar de no haber recibido tanta atención ni de contar con suficiente información, la descarga de desechos al mar también es un problema, como se ha reconocido en países del Caribe (IMO, 1995)

La presencia de RSM en los cuerpos de agua provoca diversos impactos; en aguas superficiales alteran la estructura física del hábitat y afectan negativamente la calidad del agua (Fatta *et al.*, 2000; Fetter, 2001). También los recursos hídricos subterráneos pueden contaminarse por la infiltración de los lixiviados derivados de los RSM (para más detalles ver el capítulo de “Agua”, en su sección de “Calidad”). La problemática se agudiza con la presencia de residuos industriales o de compuestos químicos, como los derivados de las pilas y baterías que contienen materiales tóxicos (Semarnat-INE, 2002 y 2004).

En tiraderos a cielo abierto, la contaminación atmosférica se manifiesta por la presencia de malos olores, la generación de humos, gases y partículas en suspensión debido a la quema provocada o espontánea de la basura y por el arrastre de los vientos. La contaminación atmosférica derivada de la quema en estos tiraderos y del uso de incineradores sin sistemas de control de la contaminación, representa un serio riesgo a la salud por la presencia de plásticos, compuestos organoclorados y otros productos químicos de significativa peligrosidad (BID y OPS, 1997).

Las afectaciones en la salud humana debidas a agentes físicos, químicos y biológicos contenidos en los RSM son el efecto principal de una deficiente gestión de los residuos. Los agentes típicos relacionados a los RSM que afectan la salud de los trabajadores y población expuesta son básicamente: olor, ruido y polvo, que pueden provocar malestares como cefalea, náuseas y estrés. La presencia de animales como ratas, cucarachas e insectos puede provocar la transmisión de enfermedades como cólera, disentería, etc. La presencia de microorganismos patógenos ocurre también a través del papel higiénico, gasa y pañales desechables, entre otros; sin embargo, los agentes patógenos son poco resistentes a las condiciones ambientales desfavorables y sobreviven por poco tiempo en el exterior. Son muy pocos los datos de morbilidad derivados de estudios epidemiológicos que permitan asociar las enfermedades con los RSM. Algunos agentes que pueden mencionarse como causantes de enfermedades presentes en los RSM son aquellos responsables de problemas intestinales (*Ascaris lumbricoides* y *Entamoeba coli*, por ejemplo), el virus que causa la hepatitis (principalmente del tipo B) y los microorganismos responsables de algunas dermatitis (BID y OPS, 1997).

En México, el creciente volumen de residuos sólidos generados, la dificultad para su recolección, el agotamiento rápido de la vida de los rellenos sanitarios y el desperdicio de materiales dotados de valor, han hecho necesario el establecimiento de mecanismos para fomentar el reciclaje y compartir la responsabilidad del manejo de los residuos entre los sectores

involucrados directa o indirectamente en su generación. Muestra de ello es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, que trata aspectos de la prevención de la generación y la valoración de los materiales contenidos en los residuos (Cortinas, 2004). La Cruzada por un México Limpio es también un buen ejemplo del interés que tiene este tema en el sector ambiental del país (Semarnat, 2004).

La nueva Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicada en octubre del año 2003 (DOF, 2003), actualiza la definición de RSM bajo el nuevo nombre de Residuos Sólidos Urbanos, que ahora están definidos como “los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley como residuos de otra índole”. Esta adecuación seguramente obligará a la revisión futura de las estadísticas que ahora tenemos y que se presentan en estos indicadores.

### ***Gasto del consumo final privado***

La generación de residuos sólidos municipales sigue, en general, el ritmo marcado por el consumo nacional privado y el Producto Interno Bruto (PIB) (OCDE, 1998); mientras más se gasta, mayor es la generación de desechos. De esta manera, el indicador del ***gasto del consumo final privado***, que representa el valor de todas las compras en bienes y servicios de consumo, individuales y colectivos, realizadas por los hogares residentes, las instituciones sin fines de lucro y el gobierno federal (INEGI, 2004), es útil para mostrar la tendencia que sigue la generación de residuos sólidos municipales en el país. Debido a que este indicador implica el potencial de generación, en cuanto al volumen, se considera de presión indirecta. Los niveles de consumo, medidos como el gasto en el consumo final privado y público son indicadores presentes en la iniciativa de indicadores de la OCDE (OCDE, 1998, 1999).

### ***Generación de residuos sólidos municipales***

El volumen creciente de residuos municipales, aunado a su manejo inadecuado, promueve la proliferación de tiraderos sin control, que generan riesgos al ambiente y la salud humana. La población expuesta a los agentes físicos, químicos y biológicos de los RSM abarca desde los trabajadores formales e informales que manipulan residuos hasta la que vive cerca de los sitios de tratamiento y disposición e, incluso, la población que se ve afectada a través de la contaminación de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) y del consumo de carne de animales criados en tiraderos (BID y OPS, 1997). El indicador de ***generación total y per cápita de residuos sólidos municipales*** muestra la magnitud del riesgo potencial que representa la generación de residuos en el país. Este indicador está considerado dentro de la mayoría de las iniciativas de indicadores para el desarrollo sustentable, en particular en las de la OCDE y la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (UNCSD).

Los indicadores de estado en los temas de residuos poseen una particularidad, ya que el tema no se refiere a un sustrato ambiental específico como el aire o el agua, sino que afecta a diversos medios e incluso a la salud humana. Aunque se cuenta con información de calidad ambiental, como la presencia de contaminantes en agua, es muy complejo relacionarlos con una causa o sector en particular. Así, en este tema, se ha optado por abordar los indicadores de estado desde la perspectiva de la gestión ambiental, mientras que los efectos en el ambiente se cubren en otros capítulos. Esta decisión proviene de la propuesta planteada por el Instituto Nacional de Ecología (Semarnat-INE, 1997, 2000).

### ***Disposición final de residuos sólidos municipales***

La insuficiencia en el número y capacidad de los rellenos sanitarios –esto es, de los sitios con infraestructura adecuada para el confinamiento de los RSM–, así como la ineficiencia de los sistemas dedicados a su manejo, se traducen en riesgos para la población (por los efectos negativos a la salud, especialmente para los sectores menos favorecidos de la sociedad) y al ambiente (Ardiό et al., 1992). Entre los impactos del manejo inadecuado de los residuos están la contaminación del aire, suelo y aguas superficiales y subterráneas; la generación de biogases (con el consecuente riesgo por su toxicidad y explosividad); la emisión de gases de efecto invernadero (bióxido de carbono y metano, principalmente) y el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural (Sedesol-INE, 1993; EPA, 1999).

El impacto a la salud se asocia con enfermedades transmitidas por vectores animales (ratas, moscas, cucarachas, mosquitos y cerdos), tales como la peste bubónica, tifus murino, leptospirosis, fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, amebiasis, disentería, giardiasis, malaria, leishmaniasis, fiebre amarilla, dengue, filariasis, cisticercosis, toxoplasmosis, triquinosis y teniasis (FEMA, 1995). Aunado a ello, se ha comprobado que las concentraciones de dioxinas en la leche materna y sus compuestos relacionados se incrementan en las mujeres que viven cerca de los tiraderos de residuos municipales (Kunisue et al., 2004). El indicador ***disposición final de residuos sólidos municipales*** muestra el estado de la gestión, relacionado al manejo de estos residuos que se realiza en el país. Este indicador, expresado explícitamente como la proporción de residuos municipales que se deposita en rellenos sanitarios o sitios controlados, es un indicador presente en las iniciativas de indicadores ambientales y de desarrollo sustentable, en particular en la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (UNCSD) y la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC).

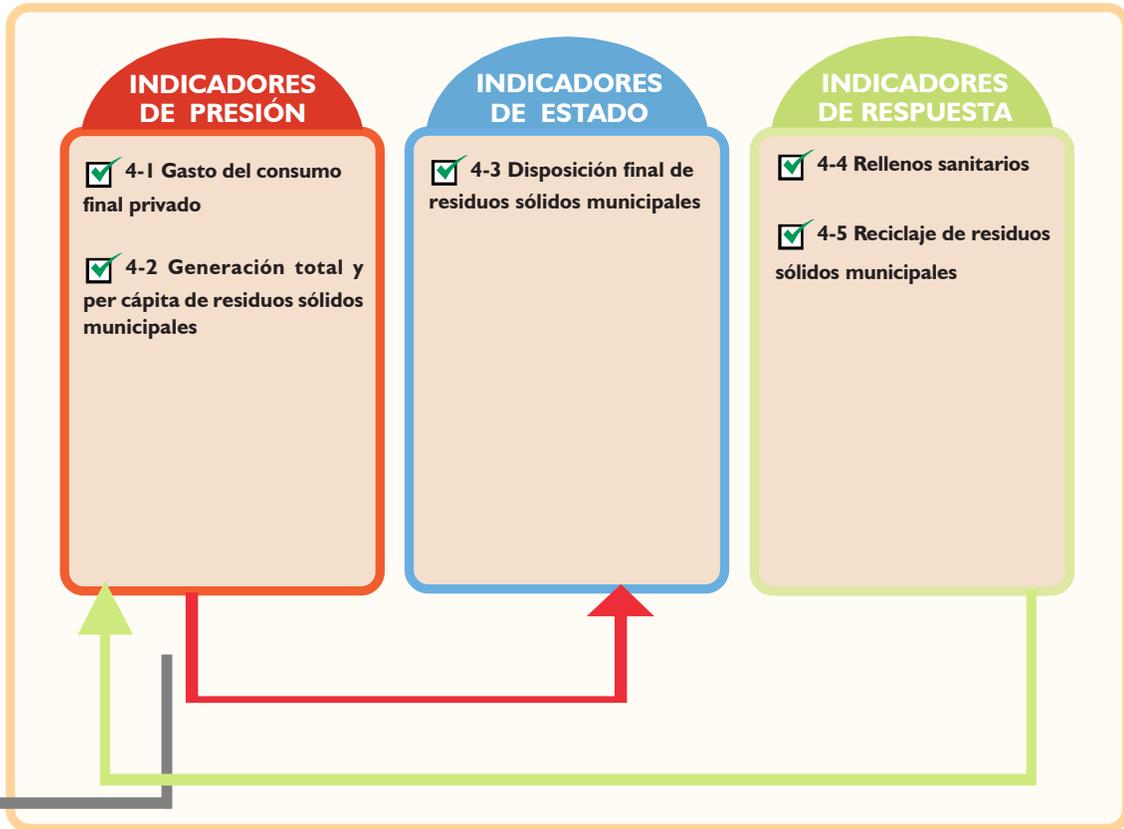
### ***Rellenos sanitarios***

A pesar de que la estimación de la cobertura de recolección de residuos sólidos municipales alcanza en América Latina un 90 por ciento de los que se generan, no existe la infraestructura para la deposición adecuada y segura de aproximadamente el 40 por ciento de los desperdicios (PNUMA, 2003). El indicador ***rellenos sanitarios*** muestra la respuesta de los gobiernos locales para la atención de la gestión de los residuos sólidos municipales. Este indicador no se encuentra en otras iniciativas; la OCDE y la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas proponen el gasto en el manejo o disposición de residuos pero, por ahora, no ha sido posible contar con la información que reúna las características adecuadas para incluirlo en esta publicación.

### ***Reciclaje de residuos sólidos municipales***

La densidad de la basura compactada en los países de América Latina oscila entre los 800 y mil kilogramos por metro cúbico, lo que implica que un estado como Chiapas, que genera 909 mil toneladas por año, demanda espacios para depositar residuos del orden de un millón de metros cúbicos anualmente, con un costo de operación que oscilaría entre los dos y nueve millones de dólares (BID y OPS, 1997). Los beneficios que se generan con la minimización de los residuos sólidos municipales por el reciclaje y reutilización de materiales inciden directamente en la duración y eficiencia de los confinamientos controlados, principalmente por la reducción en el volumen de los desechos que requieren de disposición final. La separación de los residuos sólidos municipales en sus componentes orgánicos (restos de comida, principalmente) e inorgánicos (papel, cartón, textiles, plásticos, vidrios y metales) facilita su reuso y reciclaje, lo que disminuye tanto las presiones para contar con sitios adecuados de disposición, como los impactos al ambiente y la salud, que están asociados a los depósitos no adecuados (EPA, 1999; Semarnat-INE, 2001). El indicador ***reciclaje de residuos sólidos municipales*** muestra la respuesta social y permite evaluar las estrategias en la materia. Los indicadores que se refieren al reuso y reciclaje son comunes dentro de las listas de indicadores, tanto ambientales como de desarrollo sustentable, particularmente en los conjuntos de Desarrollo Sustentable de la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas y de la OCDE.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Residuos Sólidos Municipales



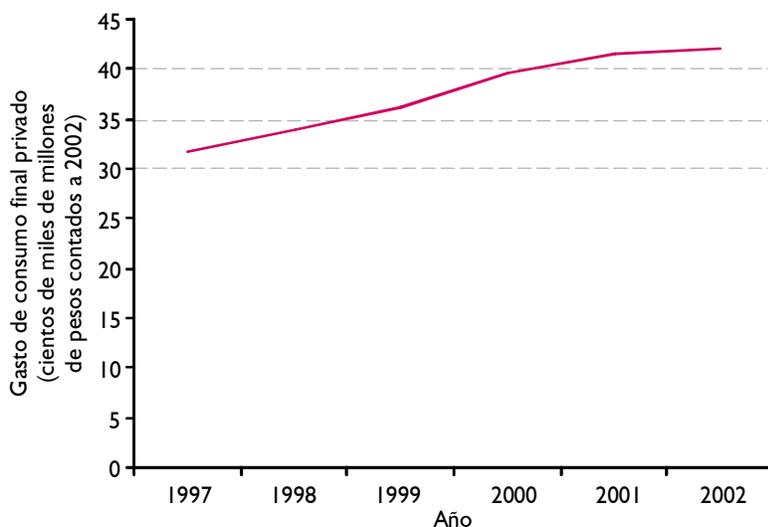
- ✓ *Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

**Justificación**

La generación de residuos sólidos municipales, en general, sigue la tendencia marcada por el consumo final nacional privado, esto es, el valor total de todas las compras en bienes y servicios de consumo, individuales y colectivos realizados por los hogares residentes, las instituciones sin fines de lucro residentes y el gobierno federal, así como del PIB. Se supone que a un mayor consumo hay un mayor potencial de generación de residuos.

**Situación / Tendencia**

El gasto en el consumo final privado se ha incrementado en 32% desde 1997 a 2002, pero de acuerdo a las estadísticas del consumo de materiales y suministros que se usan como insumo de la producción, el consumo de artículos de plástico ha aumentado en un 12.6%, mientras que el de vidrio y sus derivados, así como papel y cartón se ha mantenido relativamente constante.

**Información complementaria**

- Consumo intermedio por rama de actividad, 1997-2002 (IC 4-1A)

**Comentarios al indicador**

Los niveles y los patrones de consumo son indicadores presentes en la iniciativa de indicadores ambientales hacia el desarrollo sustentable de la OCDE.

**Datos:** Tabla Indicador 4-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 4-1

## GENERACIÓN TOTAL Y PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

4-2

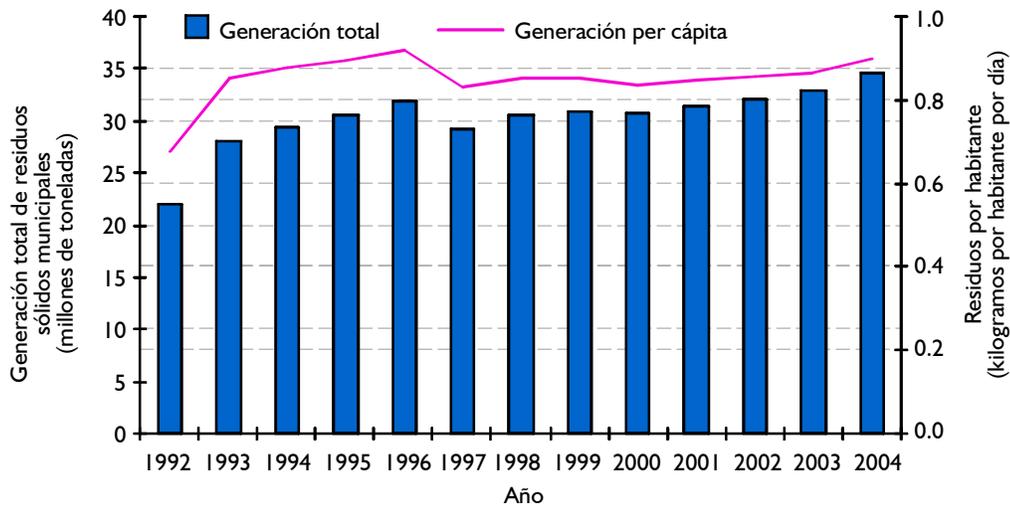
PRESIÓN

### Justificación

El volumen creciente de residuos municipales y su manejo inadecuado promueven la proliferación de tiraderos sin control, los que generan riesgos al ambiente y a la salud humana. Este indicador muestra tanto la demanda de infraestructura, como la magnitud de un riesgo potencial ante el manejo inadecuado de los residuos municipales.

### Situación / Tendencia

En los últimos trece años, se estima que la generación de residuos sólidos municipales se ha incrementado en un 57%, alcanzando las 34.6 millones de toneladas en el 2004, con un incremento promedio anual de casi un millón de toneladas. La generación per cápita registró su nivel más alto en 1996 con 0.92 kilogramos por habitante por día, manteniéndose a partir de entonces con un crecimiento anual promedio de 0.01.



### Información complementaria

- Generación de residuos sólidos municipales por entidad federativa, 1998-2004 (IC 4-2 A)
- Generación de residuos sólidos municipales por tipo de localidad, 1997-2004 (IC 4-2 B)
- Generación de residuos sólidos municipales por composición, 1995-2004 (IC 4-2 C)

### Comentarios al indicador

Los indicadores de generación total de residuos sólidos municipales y la generación per cápita (intensidad) están presentes en la mayoría de las iniciativas de indicadores para desarrollo sustentable, en particular en los indicadores ambientales hacia el desarrollo sustentable de la OCDE y de la UNCDS.

**Datos:** Tabla Indicador 4-2

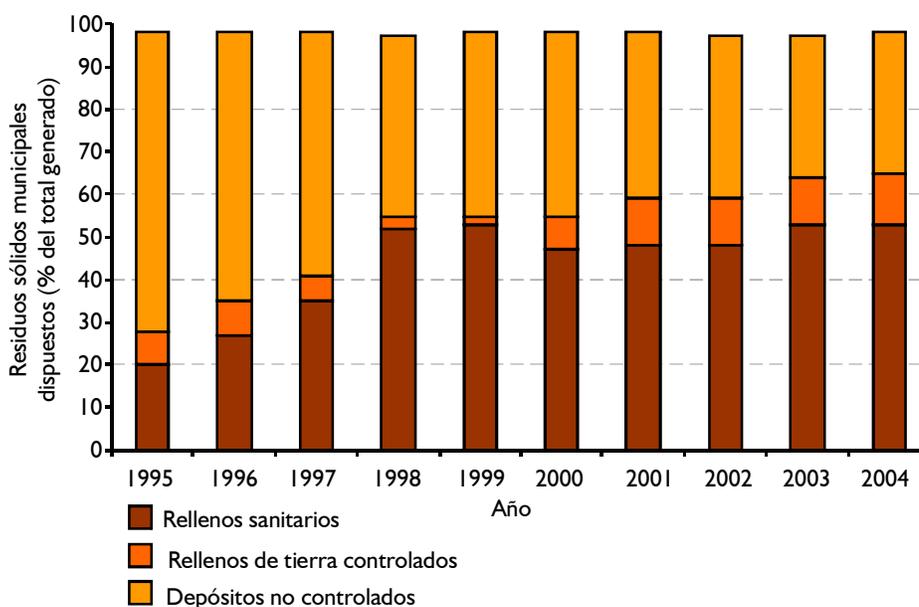
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 4-2

### Justificación

La falta de tiraderos sanitarios, así como los sistemas inadecuados para su manejo pueden tener efectos graves en la salud y el bienestar de la población. Estos efectos se asocian generalmente a enfermedades como la fiebre tifoidea, la salmonelosis, el cólera y la amebiasis.

### Situación / Tendencia

La generación anual de residuos sólidos municipales en los últimos diez años se incrementó en un 13% (pasó de 30.5 a 34.6 millones de toneladas). En el mismo periodo, los residuos dispuestos en rellenos sanitarios pasaron del 19.5 a 53%, en sitios controlados pasaron del 8 al 12%, mientras que el volumen de los residuos que se disponen sin control descendió del 70 al 33%.



### Información complementaria

- Recolección de residuos sólidos municipales, 1995-2004 (IC 4-3 A)
- Disposición final de residuos sólidos municipales por tipo de localidad, 1997-2004 (IC 4-3 B)

### Comentarios al indicador

La proporción de residuos municipales que se deposita en rellenos sanitarios o controlados es un indicador recurrente en las iniciativas de indicadores, en particular se encuentran en los indicadores ambientales hacia el desarrollo sustentable de la UNCDS, la ILAC además incluye la proporción de residuos recolectados.

**Datos:** Tabla Indicador 4-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 4-3

## RELLENOS SANITARIOS

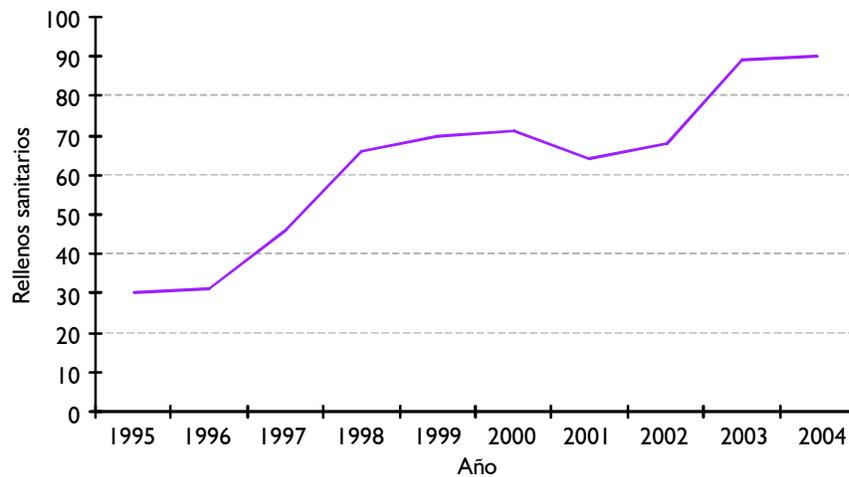
4 - 4

**Justificación**

El manejo inadecuado de los residuos sólidos afecta la salud humana, la atmósfera, el suelo y a las aguas superficiales y subterráneas. Su disposición final adecuada se fundamenta en la utilización de rellenos sanitarios, comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte y el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

**Situación / Tendencia**

En los últimos diez años (1995-2004), el número de rellenos sanitarios se incrementó en cerca de 200%, pasando de 30 en 1995 a 90 en el año 2004, con un incremento promedio anual de 7 sitios. Destacan los años de 1998 y 2003 con la instalación de 20 y 21 rellenos respectivamente.

**Información complementaria**

- Instalaciones y capacidad de disposición de residuos sólidos municipales, 1995-2004

(IC 4-4 A)

**Comentarios al indicador**

El indicador del número de rellenos sanitarios no aparece en otras iniciativas de indicadores. Se incluye ahora, en espera de consolidar la información de inversión en infraestructura para la disposición final de RSM.

**Datos:** Tabla Indicador 4-4

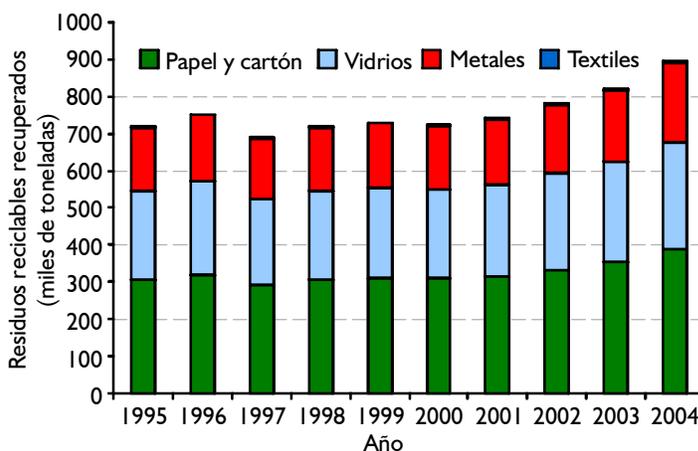
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 4-4

### Justificación

Los beneficios que se generan con la minimización de los residuos sólidos municipales por el reciclaje adecuado inciden directamente en la capacidad de espacio y en la eficiencia de los confinamientos controlados. Todo ello como resultado de la reducción de los costos que generan, la disminución de la cantidad de desechos que requieren de disposición final y una mejor administración y disposición de los residuos terminales.

### Situación / Tendencia

Dentro de los materiales reciclados destacan el papel, el cartón y sus productos derivados, con una proporción promedio en los últimos diez años de 42.8% respecto al total reciclado (323 mil 800 toneladas en promedio). Le siguen los diferentes tipos de vidrios, con un 33.3% (252 mil toneladas en promedio); los metales que incluyen al aluminio, metales ferrosos y no ferrosos con un 23.6% (cerca de 179 mil toneladas en promedio); los plásticos con un 0.2% (cerca de 2 mil toneladas en promedio) y finalmente, los textiles con 0.1% del total reciclado (poco menos de mil toneladas en promedio).



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria

### Comentarios al indicador

Este indicador se encuentra en los conjuntos de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la UNCD y ambientales de la OCDE.

**Datos:** Tabla Indicador 4-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 4-5



RESIDUOS PELIGROSOS

**RESIDUOS PELIGROSOS**

Hasta la década de los años ochenta, los temas que vinculaban la salud humana con el medio ambiente se concentraban en padecimientos infecciosos, tales como el cólera y otras enfermedades gastrointestinales derivadas del manejo inapropiado de las aguas residuales. Sin embargo, en las últimas décadas la atención también se han dirigido hacia padecimientos no infecciosos, como el cáncer y ciertos problemas congénitos inducidos por compuestos tóxicos peligrosos (Masters, 1991). Las graves consecuencias de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos quedaron evidenciadas en diversos episodios internacionales, como las intoxicaciones por mercurio y cadmio ocurridas en Japón que produjeron graves problemas de salud en la población además de elevados costos económicos. En el caso de México, por ejemplo, la contaminación por cromo dispuesto a cielo abierto y descargado en las aguas residuales en Tultitlán, Estado de México, entre 1974 y 1977, trajo consigo importantes daños a la salud, alertando a la sociedad acerca del riesgo que implica la exposición a este tipo de residuos (Sedesol e INE, 1993).

Un residuo se considera peligroso por sus características de corrosividad, como los ácidos y las bases fuertes; reactividad, como los nitratos y metales alcalinos; su explosividad, como los peróxidos y cloratos; su toxicidad, como los cianuros, arsénicos y sales; su inflamabilidad, como los alcoholes y los hidrocarburos aromáticos, y por sus propiedades infecciosas, como la sangre o ciertos agentes infecciosos (Bueno *et al.*, 1996).

El sector industrial manufacturero es uno de los principales generadores de residuos peligrosos en el país; entre sus desechos destacan los sólidos residuales, aceites gastados, líquidos residuales de proceso, disolventes y lodos. Le sigue el sector minero, en el que se incluye la extracción de petróleo que, en su mayor parte, genera líquidos residuales de procesos, además de lodos, escorias y sólidos (Semarnap-INEGI, 1999). Los residuos biológico-infecciosos, generados principalmente en hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación, se producen en menores cantidades, sin embargo, no por ello son menos importantes.

Desde hace tiempo se han puesto en marcha en todo el mundo numerosas investigaciones con el fin de establecer, con mayor certidumbre, los efectos de diversas sustancias químicas en la salud humana. Actualmente existe evidencia suficiente para demostrar la relación entre los daños a la salud y la exposición a los compuestos tóxicos presentes en los residuos peligrosos (ATSDR, 2004). Una de las vías por la que la población y los demás elementos de los ecosistemas se ven afectados por los residuos peligrosos manejados de manera inadecuada es a través de la contaminación de sus fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas (Sedesol-INE, 1993). Algunas de las enfermedades asociadas con la exposición a los residuos peligrosos son cáncer, malformaciones genéticas y daños renales y hepáticos (Díaz-Barriga, 1996; Ostrosky *et al.*, 1996).

En respuesta, diversos países —entre los que se incluye México— establecieron instrumentos legales para el manejo de estas sustancias, tomando en cuenta la totalidad de su ciclo, es decir, desde su producción hasta su disposición final, en un esquema conocido como “de la cuna a la tumba” (Masters, 1991). Resultado de ello son la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-93, que establece las características de los residuos peligrosos, su listado y los límites que los hacen peligrosos por su toxicidad al ambiente; el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, en el que se regula su generación y manejo; la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y una decena de normas oficiales más (DOF, 2003; Semarnat, 2004a).

La problemática asociada a los residuos peligrosos tiene dos grandes líneas; por un lado, la que se deriva de la presencia de sitios ya contaminados por residuos peligrosos y, por otro, aquella orientada a la prevención de la contaminación de nuevos sitios. De esta manera, las acciones para su atención se han dirigido a la identificación y atención de los sitios contaminados y a la prevención de la contaminación mediante instrumentos normativos (e.g., visitas de inspección a los generadores) y voluntarios (e.g., auditorías ambientales). Paralelamente se ha trabajado en la creación de infraestructura para el manejo adecuado de los residuos en sus diferentes modos: almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final (Semarnat-Profepa, 2003), así como en la promoción de acciones de minimización en sus volúmenes de generación, impulsando cambios en los procesos de producción, sustitución de productos o cualquiera otra medida que asuma la empresa generadora antes de reciclar, tratar o disponer los residuos (EPA-Sedesol, 1993; CMPL, 2004; FIPREV, 2004; GTZ, 2004).

### ***Generación de residuos peligrosos por la industria manufacturera***

Los sectores manufacturero y minero han sido pilares para el desarrollo económico del país. Sin embargo, son también los más importantes generadores de residuos peligrosos (OCDE, 1998), sobrepasando con mucho la producción de los residuos biológico-infecciosos, de los residuos de la aplicación de plaguicidas y de los derivados de la producción en micro y pequeñas empresas (Semarnat, 2003; Semarnat-Profepa 2003). La Profepa tiene identificados 28 mil establecimientos de jurisdicción federal, industrial y de servicios que generan residuos peligrosos. Sus giros de actividad más importantes son petroquímica, química, servicios en materia de residuos peligrosos, petróleo, pinturas y tintas, automotriz y asbesto (Semarnat-Profepa, 2003). Los principales residuos peligrosos generados en el sector industrial son ácidos, bases, solventes y productos reactivos de la industria química, residuos de pintura contaminados con metales pesados y residuos de tolueno y benceno de la manufactura de productos de piel, entre otros (Masters, 1991). En ese sentido, el **volumen físico de producción de los sectores manufacturero y minero** sirve como indicador del potencial de generación de residuos peligrosos en el país por parte del sector industrial. Dicho indicador se expresa en forma del índice de volumen físico de producción, el cual representa el valor económico de la producción para una rama de actividad dada; se obtiene multiplicando la producción física de los bienes por su valor económico y se estandariza entonces a un año base. Los niveles de producción fueron propuestos por la OCDE como indicadores de presión indirecta en materia de residuos (OCDE, 1998).

En México se estima que en total se generan cerca de 3.7 millones de toneladas de residuos peligrosos por año, lo que significa una intensidad de generación de 6.38 kilogramos por cada mil dólares de Producto Interno Bruto (PIB). Esta cantidad es similar a lo reportado por países industrializados importantes como Suiza, los Países Bajos, Alemania y Francia (OCDE, 1998; Semarnat, 2003; OCDE, 2004). Los indicadores **intensidad y volumen de generación de residuos peligrosos** son considerados como medidas de presiones potenciales sobre el ambiente. Debe considerarse, sin embargo, que los impactos ambientales dependerán de manera importante de las condiciones y características del manejo de los residuos peligrosos. Estos indicadores forman parte del cuerpo de indicadores ambientales de la OCDE y de los de Desarrollo Sustentable de la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas.

### ***Sitios contaminados con residuos peligrosos***

Gran parte del crecimiento industrial de México se desarrolló en los años previos a la década de los noventa cuando el manejo y disposición adecuada de los residuos peligrosos no estaban sujetos a regulación. Todo ello ocasionó que gran número de empresas generadoras de estos residuos contaminaran los suelos adyacentes y cercanos a sus instalaciones con diversos tipos de residuos peligrosos (Semarnap-Profepa, 2000). Actualmente, esta problemática puede traer consigo consecuencias sanitarias importantes, puesto que se ha demostrado que los riesgos de efectos adversos a la salud aumentan con la cercanía a los sitios de deposición de residuos peligrosos (Vrijheid, 2000; ATSDR, 2004). En este sentido, aunque la preocupación social se ha orientado principalmente a la asociación de los residuos peligrosos con el cáncer y malformaciones congénitas, existen otros problemas de salud asociados, como son las alteraciones mutagénicas, los daños renales y hepáticos, los problemas neurológicos y las enfermedades respiratorias (Díaz-Barriga, 1996). El indicador **sitios contaminados con residuos peligrosos** representa el total de sitios contaminados identificados en el país. La OCDE recomienda emplear indicadores relacionados con la calidad y uso del suelo, así como la contaminación por elementos tóxicos (OCDE, 1998); mientras que la Comisión de Desarrollo Sustentable (UNCDS) propone la superficie contaminada por residuos peligrosos (UNCDS, 1996).

### ***Capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos***

Reducir los volúmenes de generación de residuos peligrosos que se liberan al suelo, aire y agua es el objetivo principal de los programas de prevención de la contaminación, los cuales procuran evitar los posibles daños al medio ambiente y la salud humana que podrían ocurrir por su manejo inadecuado (EPA y Sedesol, 1993). Existen varias alternativas para la reducción del volumen de residuos peligrosos. En primer lugar está la reducción y eliminación de residuos por el cambio de las tecnologías de producción. También existen estrategias de reducción de residuos peligrosos por medio de su reciclaje y reuso, lo que maximiza su utilización antes de su tratamiento y disposición final. Finalmente, se trabaja en el tratamiento de los residuos para reducir su peligrosidad y volumen. Estas estrategias frecuentemente reducen los costos de disposición y tratamiento, en lo cual la industria generadora podría encontrar oportunidades para reducir sus costos de operación (Masters, 1991). Aun cuando el mejor indicador de respuesta en esta materia es el **volumen de residuos peligrosos manejados adecuadamente**, actualmente no se cuenta con la información suficiente para incluirlo como indicador. En su lugar se propone el indicador **capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos** por tipo, que incluye su reuso, reciclaje, tratamiento e incineración como una medida que ofrece una idea del potencial de manejo de este tipo de residuos. La OCDE y la UNCCD no proponen este indicador dentro de sus conjuntos de indicadores ambientales, sino que se orientan a indicadores como gasto en el manejo de residuos (UNCCD, 1996) y tasas de reciclaje (OCDE, 1998).

### ***Remediación de sitios contaminados con residuos peligrosos***

La remediación de sitios se refiere a las medidas a las que se someten los suelos y sitios contaminados para eliminar o reducir la presencia de los contaminantes. Dicho proceso puede resultar difícil y significar costos muy elevados (Semarnat-GTZ, 2002). Por ejemplo, en Love Canal, Nueva York, se destinaron 500 millones de dólares para la limpieza de un área contaminada por compuestos orgánicos, la cual tardó quince años en concluirse (EPA, 2004). La tecnología aplicada depende del tipo y volumen de los residuos. En México, los costos aproximados para la limpieza de 15 sitios en 2002, variaron desde los 30 mil hasta los 312 mil 411 millones de pesos (Semarnat-Profepa, 2000). Ante esta problemática, la Semarnat desarrolla acciones con el objetivo de identificar e inventariar en el territorio nacional los sitios contaminados con residuos peligrosos, evaluando los daños ocasionados al ambiente y estableciendo las prioridades de atención. Lo anterior le permite conocer en detalle la problemática de los sitios y emitir propuestas para su rehabilitación (Semarnat-SGPA, 2003). De esta manera, el indicador de **sitios identificados con residuos peligrosos remediados o en proceso de remediación** se considera como un indicador de la respuesta concreta del sector público y privado en esta materia.

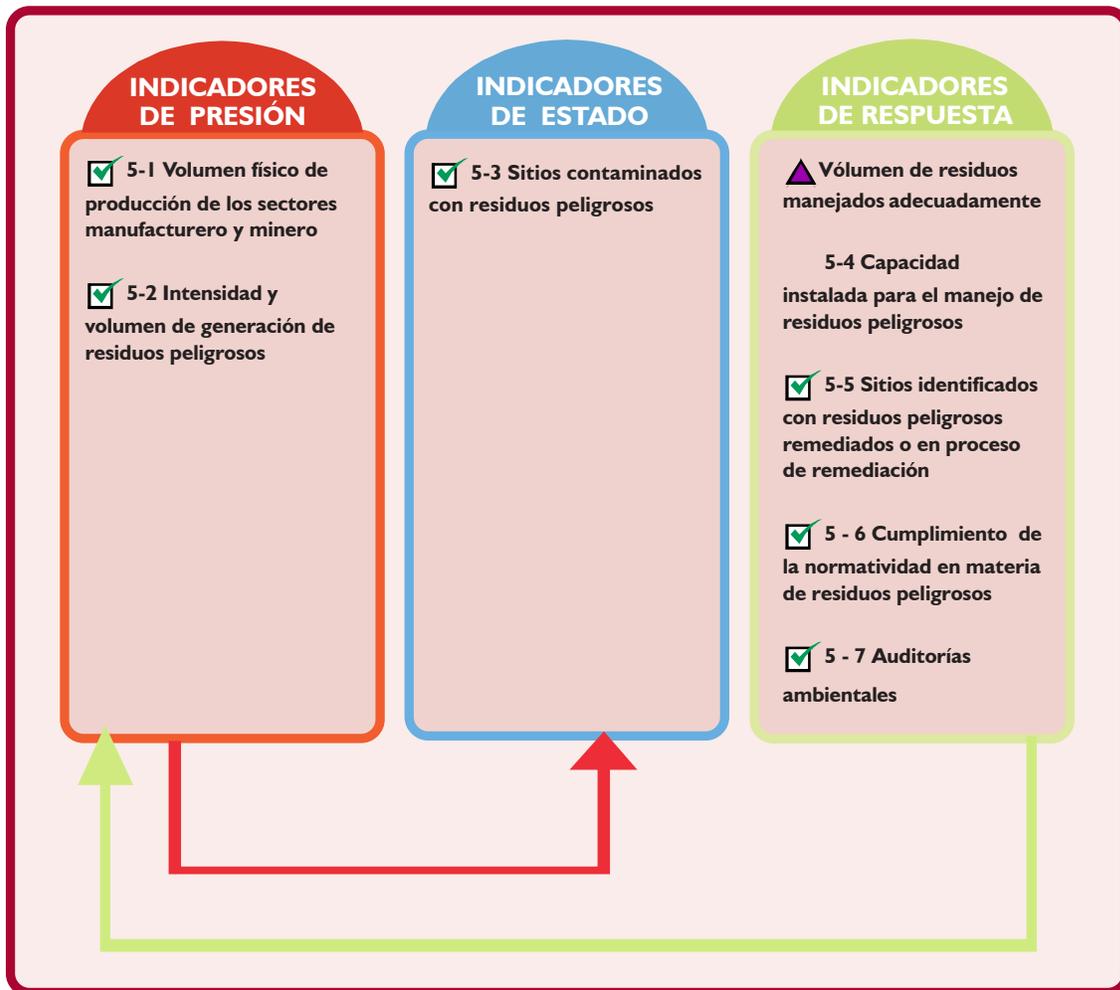
### ***Actividades de inspección y vigilancia en materia de residuos peligrosos***

Mediante los programas de inspección y vigilancia, la Profepa verifica y promueve el cumplimiento de la normatividad en materia de generación, transporte, tratamiento y disposición o confinamiento de residuos peligrosos (Semarnat-Profepa, 2004). Por medio de las visitas de inspección se identifican irregularidades, se dictan medidas correctivas y se imponen clausuras en caso de presentarse irregularidades graves que signifiquen un riesgo inminente de desequilibrio ecológico, daño grave a los recursos naturales y contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas o la salud pública. El indicador **cumplimiento de la normatividad en materia de residuos peligrosos** muestra el resultado de las visitas de inspección, lo que refleja la respuesta que los generadores de residuos peligrosos ofrecen desde el punto de vista del cumplimiento de la normatividad en la materia.

### ***Auditorías ambientales***

Las auditorías ambientales implican acuerdos voluntarios entre las empresas y las autoridades que permiten la revisión de aspectos no regulados por la normatividad, a fin de lograr una gestión integral de las empresas. Incluyen la evaluación de la contaminación del agua, aire y suelo por residuos peligrosos y no peligrosos, así como aspectos de riesgo, higiene y seguridad industrial. Actualmente este instrumento se utiliza rutinariamente en diversos países como Canadá, Estados Unidos, Japón, Australia y el Reino Unido. La aplicación de las auditorías ambientales ha producido dos resultados importantes en materia de residuos peligrosos: la disminución de su generación y la identificación de suelos contaminados (Semarnat y GTZ, 2002; NEC, 2004). En México, la Profepa puso en marcha en 1992 el Programa Nacional de Auditorías Ambientales, en el que se ha registrado a empresas privadas y paraestatales de alto riesgo para posteriormente otorgarles Certificados de Industria Limpia. El indicador ***auditorías ambientales*** denota el interés gubernamental y empresarial en materia del manejo adecuado de residuos peligrosos y otros aspectos ambientales.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Residuos Peligrosos



- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

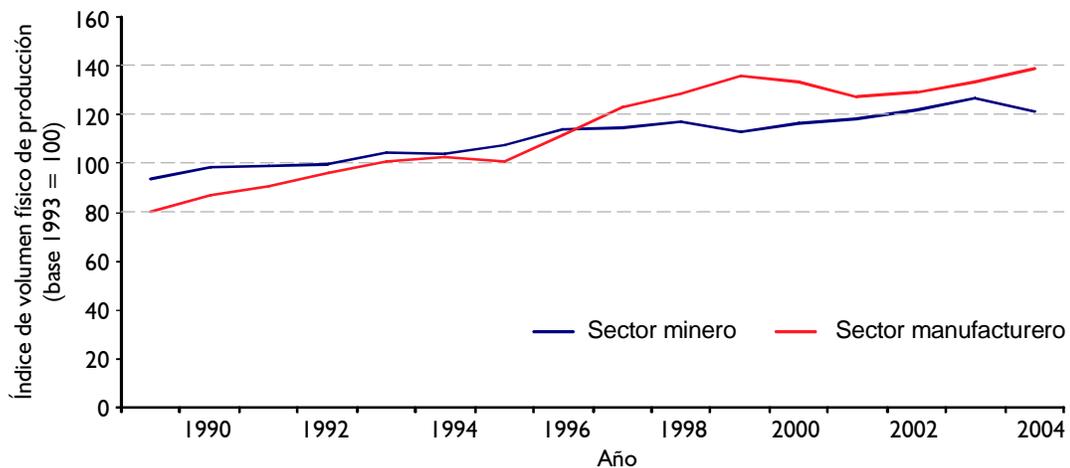
## VOLUMEN FÍSICO DE PRODUCCIÓN DE LOS SECTORES MANUFACTURERO Y MINERO

### Justificación

Los sectores manufacturero y minero son importantes fuentes de residuos peligrosos, que cuando no se manejan adecuadamente representan un alto riesgo para la población. El volumen físico de producción, como medida de los niveles de actividad del sector, refleja el potencial en la generación de residuos peligrosos, y es expresado por medio de un índice que representa el valor económico de la producción.

### Situación / Tendencia

El volumen de producción del sector manufacturero ha crecido 73% en los últimos 16 años, mientras que el sector minero ha tenido un incremento de producción de un 30%. Aunque las tendencias muestran cierto estancamiento en 1994 y 1995, el incremento promedio anual fue de 1.9% para el sector minero y de 3.9 para el manufacturero.



Nota: El valor presentado corresponde al mes de diciembre de cada año. Las cifras a partir de 2002 son preliminares.

### Información complementaria

- Producto interno bruto del sector manufacturero y minero, 1995-2004 (IC 5-1 A)
- Índice de volumen físico de la producción manufacturera por división de actividad económica, 1989-2003 (IC 5-1 B)

### Comentarios al indicador

El Índice de volumen físico de producción representa el valor económico de la producción para una rama de actividad dada. Se obtiene multiplicando la producción física de los bienes por su valor económico, refiriéndolo entonces a un año base. Los niveles y patrones de producción han sido propuestos por la OCDE dentro del conjunto de Indicadores Ambientales hacia el Desarrollo Sustentable como indicadores de presión indirecta en el tema de residuos.

Datos: Tabla Indicador 5-1

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 5-1

## INTENSIDAD Y VOLUMEN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

### Justificación

Los residuos peligrosos que no se manejan de manera adecuada pueden dispersarse en el ambiente, transfiriéndose entre los diversos elementos que integran los ecosistemas, incluido el hombre. La intensidad y la generación total son indicadores de la presión potencial que éstos pueden tener sobre el ambiente.

### Situación / Tendencia

La generación de residuos peligrosos en el año 2000, tanto industriales como biológico-infecciosos, se estimó en 3,705,846 toneladas anuales, con base en la información proporcionada en las manifestaciones de generación de residuos peligrosos. La intensidad, medida como la generación por unidad de Producto Interno Bruto (PIB), fue de 2.51 kilogramos por cada mil pesos. Las entidades federativas con las mayores intensidades de generación fueron Guanajuato, Hidalgo, Tabasco, Michoacán, Tlaxcala, Tamaulipas, Campeche, Oaxaca y Veracruz, en tanto que las que destacaron por su generación fueron Guanajuato, Distrito Federal, Hidalgo, Nuevo León, Michoacán, México, Tamaulipas y Veracruz.

GENERACIÓN' (toneladas por año)	PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) NACIONAL (miles de pesos de 1993)	GENERACIÓN POR UNIDAD DE PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) NACIONAL (kilogramos por mil pesos de 1993)
3 705 846	1 473 660 184	2.51

Nota:

'Reportados a la Semarnat.

### Información complementaria

- Generación total e intensidad de generación de residuos peligrosos por entidad federativa, 2000 **(IC 5-2 A)**
- Intensidad de generación de residuos peligrosos a nivel nacional en dólares, 2000 **(IC 5-2 B)**
- Importación y exportación de residuos peligrosos por tipo, 1995-2002 **(IC 5-2 C)**

### Comentarios al indicador

Sólo se presenta la información correspondiente al año 2000, dado que los datos publicados para los años anteriores se basan en estimaciones con metodologías que no permiten su comparación. Los indicadores de intensidad de generación y volumen de residuos peligrosos forman parte del cuerpo de indicadores ambientales hacia el desarrollo sustentable de la OCDE y de la iniciativa de Indicadores de Desarrollo Sustentable desarrollada por la UNCDS.

**Datos:** Tabla Indicador 5-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 5-2

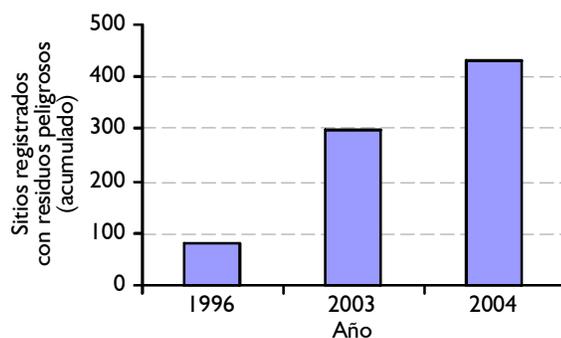
## SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS

### Justificación

Existe una relación positiva entre el riesgo de efectos adversos a la salud y la proximidad de la población a los sitios de depósito de residuos peligrosos. La preocupación social se explica por la asociación de los residuos peligrosos con el cáncer y las malformaciones congénitas, sin embargo, existen otros problemas de salud asociados como las alteraciones mutagénicas, los daños renal y hepático, los problemas neurológicos y las enfermedades respiratorias y de pulmón.

### Situación / Tendencia

Desde 1995 (año en que inició el programa de Identificación y caracterización de sitios abandonados, contaminados con residuos peligrosos) hasta el 2004 se han registrado un total de 432 sitios contaminados (que incluyen aquéllos con y sin responsable). Los principales materiales encontrados son hidrocarburos, escorias, aceites gastados, solventes, metales pesados y residuos biológico-infecciosos.



### Información complementaria

- Sitios abandonados, ilegales y con responsable contaminados con residuos peligrosos y tipo de residuos encontrados por entidad federativa, 1995-1997 y 2000-2003 (**IC 5-3 A**)

**Datos:** Tabla Indicador 5-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 5-3

### Comentarios al indicador

Para interpretar adecuadamente este indicador es importante considerar que el riesgo para la población depende también de factores como la cantidad y características de residuos y de los mecanismos y el tiempo de exposición de la población. Algunas agencias ambientales usan como indicador el número de personas expuestas a residuos peligrosos, como una medida más cercana al riesgo, pero actualmente no se cuenta con esa información. La OCDE recomienda, en forma general, definir los indicadores en los temas de uso y calidad de suelo, así como de contaminación tóxica, mientras que la UNDCS incluye entre sus indicadores el área de suelo contaminada con residuos peligrosos.

## CAPACIDAD INSTALADA PARA

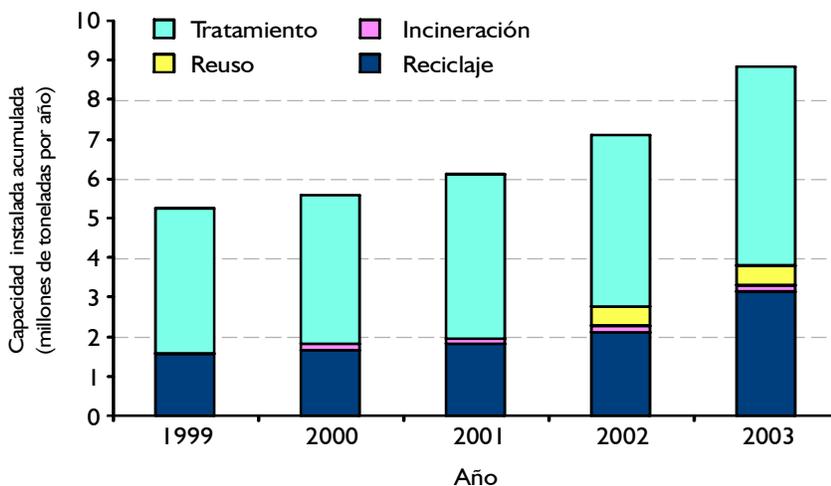
## EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

### Justificación

Las estrategias de reciclaje, reuso, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos son parte fundamental de la política de prevención de la contaminación, ya que mediante este manejo se reducen los volúmenes y/o la peligrosidad de los residuos que se liberan al ambiente. El buen desarrollo de estas estrategias depende, en gran parte, de la existencia de la infraestructura necesaria para los procesos.

### Situación / Tendencia

La capacidad total se incrementó 68% de 1999 al año 2003. Mientras la capacidad de reciclaje se incrementó en un 97% y la de tratamiento en un 37%, la capacidad de incineración y reuso se incrementó proporcionalmente más (cuatro ordenes de magnitud), sin embargo aún la capacidad instalada es menor que la existente para tratamiento y reciclaje. Del total de la capacidad instalada a nivel nacional el 57% corresponde a tratamiento, mientras que el 35% al reciclaje. Sólo para dar una referencia de las magnitudes presentadas, debe considerarse que la generación anual de residuos peligrosos estimada es de cerca de 3.7 millones de toneladas al año.



### Información complementaria

- Capacidad instalada, por tipo de tratamiento, para el manejo de residuos industriales peligrosos por entidad federativa, 2000-2003 (IC 5-4 A)
- Iniciativas de minimización de residuos peligrosos (IC 5-4 B)

### Comentarios al indicador

En los conjuntos de indicadores ambientales de la OCDE y de desarrollo sustentable de la UNCDs, el indicador referente a manejo de residuos peligrosos es la tasa de reuso y reciclaje, pero al no contar con la información suficiente, el indicador más aproximado es la capacidad instalada de manejo por tipo, que incluye el reuso, reciclaje, tratamiento e incineración.

Datos: Tabla Indicador 5-4

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 5-4

## SITIOS IDENTIFICADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS REMEDIADOS O EN PROCESO DE REMEDIACIÓN

5-5

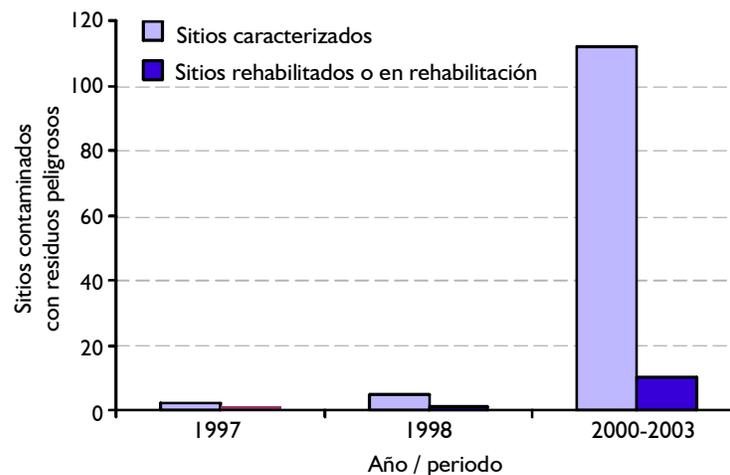
RESPUESTA

### Justificación

Junto con la identificación de sitios contaminados con residuos peligrosos se realiza la evaluación preliminar de daños ambientales, lo que proporciona un panorama general de la situación, tanto legal como ambiental, de los suelos identificados. Esto permite su jerarquización, caracterización y propuesta de alternativas viables para su rehabilitación. De esta manera, tanto la caracterización de los sitios como las acciones de rehabilitación representan acciones concretas de respuesta.

### Situación / Tendencia

El mayor número de sitios caracterizados y rehabilitados (o en proceso de rehabilitación) dentro del periodo 1997-2003 se dio entre los años de 2000 y 2003. Esto se explica por la puesta en marcha del programa de “Desarrollo Institucional para la Gestión de Sitios Contaminados” (2000-2006), elaborado por la Semarnat en colaboración con la Agencia Alemana de Tecnología Ambiental (GTZ, por sus siglas en alemán). Dicho programa tiene como objetivo elaborar inventarios y programas actualizados para la identificación, evaluación y atención de sitios contaminados con residuos peligrosos.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 5-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 5-5

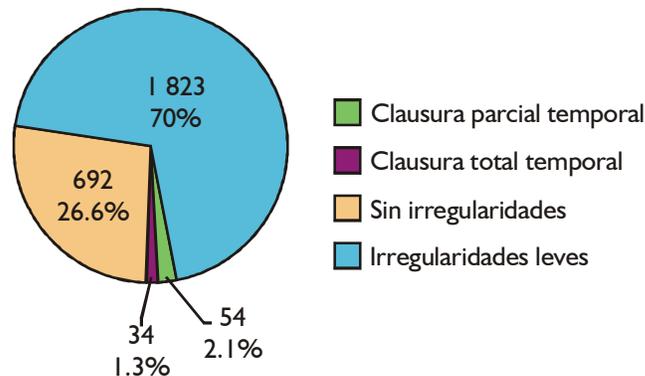
## CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

### Justificación

Mediante las visitas de inspección se detectan irregularidades en el cumplimiento de la ley, se dictan medidas correctivas y, en caso de presentarse irregularidades graves, se imponen clausuras. Los resultados de estas visitas proporcionan una evaluación de la respuesta de los generadores de residuos peligrosos desde el punto de vista del cumplimiento de la normatividad.

### Situación / Tendencia

A nivel nacional en el año 2003, el 26.6% de los establecimientos visitados cumplieron con la normalidad respectiva, el 70% presentó irregularidades leves y el 3.4% reportó irregularidades graves, lo que motivó su clausura. Las entidades federativas que presentaron el mayor número de irregularidades de gravedad fueron el Estado de México (41 clausuras) y Puebla. Los estados que tuvieron el mayor porcentaje de visitas sin irregularidades fueron Tlaxcala (67.2%), Baja California Sur (63.6%), aunque tan sólo reportó 11 visitas y Nuevo León (60.5%).



### Información complementaria

- Cumplimiento en la normatividad en materia de residuos peligrosos en las visitas de verificación por entidad federativa, 2003 (IC 5-6 A)
- Cumplimiento en la normatividad en materia de residuos peligrosos en las visitas de verificación, 2003 (IC 5-6 B)

### Comentarios al indicador

Las medidas correctivas impuestas en las visitas de inspección se vigilan mediante las visitas de verificación. Los resultados presentados sólo incluyen las primeras, ya que muestran el estado en que se encuentran las instalaciones con anterioridad a las visitas de Profepa, lo que permite interpretar su resultado como una muestra del universo conformado por el total de los generadores de residuos peligrosos

**Datos:** Tabla Indicador 5-6

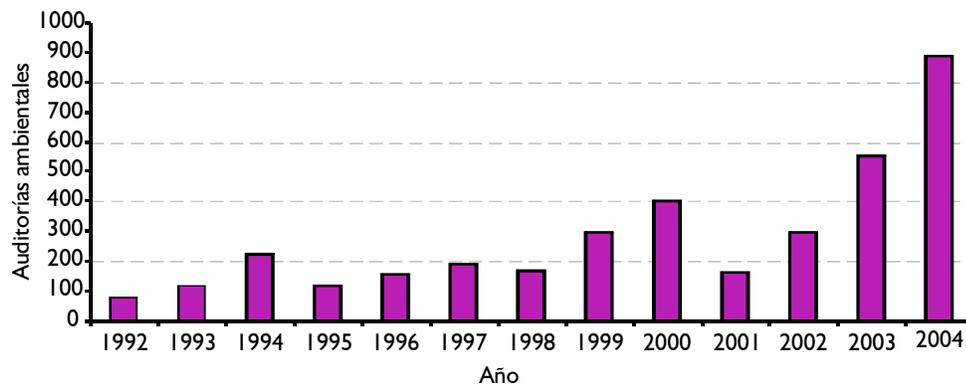
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 5-6

**Justificación**

Las auditorías ambientales implican acuerdos voluntarios entre las empresas y la autoridad que permiten la consideración de aspectos no regulados por la normatividad. Las auditorías conllevan a dos resultados importantes en materia de residuos peligrosos, por un lado, la disminución de su generación, y por otro, la identificación de suelos contaminados con estos residuos, los cuales son difíciles de identificar en visitas de inspección convencionales, ya que requieren muestreos adecuados y análisis de suelos.

**Situación / Tendencia**

Desde 1992 hasta el 2004 se tiene, a nivel nacional, un total de 3 mil 649 auditorías ambientales registradas, con un promedio anual de 281 auditorías. El indicador muestra una tendencia de incremento en el número de auditorías a finales de cada sexenio (1994 y 2000). El mayor número de auditorías registradas del periodo se observó en el año 2004. De acuerdo con la información complementaria del indicador, los estados con mayor número de auditorías fueron Veracruz, el Distrito Federal y Zona Metropolitana, Chihuahua y Tamaulipas (cada uno con más de 200 auditorías acumuladas en el periodo 1992-2004).

**Información complementaria**

- Instalaciones paraestatales en el Programa Nacional de Auditorías Ambientales, 2003 (IC 5-7 A)
- Auditorías ambientales a industrias por entidad federativa, 1992-2004 (IC 5-7 B)
- Instalaciones industriales dadas de baja como resultado de auditorías ambientales, 1996-2004 (IC 5-7 C)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no aparece en los conjuntos de indicadores internacionales. Se incluye porque refleja un esfuerzo importante tanto del sector público como privado en la materia. Es una aproximación al indicador más directo, que sería la reducción de generación de residuos peligrosos resultado de mejores prácticas ambientales en los procesos productivos.

**Datos:** Tabla Indicador 5-7

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 5-7

An underwater photograph featuring a prominent fish with vertical black, white, and yellow stripes, swimming near a large, branching red coral structure. The background is filled with various other coral species and marine life, creating a rich, diverse ecosystem. The lighting is natural, highlighting the textures and colors of the marine environment.

**BIODIVERSIDAD**

**BIODIVERSIDAD**

La situación geográfica de México, su variedad de climas, topografía e historia geológica han producido una de las riquezas biológicas más importantes del planeta. Alrededor del 10 por ciento de la diversidad terrestre habita el territorio, lo que nos convierte en uno de los cinco países más ricos en especies de plantas y anfibios, el primero en reptiles y el segundo en mamíferos (Mittermeier y Goettsch, 1992). En diversidad de ecosistemas, México ocupa, junto con Brasil, el primer lugar en América Latina (Dinerstein *et al.*, 1995), y a nivel mundial tan sólo India y Perú poseen una cubierta vegetal de diversidad semejante (Rzedowski, 1998). Además, es uno de los centros de domesticación de plantas más importantes en el mundo, con 118 especies, muchas de ellas con un valor alimenticio trascendental como el maíz y el frijol (Conabio, 1998). De esta manera, en los tres niveles en que se expresa la diversidad biológica (ecosistemas, especies y genes), México posee una riqueza invaluable.

Las especies y los ecosistemas brindan una gran cantidad de bienes y servicios ambientales; la variedad de alimentos, madera para muebles, papel, leña, fibras naturales, los principios activos de los productos farmacéuticos y naturistas, las resinas y los tintes son sólo algunos ejemplos (Arriaga *et al.*, 1998, 2000; Burke *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000). Además, los ecosistemas realizan servicios fundamentales que mantienen la vida; estos servicios incluyen la purificación del agua y el aire, la descomposición y detoxificación de los residuos, la regulación del clima, la fertilidad del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad, entre otros (Daily *et al.*, 1997; UNDP *et al.*, 2000; Schuyt y Brander, 2004). No obstante, el deterioro ambiental del país pone en riesgo la persistencia y continuidad de los bienes y servicios ambientales.

México ha perdido un porcentaje muy importante de la superficie original de sus ecosistemas primarios y, con ello, varias decenas de sus especies de plantas y animales, dejando otras tantas en condiciones de vulnerabilidad. Aunque las amenazas a la biodiversidad del país son múltiples, se reconoce que la transformación de los ecosistemas naturales, la sobreexplotación de las poblaciones silvestres, la degradación del ambiente y la introducción de especies exóticas son las que producen los mayores impactos (Conabio, 1998; Arriaga *et al.*, 1998, 2000).

La falta de atención durante largo tiempo a los temas ambientales en las políticas de desarrollo, la implementación de políticas de corto alcance para la solución de problemas económicos y sociales y la insuficiencia de gasto federal en el sector, han contribuido directa o indirectamente al deterioro del medio ambiente nacional. Actualmente existen, sin embargo, numerosas iniciativas gubernamentales encaminadas a la salvaguarda y recuperación de la riqueza biológica del país. El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, los Proyectos de Conservación y Recuperación de Especies Prioritarias, las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), además de múltiples esfuerzos en materia de normatividad y de inspección y vigilancia son sólo algunos ejemplos.

En el presente capítulo se proponen indicadores que intentan reflejar el estado de la biodiversidad mexicana y la magnitud de las presiones que la afectan. Asimismo, se incluyen indicadores de respuesta con las acciones gubernamentales orientadas a proteger y revertir, cuando ha sido posible, el deterioro de los ecosistemas y las poblaciones de muchas especies. Dada la naturaleza, amplitud y dinámica del tema, se abordaron sólo dos de los niveles de la biodiversidad: los ecosistemas y las especies. Aun cuando la diversidad genética de las especies mexicanas debe ser considerable, dada la heterogeneidad ambiental y la extensión del territorio, existe poca información publicada al respecto. En este sentido no ha sido posible conformar un sistema de indicadores dirigido a la evaluación de las presiones, el estado y la respuesta en ese otro importante nivel de la biodiversidad.

En este trabajo se han considerado en secciones distintas a los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos continentales, en gran parte debido a las diferencias y naturaleza de las presiones que los impactan; además, se han agregado apartados especiales para las comunidades biológicas o grupos de especies que, por su relevancia o problemática específica, merecen atención particular. Finalmente, puesto que algunos de los indicadores de las actividades económicas y sociales tratadas en capítulos previos y posteriores también tienen repercusiones sobre la biodiversidad, ha sido necesario incluirlos aquí, lo cual seguramente complementará y enriquecerá la visión general de tan relevante tema. Sin embargo, con objeto de no duplicar la información, será necesario que el lector interesado en consultarlos se remita a los capítulos en los que aparecen desarrollados en toda su extensión.

Las zonas terrestres cubren aproximadamente el 30 por ciento de la superficie del globo, es decir, cerca de 150 millones de kilómetros cuadrados. En esa superficie, las complejas interacciones entre el clima, la radiación solar, la geología y los suelos, entre otros factores, han hecho posible el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas con ensamblajes distintos de especies animales y vegetales. Aun cuando los ecosistemas terrestres albergan un menor número de *phyla* que los océanos, su riqueza es considerablemente mayor si se piensa que tan sólo el total de especies que los habitan (Groombridge y Jenkins, 2002). La diversidad de ecosistemas terrestres en México es comparable a la de Brasil (Dinerstein *et al.*, 1995) y, a nivel mundial, tan sólo India y Perú poseen una diversidad semejante en su cubierta vegetal (Rzedowski, 1998). En el país pueden encontrarse selvas altas y bajas, bosques templados de coníferas y latifoliadas, bosques mesófilos de montaña, matorrales xerófilos, humedales y pastizales naturales, entre muchos otros tipos de vegetación, que albergan una gran riqueza de especies y que colocan a México como uno de los cinco países más diversos en el planeta.

Los ecosistemas terrestres son los proveedores más importantes de productos para la subsistencia y desarrollo de la humanidad, y ofrecen también una amplia gama de servicios ambientales de los que la sociedad se ha beneficiado directa o indirectamente. De los ecosistemas terrestres se extraen muchos tipos de alimentos (tanto vegetales como animales), madera, fibras, combustibles, materiales de construcción y principios activos con propiedades medicinales, entre otros (Conabio, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002). Algunos de los servicios ambientales básicos que aportan son la conservación de la biodiversidad, la captación de carbono, la formación y estabilización del suelo, el control de la erosión, la protección de las cuencas hidrológicas y la degradación de los desechos orgánicos (CBD, 2002; Groombridge y Jenkins, 2002; Pagiola *et al.*, 2003). A todo ello debe agregarse su valor estético, científico y cultural, así como su uso con fines recreativos.

El desarrollo de las sociedades humanas y su inherente necesidad de generar bienes y servicios ha ejercido una importante presión sobre los ecosistemas terrestres mundiales. Estimaciones de la fracción de tierras transformadas o degradadas por las actividades humanas colocan la cifra entre el 33 y 50 por ciento de la superficie terrestre mundial (Vitousek *et al.*, 1997). En la actualidad, los principales factores que amenazan a los ecosistemas terrestres son el cambio del uso del suelo (impulsado principalmente por la expansión de la frontera agropecuaria y urbana), el crecimiento demográfico y de infraestructura (e.g., carreteras, redes eléctricas y represas), los incendios forestales, la sobreexplotación de los recursos naturales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático global (Vitousek *et al.*, 1997; Walker y Steffen, 1997; Conabio, 1998; FAO, 2001; CBD, 2002; Groombridge y Jenkins, 2002; PNUMA, 2003). Como consecuencia de la pérdida o degradación de estos ecosistemas, se alteran su funcionamiento y sus interacciones con la atmósfera y los ecosistemas acuáticos (tanto marinos como dulceacuícolas), se modifican los ciclos biogeoquímicos y se reducen o extinguen poblaciones de especies sensibles (Vitousek *et al.*, 1997; Groombridge y Jenkins, 2002).

Ante la alarmante pérdida y degradación de la superficie vegetal natural, en México y el mundo se han implementado distintas estrategias tendientes a eliminar o reducir las presiones que la amenazan, mitigar sus efectos e, incluso, revertir su deterioro. Estas estrategias han seguido distintas líneas: una de ellas se orienta a la conservación de la integridad de los ecosistemas y de los servicios ambientales que brindan, siendo el más claro ejemplo la creación de áreas naturales protegidas federales y estatales. Existen además otros programas que, si bien sus objetivos centrales no contemplan la preservación de la biodiversidad terrestre, promueven su conservación, como es el caso del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), descrito en el capítulo de “Agua” en esta publicación. También se han implementado programas cuyo objetivo principal ha sido el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres, sobresaliendo el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), que se presenta dentro de la sección de “Especies” en el presente capítulo y que, de manera indirecta, conserva aquellos ecosistemas donde habitan las especies objetivo. En esta

línea existen programas de otros sectores (forestal, principalmente) que hacen posible el uso racional de la biodiversidad de los bosques nacionales, como son el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales (Procymaf), descritos en el capítulo de “Recursos Forestales”. Finalmente, la última línea está encaminada a la recuperación de la cubierta vegetal nacional, en especial por medio de la reforestación, a través del Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref); este programa también se incluye dentro del conjunto de indicadores del capítulo de “Recursos Forestales”.

### **Cambio de uso del suelo**

La presión que genera la producción de bienes y servicios ha intensificado la pérdida y deterioro de los ecosistemas terrestres por el cambio de uso del suelo. Éste es quizá el factor más importante que amenaza la integridad y permanencia de los ecosistemas terrestres y de su biodiversidad en México y el mundo (Vitousek *et al.*, 1997; Walker y Steffen, 1997; Conabio, 1998; Semarnat, 2003). Las actividades que mayormente promueven el cambio en el uso del suelo son la agricultura y la ganadería; le siguen en importancia el crecimiento urbano y de la infraestructura de comunicaciones y otros servicios (Conabio, 1998). La actividad agropecuaria genera la reducción de bosques y selvas (deforestación) o de otros ecosistemas (matorrales, por ejemplo) por la apertura de terrenos para la cría de ganado (Conabio, 1998; FAO, 2001; OCDE, 2003; Semarnat, 2003) o bien por las prácticas agrícolas que demandan nuevos espacios (Conabio, 1998; PNUMA, 2003; Semarnat, 2003).

Las consecuencias del cambio de uso del suelo conllevan necesariamente a la pérdida de biodiversidad (Vitousek *et al.*, 1997; Walker y Steffen, 1997; Groombridge y Jenkins, 2002), debido a que la reducción de las superficies de los ecosistemas tiene como resultado la disminución de tamaño de las poblaciones silvestres, lo cual las hace más susceptibles a procesos de extinción local y global de la flora y fauna. A nivel de paisaje, el proceso de eliminación de superficies cubiertas por ecosistemas naturales se refleja en patrones de fragmentación, que se ha demostrado tiene efectos negativos sobre la biodiversidad (Forman y Alexander, 1998). El cambio de uso del suelo también promueve la degradación del ambiente debido, principalmente, al deterioro de las propiedades y características del suelo, así como por la modificación de las condiciones de temperatura, humedad y luz, que en algunos casos pueden impedir la regeneración de la vegetación natural (Conabio, 1998; WRI, 2000). El indicador **cambio de uso del suelo** sirve entonces para denotar la presión que este fenómeno ejerce sobre algunos de los principales ecosistemas terrestres nacionales. Este indicador está considerado dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (ONU, 2004), en la iniciativa de integración ambiental de la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Ministerio de Medio Ambiente de España y la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS, 2000).

### **Crecimiento demográfico**

En el año 2000, México era el undécimo país más poblado del planeta, el tercero del continente americano (después de Estados Unidos y Brasil) y el duodécimo por su contribución al crecimiento de la población del planeta (Semarnat, 2003). Su acelerado crecimiento demográfico, la distribución asimétrica de su población en el territorio, los fenómenos migratorios y el establecimiento de nuevas comunidades en zonas deshabitadas pueden repercutir de manera importante en el estado de los ecosistemas terrestres nacionales. El crecimiento demográfico, por ejemplo, daña indirectamente a los ecosistemas terrestres por la presión que ejercen las poblaciones humanas sobre los recursos naturales, por la construcción de infraestructura y por el incremento en la generación de residuos municipales e industriales (Groombridge y Jenkins, 2002; PNUMA, 2003). Esto puede traducirse en la sobreexplotación de las poblaciones locales de muchas especies comerciales, en la alteración y destrucción de los hábitats y en la contaminación de los suelos y las aguas superficiales; todo ello con importantes consecuencias en la estructura y función de muchos ecosistemas terrestres, y en su biodiversidad.

Debe señalarse que el impacto que ejerce la población difiere entre los sectores urbano y rural. Mientras que los impactos que produce la población rural son menores (en virtud de sus patrones de consumo, destino de sus desechos, etc.), en el caso de la población urbana los impactos pueden ser sustancialmente mayores (mayor consumo y demanda de servicios y producción de desechos). La **población total, urbana y rural** en el país refleja la magnitud de la presión que la población humana podría

ejercer sobre los diversos ecosistemas terrestres. Este indicador se encuentra desarrollado dentro del capítulo de “Agua” en la sección de “Disponibilidad”. Las tasas de crecimiento poblacional están consideradas como indicadores de presión dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y la OCDE.

### **Crecimiento de la infraestructura carretera**

Una de las necesidades básicas para el desarrollo social y económico de un país es la construcción de un sistema de caminos y carreteras que permita el tránsito de la población y el movimiento de productos dentro de su geografía. Sin embargo, el crecimiento de esta infraestructura puede repercutir en el estado de la biodiversidad, tanto local como regionalmente (Forman y Alexander, 1998). Algunos de los impactos directos son la pérdida y alteración del hábitat, la mortalidad de los animales en las carreteras (sobre todo mamíferos, aunque también afecta a otros grupos), el ruido intensificado (que en algunos casos puede afectar la vida silvestre a muchos metros en ambos lados de la carretera) y el derrame de contaminantes (Forman y Alexander, 1998; CE, 2001; PNUMA, 2003). Las carreteras también producen los llamados “efectos barrera”, que se observan en la dificultad de la fauna para cruzar las rutas de transporte, reduciendo o eliminando el flujo de genes dentro de las poblaciones (Forman y Alexander, 1998). Por otro lado, la fragmentación de los ecosistemas también es resultado del crecimiento de la infraestructura carretera. Los fragmentos remanentes se hacen más susceptibles a su degradación y se favorece, entre otros aspectos, la invasión de especies exóticas. Finalmente, otra de las consecuencias es el crecimiento urbano en forma desordenada a lo largo del territorio, principalmente por el establecimiento irregular de comunidades, las cuales afectan los recursos naturales y los ecosistemas por el desmonte, la sobreexplotación de recursos y la contaminación de los cuerpos de agua, entre otros (EPA, 1999). El indicador **crecimiento de la red de carreteras** señala la presión que su expansión puede generar en los ecosistemas naturales terrestres. Este indicador forma parte del sistema de indicadores ambientales de la OCDE, donde se incluye como indicador de presión indirecta. También se menciona como parte de la información del Análisis del Desempeño Ambiental de México ante la OCDE. Además, está contemplado dentro de la lista de Indicadores de Impactos Ambientales por el Transporte de la EPA.

### **Incendios forestales**

Los incendios forestales ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica de muchos ecosistemas forestales del mundo, sobre todo en los bosques templados. Los incendios influyen en los procesos que determinan la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo y promueven los procesos de sucesión ecológica que ayudan al mantenimiento de la biodiversidad (Matthews *et al.*, 2000; SCBD, 2001). Sin embargo, en la actualidad y debido en gran parte a las actividades y control humanos, los patrones naturales de ocurrencia de incendios se han modificado. Ahora muchos de los incendios forestales ocurren en zonas que anteriormente no sufrían de fuegos, mientras que se han suprimido en zonas que presentaban regímenes periódicos de fuego (SCBD, 2001; Castillo *et al.*, 2003).

Los factores que mayormente inciden en el incendio de las masas forestales a nivel mundial son la tala sostenida de bosques y el empleo del fuego para la habilitación de terrenos cultivables; sin embargo, también los incendios previos, la condición del arbolado, las fogatas y la quema de basura favorecen su ocurrencia (Conabio, 1998; SCBD, 2001; Cochrane, 2002; Castillo *et al.*, 2003; PNUMA, 2003). Sus efectos sobre los ecosistemas son diversos y dependen de la intensidad y frecuencia de los incendios. El efecto más destacado es la remoción de la biomasa vegetal en pie, que, junto con la eliminación de los renuevos de las poblaciones de las especies arbóreas, retrasa o interrumpe la regeneración natural, además de que propicia la invasión de plagas y enfermedades forestales (Matthews *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2003). El efecto directo del fuego sobre la fauna es la muerte, mientras que entre los efectos indirectos pueden mencionarse la pérdida del hábitat, de territorio y de zonas de

alimentación, así como el desplazamiento de mamíferos y aves territoriales (SCBD, 2001; Castillo *et al.*, 2003). Todo lo anterior ocasiona alteraciones en las cadenas tróficas y en el balance natural de los ecosistemas (SCBD, 2001; Castillo *et al.*, 2003). El indicador **incendios forestales y superficie afectada** es útil para denotar la presión que estos eventos tienen sobre los ecosistemas terrestres nacionales. Este indicador se desarrolla en la presente publicación dentro del capítulo de “Recursos Forestales”. También es utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2003) y en el *Report on Sustainable Development Indicators* de Grecia (NCESD, 2003).

### **Especies invasoras**

Si bien el movimiento de especies de una región a otra puede ser un fenómeno natural, la actividad humana ha incrementado enormemente la frecuencia con la que sucede, debido en gran parte al movimiento global de productos. Las especies invasoras son aquellas que pueden catalogarse como nuevas en una región y que pueden tener un impacto negativo, ya sea ecológico, social o económico (Mooney, 2000). Actualmente se reconoce que la introducción de especies invasoras, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en el planeta (EPA-Australia, 2003). Las especies invasoras pueden competir directamente con las especies nativas por el uso del hábitat y recursos, lo que puede ocasionar la extinción local de especies nativas (Mooney, 2000). El indicador **especies invasoras en los ecosistemas terrestres nacionales** denota la presión que este problema puede ejercer en los ecosistemas terrestres del país.

### **Cambio climático global**

El cambio climático global, resultado de la variabilidad interna del sistema climático y de factores externos (tanto naturales como producto de las actividades humanas), se ha manifestado en el medio terrestre por el calentamiento de la temperatura media superficial global en 0.6°C en los últimos cien años (IPCC, 2001). La precipitación también se incrementó entre 5 y 10 por ciento en las altitudes medias y altas del hemisferio norte, y se redujo en 3 por ciento en promedio en las zonas subtropicales. La cobertura de nieve y la extensión de los hielos disminuyeron en cerca del 10 por ciento en el hemisferio norte desde finales de los años sesenta. Asimismo, los fenómenos de El Niño se hicieron más frecuentes, persistentes e intensos desde la mitad de los años setenta en comparación con los cien años previos (IPCC, 2001).

Algunos de los efectos asociados al cambio climático que se han registrado en las especies de los ecosistemas terrestres son: alteraciones en los periodos de emergencia, crecimiento y reproducción de invertebrados, así como en las fechas de inicio de la reproducción y la puesta de los huevos en aves; cambios en la temporada de migración de insectos y aves, y en las áreas de distribución de mariposas; aumento en las explosiones de plagas y enfermedades; cambios en morfología, fisiología y comportamiento de algunas especies de animales, y el florecimiento temprano y alargamiento de la temporada de crecimiento de algunas especies de plantas, entre otros (IPCC, 2001). En la caso de la cubierta vegetal, los bosques de Alaska se han expandido hacia el norte, la composición vegetal de la tundra (especialmente de líquenes y otras herbáceas) se ha modificado en algunos lugares y el área incendiada en los bosques boreales se duplicó en las últimas décadas del siglo XX. En este sentido, las predicciones de los expertos señalan cambios importantes a nivel global en los patrones de distribución y de diversidad en los ecosistemas, tanto terrestres como marinos y dulceacuícolas. De igual manera se ha predicho la extinción de especies incapaces de adaptarse (por medio de migraciones u otros cambios) a las nuevas condiciones ambientales. Para el caso de México, aunque Townsend y colaboradores (2002) no predicen extinciones numerosas o cambios drásticos en las distribuciones de las especies de animales, sí señalan que se acentuará el recambio en la composición de especies en algunas comunidades (mayor al 40 por ciento de las especies), siendo los bosques templados de pino y encino los ecosistemas más amenazados del país (Magaña y Gay, 2002). La *variación de la temperatura global* sirve como indicador para denotar la presión que este fenómeno puede ejercer en los ecosistemas terrestres nacionales. Este indicador se encuentra desarrollado en la sección de “Cambio Climático”, dentro del capítulo de “Atmósfera”.

### **Extensión de los ecosistemas terrestres**

La **extensión de los ecosistemas terrestres naturales** es indicativa del estado actual de la biodiversidad terrestre de un país. Se espera que grandes extensiones de ecosistemas alberguen un mayor número de especies y, a la vez, mantengan poblaciones viables, que los mismos ecosistemas con superficies reducidas. El grado de conservación también afectaría su biodiversidad presente, de tal modo que aquellos con vegetación primaria predominante podrían albergar un mayor número de especies que aquellos donde estén presentes grandes extensiones de vegetación secundaria. Este indicador también es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2003), por la OCDE en su *Key Environmental Indicators* (OECD, 2004), en el *UK Government's Indicators of Sustainable Development* de la Gran Bretaña (DEFRA, 2004), en el *Report on Sustainable Development Indicators* de Grecia (NCESD, 2003) y dentro de la *Denmark's National Strategy for Sustainable Development* (Danish Government, 2003).

### **Especies terrestres mexicanas en riesgo**

Como consecuencia de la falta de datos respecto al estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador **especies terrestres mexicanas en riesgo** se utiliza entonces como indicador del estado de la biodiversidad de algunos de los grupos taxonómicos presentes en los ecosistemas terrestres del país. El uso del número de especies amenazadas es ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

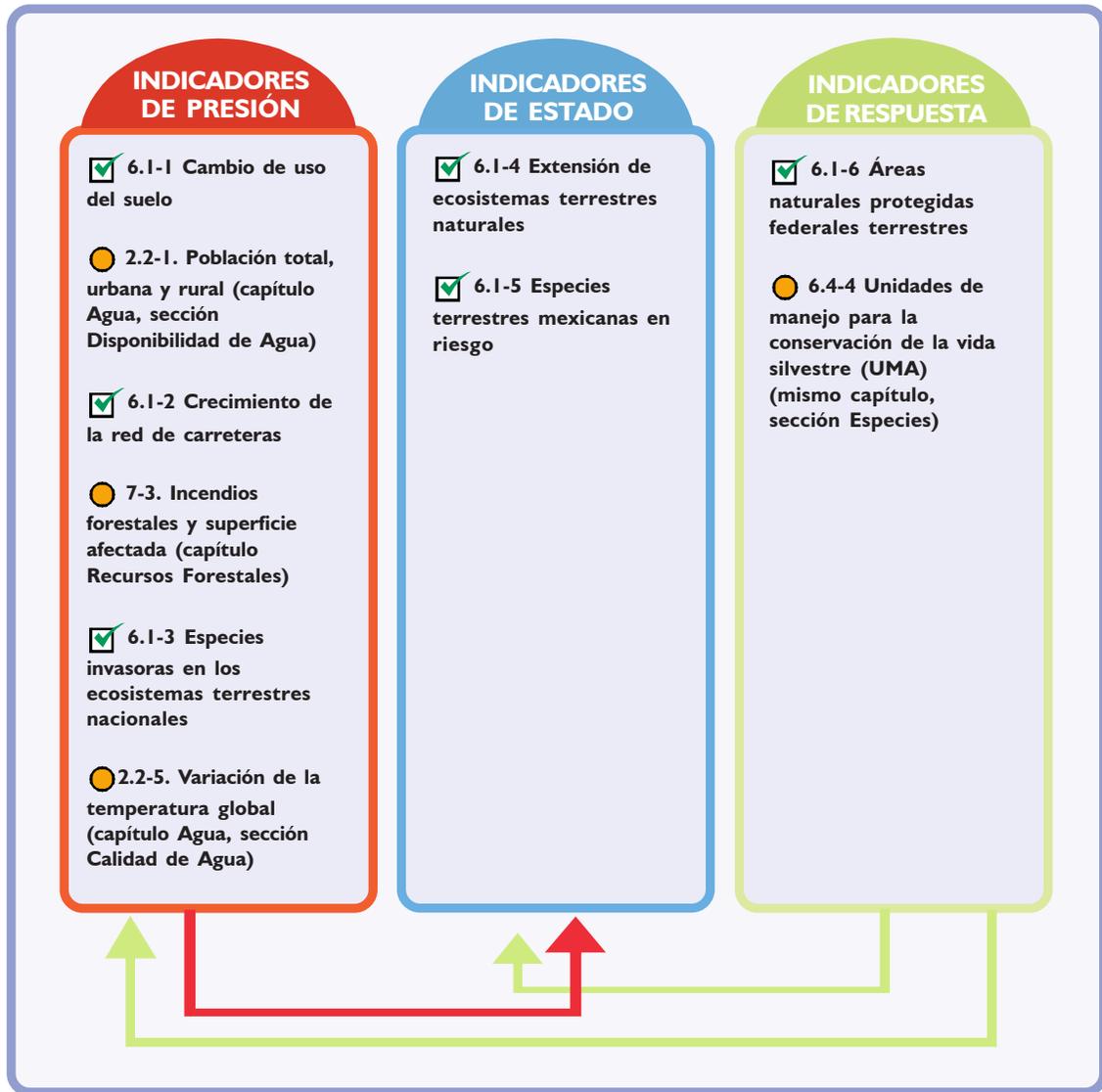
### ***Áreas naturales protegidas federales terrestres***

La creación de áreas naturales protegidas (ANP) es una de las estrategias de política ambiental de conservación más utilizada (UICN y PNUMA, 1990). Las ANP tienen como función primordial la protección de la flora y fauna, de los recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos de una región o país, por lo que el número y superficie cubierta por las **áreas naturales protegidas federales terrestres** refleja directamente el esfuerzo de las medidas gubernamentales federales encaminadas a salvaguardar la biodiversidad y los servicios ambientales que brindan los ecosistemas naturales (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). Estos indicadores han sido ampliamente utilizados por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

### ***Programas para el uso sustentable de la biodiversidad***

Una de las estrategias orientadas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad terrestre es el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), implementado en 1997 por la Semarnap. Desde su creación, estas unidades han buscado generar oportunidades para el aprovechamiento de la vida silvestre de manera legal y sustentable, a la vez que promover esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, a partir del uso racional, ordenado y planificado de los recursos renovables que contienen, frenando o revirtiendo los procesos de deterioro ambiental (Semarnat, 2003). Dentro de este programa están las llamadas UMA extensivas, con esquemas extractivos (como los ranchos cinegéticos) y los no extractivos (como los que se dedican solamente al ecoturismo), los cuales, además de fomentar el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, protegen a los ecosistemas en los que se encuentran los organismos aprovechados. El indicador **unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)** denota uno de los esfuerzos gubernamentales encaminados a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad nacional. Este indicador se encuentra desarrollado en este mismo capítulo dentro de la sección “Especies”.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Terrestres



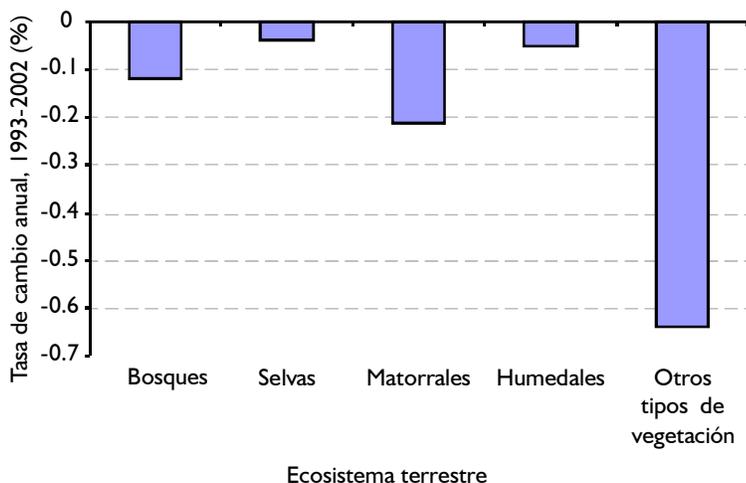
- ✓ Indicador presente en este capítulo o una de sus secciones
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

**Justificación**

La presión que genera la producción de bienes y servicios ha intensificado la pérdida y deterioro de los ecosistemas terrestres por el cambio de uso del suelo. El cambio de uso del suelo es quizá el factor más importante que amenaza la integridad y permanencia de los ecosistemas terrestres y de su biodiversidad. Las actividades que mayormente promueven el cambio en el uso del suelo son la agricultura y la ganadería; le siguen en importancia el crecimiento urbano y de la infraestructura de comunicaciones y otros servicios.

**Situación / Tendencia**

Durante el periodo 1993-2002, las selvas redujeron su superficie en cerca de 3 mil 590 kilómetros cuadrados, a una tasa de cambio anual del 0.04%; los bosques perdieron mil 100 kilómetros cuadrados (0.12% anualmente), los matorrales cerca de 9 mil 858 kilómetros cuadrados (0.21% anualmente), los humedales 92 kilómetros cuadrados (0.05% anual) y otros tipos de vegetación (dentro de los que se incluyen el pastizal natural, la vegetación halófila y gipsófila, vegetación de galería, chaparral y el matorral submontano, entre otros tipos) se redujeron cerca de 13 mil 330 kilómetros cuadrados, a una tasa anual del 0.64%.



**Información complementaria**

- Superficie agrícola sembrada, 1980-2003 (IC 6.1-1 A)
- Superficie ganadera, 2000 (IC 6.1-1 B)

**Comentarios al indicador**

Este indicador está considerado dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas, así como en la iniciativa de integración ambiental de la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Ministerio de Medio Ambiente de España y por la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas.

**Datos:** Tabla Indicador 6.1-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.1-1

**Fuentes:** Elaboración propia con datos de: INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II 1993. México. INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie III 2002. México. 2003.

## CRECIMIENTO DE LA RED DE CARRETERAS

6.1-2

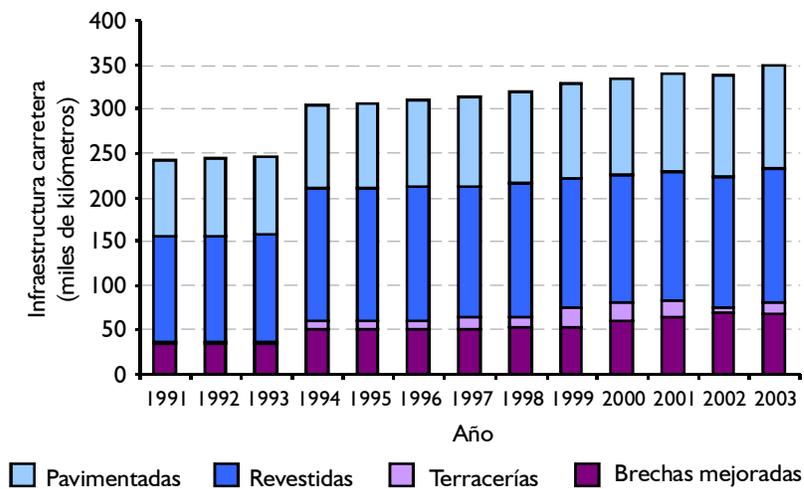
PRESIÓN

### Justificación

Entre los impactos directos del crecimiento de la red de carreteras están la pérdida y alteración del hábitat, su fragmentación, la mortalidad de los animales (sobre todo mamíferos, aunque afecta también a otros grupos), el ruido intensificado (que puede en algunos casos afectar la vida silvestre a muchos metros a ambos lados de la carretera) y el vertido y derrame de contaminantes.

### Situación / Tendencia

La red de carreteras creció en cerca de 107 mil kilómetros durante el periodo 1991- 2003, a una tasa anual del 3.1%, pasando de los cerca de 242 mil a los 350 mil kilómetros. De la longitud total de las carreteras en 2003, el 43.4% correspondió a vías revestidas, el 33.5% a pavimentadas, el 19.2% a brechas mejoradas y el 3.9% a terracerías.



### Información complementaria

- Longitud de la red de carreteras por entidad federativa, 2003 (IC 6.1-2 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador forma parte del sistema de indicadores ambientales de la OCDE, donde se incluye como indicador de presión indirecta. También se menciona como parte de la de la información del Análisis del Desempeño Ambiental de México ante la OCDE. Además está contemplado dentro de la lista de Indicadores impactos ambientales de transporte de la EPA.

**Datos:** Tabla Indicador 6.1-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.1-2

Fuente: SCT. Anuario Estadístico 2001. México. 2002.

SCT. Infraestructura del Sector. México. 2004.

Disponible en: [http://portal.sct.gob.mx/SctPortal/appmanager/Portal/Sct?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P38003](http://portal.sct.gob.mx/SctPortal/appmanager/Portal/Sct?_nfpb=true&_pageLabel=P38003)

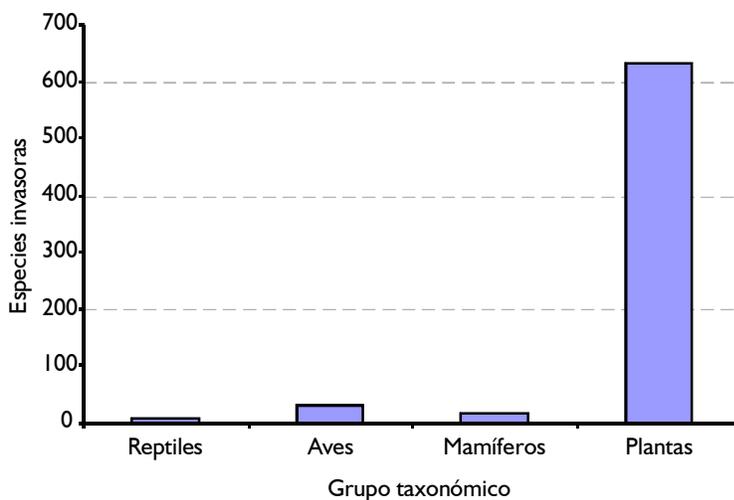
## ESPECIES INVASORAS EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES NACIONALES

### Justificación

Las especies invasoras son aquellas que pueden catalogarse como nuevas en una región y que pueden tener un impacto negativo, ya sea ecológico, social o económico. Actualmente se reconoce que la introducción de especies invasoras, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en el planeta. Las especies invasoras pueden competir directamente con las especies nativas por el uso del hábitat y recursos, lo que puede ocasionar la extinción local de especies nativas.

### Situación / Tendencia

El número de especies invasoras de los ecosistemas terrestres del país en 2004 ascendió a 687 especies, de las cuales 8 correspondieron a reptiles, 30 a aves, 16 a mamíferos y 633 a plantas.



### Información complementaria

- Causas de la introducción de las especies invasoras en los ecosistemas terrestres nacionales (IC 6.1-3 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.1-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.1-3

Fuente: Conabio. Programa de Especies Invasoras de México. 2004.  
 Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/especies\\_invasoras/doctos/especiesinvasoras.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/especies_invasoras/doctos/especiesinvasoras.html)

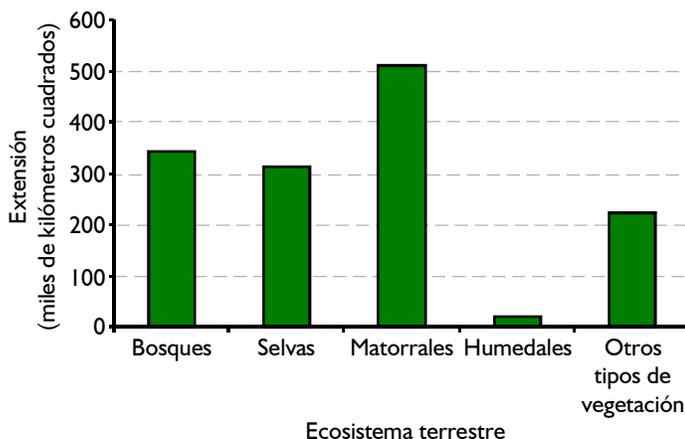
## EXTENSIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES NATURALES

### Justificación

La extensión de ecosistemas naturales es indicativa del estado actual de la biodiversidad terrestre de un país. Se espera que grandes extensiones de ecosistemas alberguen un mayor número de especies y, a la vez, mantengan poblaciones con mayor viabilidad que los mismos ecosistemas con superficies reducidas. El grado de conservación también afectará su biodiversidad presente, de tal modo que aquellos con vegetación primaria predominante podrían albergar un mayor número de especies que aquellos donde grandes extensiones de vegetación secundaria estén presentes.

### Situación / Tendencia

En 2002, la extensión de los matorrales alcanzó los 509 mil 543 kilómetros cuadrados, los bosques 341 mil 415 kilómetros cuadrados, las selvas 313 mil 635 kilómetros cuadrados, los humedales 20 mil 280 y otros tipos de vegetación (dentro de los que se han incluido el pastizal natural, la vegetación halófila y gipsófila, vegetación de galería, chaparral y el matorral submontano, entre otros tipos) un total de 224 mil 598 kilómetros cuadrados.



### Información complementaria

- Proporción remanente de las superficie original de los ecosistemas terrestres naturales, 2002 (IC 6.1-4 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador también es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2003), por la OCDE en su *Key Environmental Indicators*, en el *UK Government's indicators of sustainable development* de la Gran Bretaña, en el *Report on Sustainable Development Indicators* de Grecia y dentro de la *Denmark's National Strategy for Sustainable Development*.

**Datos:** Tabla Indicador 6.1-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.1-4

**ESPECIES TERRESTRES MEXICANAS EN RIESGO**

**Justificación**

Los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

**Situación / Tendencia**

Los grupos de fauna con un mayor número de especies en condiciones de riesgo fueron los reptiles, con cerca del 57.4% de las especies presentes en el país. Le siguieron los mamíferos (54.1%), anfibios (36.6%), aves (36.3%) y las plantas (4%). Los restantes grupos no alcanzaron porcentajes de riesgo mayores al uno por ciento.

Grupo taxonómico	Especies en riesgo <sup>1</sup>	Especies acuáticas continentales conocidas en México <sup>2</sup>	Porcentaje del grupo en riesgo <sup>3</sup>
<b>Invertebrados</b>			
Lepidópteros	2	2 610 - 5 018	0.04 - 0.08
Dípteros	1	769 - 935	0.21 - 0.26
Arácnidos	3	2 625	0.11
<b>Anfibios</b>	106	290	36.55
<b>Reptiles</b>	404	704	57.39
<b>Aves</b>	312	860	36.28
<b>Mamíferos</b>	250	462	54.11
<b>Hongos</b>	46	6 000	0.77
<b>Plantas</b>	935	23 702	3.9

Notas:

<sup>1</sup> Las categorías en riesgo consideradas dentro de la norma mexicana son: en peligro de extinción, amenazadas, sujetas a protección especial y extintas.

<sup>2</sup> De las aves y mamíferos, las estimaciones corresponden al medio terrestre; los restantes son estimados nacionales.

<sup>3</sup> Dado que las estimaciones de la riqueza específica de los diferentes grupos taxonómicos en México son diversas, el porcentaje de las especies en riesgo como porcentaje de las especies conocidas se calculó para algunos grupos con los conteos mayor y menor de especies reportados.

**Información complementaria**

- Especies terrestres mexicanas extintas según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.1-5 A)

**Comentarios al indicador**

El uso del número de especies amenazadas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.1-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.1-5

**Fuentes:** DOF. NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. México. 2002 (6 de marzo). El total de especies de los diferentes grupos taxonómicos proviene de: **1) Lepidópteros:** Razowski, J. Tortricidae (Lepidoptera). En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio-UNAM. México. 1996. Solís, M. A. Pyraloidea (Lepidoptera). En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio-UNAM. México. 1996. **2) Dípteros:** Ibáñez, S., D. Strickman

**Fuentes (continuación):** y C. Martínez. Culicidae (Diptera). En: Llorente, J., A.N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio/UNAM. México. 1996a. Ibáñez, S. y S. Coscarón. Simuliidae (Diptera). En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio/UNAM. México. 1996b. Ibáñez, S., W. W. Wirth y H. Huerta. Ceratopogonidae (Diptera). En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio/UNAM. México. 1996b. Hernández, V. Tephritidae (Diptera). En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio/UNAM. México. 1996. Papavero, N. Mydidae (Diptera). En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio/UNAM. México. 1996. **3) Arácnidos:** Jiménez, M. L. Araneae. En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio/UNAM. México. 1996. **4) Anfibios:** Flores, O. Herpetofauna of Mexico. Distribution and endemism. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds). *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*. Oxford University Press. Nueva York. 1993a. **5) Reptiles:** Flores O. 1993b. Riqueza de los anfibios y reptiles. En: Flores, O. y A. Navarro (Comps.) *Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias*. núm. Especial, 7. 1993b. Flores, O. y P. Gerez. *Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. UNAM/Conabio. México. 1994. **6) Aves:** Escalante, P., A. Sada y J. Robles. *Listado de nombres comunes de las aves de México*. CONABIO-Sierra Madre. 1986. **7) Mamíferos:** Cervantes, F. A., A. Castro y J. Ramírez. Mamíferos terrestres nativos de México. *Anales del Instituto de Biología UNAM, Serie Zoología*. 65(5): 177-190. 1994. **8) Hongos:** Guzmán, G. La diversidad de hongos en México. *Ciencias*. 39: 52-57. 1995. **9) Plantas:** Rzedoswki, J. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Llorente, J., A. N. García Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento*. Conabio-UNAM. México. 1996.

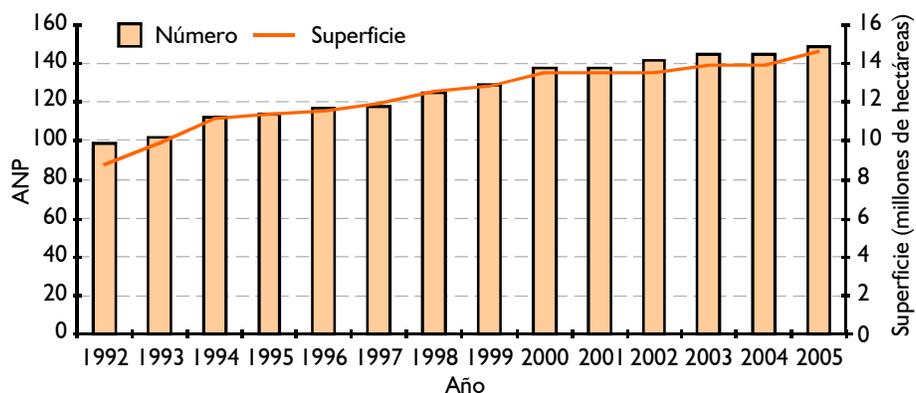
## AREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES TERRESTRES

### Justificación

Las áreas naturales protegidas (ANP) tienen como función principal la protección de zonas importantes por sus recursos naturales, flora, fauna y/o ecosistemas representativos.

### Situación / Tendencia

El número de áreas naturales protegidas en zonas terrestres creció de 99 en 1992 a 149 en el año 2005. En cuanto a la superficie, creció de 8 millones 430 mil hectáreas en 1992 a 14 millones 656 mil hectáreas en el año 2005. En promedio se incorporaron durante el periodo 479 mil hectáreas por año.



### Información complementaria

- Áreas naturales protegidas federales terrestres, 2005 (IC 6.1-6 A)
- Áreas naturales protegidas federales terrestres según categoría de manejo, 2005 (IC 6.1-6 B)

### Comentarios al indicador

Este indicador ha sido ampliamente utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.1-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.1-6

La compleja historia geológica de la superficie terrestre nacional ha creado una accidentada orografía que, en combinación con la diversidad de climas, permite la existencia de una rica variedad de cuerpos de agua continentales, tales como ríos, arroyos, lagos, lagunas y estuarios. Sus aguas pueden ser dulces o salobres y estar presentes tan sólo unas pocas horas, ser estacionales o permanentes. Los tipos de vegetación que prosperan en estos ambientes son variados: bosques de galería, que se extienden sobre las márgenes de ríos y arroyos, popales, tulares, y ciertos tipos de vegetación acuática sumergida. En términos de su biodiversidad puede señalarse que, si bien el total de las especies que habita las aguas continentales del planeta es inferior al que prospera en las zonas marinas, la biodiversidad acuática continental resulta considerablemente superior a la marina si se consideran las superficies relativas (Arriaga *et al.*, 2000; Revenga *et al.*, 2000; Groombridge y Jenkins, 2002).

Los ecosistemas de las aguas continentales aportan una gran variedad de bienes a la sociedad que van desde el agua que consume la población, la agricultura y la industria, hasta muchos tipos de alimentos, fibras, plantas medicinales, combustibles y materiales de construcción, entre otros (Revenga *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000; Baron *et al.*, 2003; Schuyt y Brander, 2004). También ofrecen importantes servicios ambientales, entre los que destacan el mantenimiento de la biodiversidad, la estabilización climática, la mitigación de las inundaciones, la asimilación y dilución de los contaminantes, el reciclaje de los nutrientes, la restitución de la fertilidad del suelo y la recarga de los acuíferos (Arriaga *et al.*, 2000; Revenga *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000; Harvey, 2001; Groombridge y Jenkins, 2002; Schuyt y Brander, 2004). Baste señalar también que la mayor parte de la energía eléctrica que abastece a la población mundial actualmente se genera en represas que aprovechan los flujos continentales de agua dulce (Groombridge y Jenkins, 2002).

La fuerte dependencia de las sociedades humanas por los bienes que ofrecen los cuerpos de agua continentales ha deteriorado y puesto en serio peligro la permanencia de muchas de sus especies, y con ello la integridad y el funcionamiento adecuado de sus ecosistemas. Su condición y grado de amenaza es aún mayor que el que sufren los ecosistemas forestales o costeros (Revenga *et al.*, 2000). Es importante subrayar que una parte de la presión a la que están sujetas las comunidades acuáticas continentales tiene su origen en las actividades humanas que se realizan en las cuencas que habitan. Dicha presión se ejerce en dos frentes distintos: por un lado, a través del impacto directo, el cual actúa por la modificación o reducción de las áreas de estos ecosistemas y la extracción e introducción de ejemplares, y, por otro, a través del cambio en la cantidad y calidad del agua de la que dependen para su funcionamiento. La expansión de las zonas urbanas y turísticas, la sobreexplotación de los recursos pesqueros y la introducción de especies exóticas son algunas de las principales actividades que impactan directamente a la biodiversidad acuática continental, mientras que la modificación de los cauces por presas y embalses, la sobreexplotación del agua y su contaminación por descargas agrícolas, municipales e industriales son las más importantes fuentes de deterioro de la calidad de su hábitat (Miller *et al.* 1989; EPA, 1992; Poff *et al.*, 1997; Arriaga *et al.*, 2000; Revenga *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000; Revenga y Kura, 2003).

### **Agricultura**

La agricultura impacta a los ecosistemas acuáticos continentales por la extracción de agua y la descarga de contaminantes. Dos de los principales contaminantes de origen agrícola en los cuerpos de agua continentales son el nitrógeno y el fósforo (Vitousek *et al.*, 1997; Shortle *et al.*, 2001; PNUMA, 2003; Silk y Ciruna, 2004) que provienen, en su mayoría, de los fertilizantes químicos sintéticos. Ambos alcanzan los cuerpos de agua superficiales disueltos en la escorrentía superficial o adheridos a partículas de suelo; aunque en el caso del nitrógeno, también por deposición atmosférica (Shortle *et al.*, 2001). Su acumulación provoca la eutrofización de los cuerpos de agua, facilitando la explosión de las poblaciones de algas y bacterias, las cuales consumen el oxígeno disuelto y disminuyen su abasto para el resto de la flora y fauna. Lo anterior, sumado a la reducción de la fotosíntesis de la vegetación sumergida (producto de la pérdida de transparencia del agua), afecta a todos los niveles de la cadena trófica y, en el corto o mediano plazos, reduce la biodiversidad del ecosistema (EPA, 1992; Ongley, 1996; Vitousek *et al.*, 1997; Carpenter *et al.*, 1998; Petr, 2000; UNDP *et al.*, 2000; Baron *et al.*, 2003; EEA, 2003; PNUMA, 2003; Silk y Ciruna, 2004). Aunado a ello, la escorrentía de los campos de cultivo puede arrastrar sedimentos hasta los cuerpos de agua, los cuales deterioran la calidad del hábitat por el incremento de su turbidez y asolvamiento (Revenga *et al.*, 2000). El **consumo aparente de fertilizantes** es un indicador indirecto de la presión que las prácticas agrícolas pueden ejercer en los ecosistemas de los cuerpos de agua continentales del país. Este indicador es utilizado ampliamente por organismos internacionales como Naciones Unidas y por los ministerios o agencias ambientales de varios países, incluido México. Este indicador está presente dentro del capítulo de “Agua”, específicamente en la sección que aborda los temas relativos a su “Calidad”.

El uso de pesticidas sintéticos en la agricultura creció notablemente a nivel mundial en los últimos cincuenta años. Aun cuando la agricultura es la actividad que más pesticidas consume, se emplean también en la industria, la silvicultura y las zonas urbanas. Éstos se incorporan a los cuerpos de agua superficiales disueltos o suspendidos en la escorrentía, adheridos a partículas de suelo, por deposición atmosférica o directamente por su aplicación en los cuerpos de agua (Shortle *et al.*, 2001). A pesar de que sus efectos dependen del organismo y pesticida empleado, de manera general se han documentado: daño celular y del ADN, cáncer, tumores y lesiones en peces y otros animales, supresión del sistema inmunológico, alteración del sistema endocrino, efectos teratogénicos (deformidades físicas, como los picos en forma de gancho en aves), inhibición o fallas en la reproducción y deterioro del estado de salud de peces (EPA, 1992; Ongley, 1996; Shortle *et al.*, 2001; Gevao y Jones, 2002; Silk y Ciruna, 2004). Sus efectos se extienden, sin embargo, más allá del nivel individual, afectando a la totalidad de la cadena trófica de un ecosistema. También se tiene evidencia de casos de pérdida importante de biodiversidad acuática debido al uso inadecuado de pesticidas (Ongley, 1996). El **consumo aparente de plaguicidas** es un indicador indirecto de la presión que la práctica agrícola puede ejercer en los ecosistemas de los cuerpos de agua continentales del país. Este indicador es utilizado por organismos internacionales como ONU y por los ministerios o agencias ambientales de varios países, incluido México. Este indicador está presente dentro del capítulo de “Agua”, específicamente en la sección que aborda los temas relativos a su “Calidad”.

### **Actividades pecuarias**

Las actividades pecuarias pueden afectar a los ecosistemas acuáticos continentales por la modificación del hábitat y la contaminación del agua. Los principales desechos que se vierten pueden contener patógenos (bacterias y protozoarios), materia orgánica (compuestos presentes en la orina y el estiércol), además de los sedimentos resultado de la erosión del suelo que ocasiona el ganado (EPA, 1992; Allen-Díaz *et al.*, 1999; Belsky *et al.*, 1999; Baron *et al.*, 2003). Aunado a ello, aunque los

efectos no han sido plenamente probados, el pastoreo puede afectar la temperatura del agua en sistemas riparios por la remoción de la vegetación que brinda sombra a los cuerpos de agua (Doran *et al.*, 1981; Belsky *et al.*, 1999). Los desechos de esta actividad alcanzan los cuerpos de agua directamente por su descarga o por la escorrentía superficial, siendo su principal consecuencia la eutrofización de las aguas, que promueve la explosión de las poblaciones de algas y bacterias que consumen el oxígeno disuelto y disminuyen su abasto para el resto de la flora y fauna. Además, ocasiona la reducción de la fotosíntesis de la vegetación sumergida (por la pérdida de transparencia del agua) que afecta a todos los niveles de la cadena trófica. La **población pecuaria** sirve como indicador indirecto de la presión que esta actividad puede ejercer sobre los ecosistemas de los cuerpos de agua continentales del país. Este indicador está presente dentro del capítulo de “Agua”, específicamente en la sección que aborda los temas relativos a su “Calidad”.

### **Aguas residuales municipales e industriales**

Las aguas de origen urbano que contaminan los cuerpos de agua continentales provienen de las viviendas y edificios públicos y de la escorrentía urbana que se colecta en el drenaje. Sus principales contaminantes son los nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo), organismos patógenos (bacterias y virus), metales pesados, materia orgánica biodegradable, químicos orgánicos sintéticos, hormonas y productos farmacéuticos (Silk y Ciruna, 2004). Los nutrientes provienen de los fertilizantes y detergentes, desechos animales y materia orgánica en descomposición; ocasionando la eutrofización de los cuerpos de agua que los reciben (Revenga *et al.*, 2000; EEA, 2003; Silk y Ciruna, 2004). Los metales pesados que resultan en su mayoría de la operación y mantenimiento de los vehículos de motor pueden acumularse en los organismos acuáticos, afectando la cadena trófica, la abundancia de las especies y la estructura de sus comunidades (Revenga *et al.*, 2000; Tarras-Wahlberg *et al.*, 2001). La materia orgánica consume el oxígeno disuelto en el agua y disminuye su abasto para la flora y fauna. Además, libera amonio que se convierte en amoníaco después de reacciones químicas naturales y envenena a peces y otros organismos (Revenga *et al.*, 2000). Hormonas y otros fármacos se acumulan en la cadena trófica, tienen efectos carcinogénicos y alteran el sistema endocrino de los organismos acuáticos (Ludwig en Silk y Ciruna, 2004). Finalmente, los químicos orgánicos sintéticos de los detergentes, líquidos de limpieza, fertilizantes, pesticidas, pinturas y los aceites vertidos en viviendas también pueden causar alteraciones morfológicas, fisiológicas y conductuales de muchos organismos acuáticos (Silk y Ciruna, 2004).

Las descargas industriales que contaminan los cuerpos de agua continentales provienen de las industrias química, azucarera, minera, petrolera, del hierro y acero, celulosa, papel y textil, entre otras. Alcanzan los cuerpos de agua por su descarga directa o por deposición atmosférica, como es el caso de algunos metales pesados y compuestos orgánicos sintéticos (Silk y Ciruna, 2004). Los contaminantes incluyen metales pesados (plomo, cadmio, cromo, mercurio y zinc, principalmente), compuestos orgánicos (benceno, tolueno, xileno y otros sintéticos como las dioxinas, furanos, fenoles policlorados e hidrocarburos aromáticos polinucleares), pesticidas, petróleo, grasas y aceites (Folke, 1996; Culp *et al.*, 2000; EEA, 2003; Silk y Ciruna, 2004). Las aguas de la industria también pueden causar la polución térmica de los cuerpos de agua, principalmente por la descarga de aguas de enfriamiento (Revenga *et al.*, 2000; Silk y Ciruna, 2004). Los efectos sobre la biota acuática pueden ser indirectos, básicamente por la degradación del hábitat (contaminación térmica y química tanto del agua como de los sedimentos), o directos en los organismos por alteraciones en el metabolismo, crecimiento, reproducción y sistema endocrino, además de sus efectos carcinogénicos colaterales. Dado que algunos de estos compuestos se acumulan en los tejidos de los organismos, sus efectos se extienden a la totalidad de la cadena trófica, repercutiendo finalmente en la dominancia, abundancia y diversidad natural de los ecosistemas acuáticos continentales (EPA, 1992; Folke 1996; Revenga *et al.*, 2000; Culp *et al.*, 2003; EEA, 2003; Silk y Ciruna, 2004). La **descarga de aguas residuales municipales y descarga de aguas residuales industriales** son indicadores de la presión que los centros urbanos y las industrias ejercen sobre las comunidades acuáticas de los cuerpos continentales del país donde se vierten sus desechos. Ambos indicadores se tratan por separado en el capítulo de “Agua”, dentro de la sección referente a su “Calidad”.

## Presas y embalses

Las presas y embalses almacenan agua para uso agropecuario, doméstico e industrial, controlan los flujos de agua que producen inundaciones y son indispensables en la generación de energía eléctrica (Revenga *et al.*, 2000). Sin embargo, también son uno de los factores que más han afectado a la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales en todo el mundo (WCMC, 1998; Baron *et al.*, 2003; Revenga y Kura, 2003; Baillie *et al.*, 2004). Su construcción tiene efectos río arriba y por debajo de sus sitios de ubicación. Afectan indirectamente la biodiversidad de estos sistemas por la modificación de la calidad del agua, causando cambios en la temperatura, características químicas, transporte de nutrientes y sedimentos, acumulación de metales pesados y eutrofización, además de la pérdida de nutrientes para las comunidades establecidas río abajo (Arriaga *et al.*, 2000; Berkamp *et al.*, 2000; Revenga *et al.*, 2000; Baron *et al.*, 2003; Revenga y Kura, 2003). De manera directa disminuyen el volumen, duración y frecuencia de los flujos de agua de los ríos, provocando que cascadas, rápidos, vegetación riparia y humedales sean los hábitats de más pronta desaparición (Berkamp *et al.*, 2000; Dynesius y Nilsson en Revenga *et al.*, 2000). Además de la fragmentación de estos ecosistemas, se afectan también los patrones migratorios de algunas especies de peces, se crean hábitats ideales para especies invasoras y se pueden afectar los ecosistemas costeros, lo que repercute en las pesquerías que dependen de los nutrientes que arrastran los ríos (WCMC, 1998; Revenga *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000; Groombridge y Jenkins, 2002; Revenga y Kura, 2003). Son muchos los grupos de plantas y animales afectados por presas y embalses, destacando los microorganismos de los sedimentos, plancton, invertebrados, algas, briofitas, plantas vasculares, insectos, peces, aves y mamíferos (Arriaga *et al.*, 2000; Berkamp *et al.*, 2000; Groombridge y Jenkins, 2002; Baron *et al.*, 2003). La **fragmentación de ríos por grandes presas** es un indicador de la pérdida de continuidad que los ecosistemas de los cuerpos de agua han sufrido por la construcción de embalses. Sin embargo, dado que no existe la información necesaria para calcularlo, se ha optado por el indicador **grandes presas mexicanas y capacidad de almacenamiento en las presas principales** como medida de la presión que este factor tiene en los ecosistemas acuáticos continentales del país. El indicador referente a la capacidad de almacenamiento en presas está incluido dentro del capítulo de “Agua”, en la sección de “Disponibilidad”.

## Extracción de agua para uso consuntivo

La extracción de agua de ríos, lagos y lagunas para la agricultura, industria y el uso urbano puede traer consigo graves daños para los ecosistemas acuáticos continentales (Poff *et al.*, 1997; WCMC, 1998; UNDP *et al.*, 2000; Groombridge y Jenkins, 2002; Revenga y Kura, 2003). En lagos y lagunas puede reducirse inmediatamente el volumen del líquido almacenado, mientras que en el caso de ríos y arroyos pueden cambiar la magnitud, frecuencia y duración de los flujos de agua. Por cambios en el nivel de los cuerpos de agua se pierden o alteran humedales y comunidades riparias (Poff *et al.*, 1997; Revenga y Kura, 2003), se interrumpen el flujo y movimiento de nutrientes y sedimentos, afectándose, finalmente, la abundancia y diversidad de muchas especies de plantas acuáticas asociadas a ambientes riparios, invertebrados y peces (Ross y Baker, 1983; Welcomme, 1992; CSD 1997; Poff *et al.*, 1997; UNDP *et al.*, 2000). De igual manera, el establecimiento de especies invasoras y su efecto en el desplazamiento o extinción de las especies nativas es otro resultado documentado de la alteración de la magnitud y frecuencia de los flujos y volúmenes de agua (Busch y Smith, 1995). En el caso de los ríos, puede perturbarse también el ciclo de vida de muchas especies, debido a que los ciclos de corrientes sirven como señales para el desove, eclosión, crianza, movimientos para la alimentación, reproducción y migración de diferentes especies (Poff *et al.*, 1997). La **extracción total para uso consuntivo** es entonces un indicador de la presión que la demanda de agua para consumo agrícola, industrial y urbano ejerce sobre los ecosistemas acuáticos continentales del país. Este indicador forma parte del capítulo de “Agua”, dentro de la sección referente a su *Disponibilidad*.

## Pesca

La captura pesquera en aguas continentales es una fuente importante de alimento para muchas comunidades en México y el mundo, sobretodo para aquellas en condiciones de pobreza. Además de peces, esta actividad captura principalmente moluscos y crustáceos (Revenga y Kura, 2003; Bjorkland y Pringle, 2004). El principal efecto de la pesca continental es la remoción de ejemplares de las poblaciones naturales de las especies objetivo, lo que repercute en su tamaño poblacional, proporción de sexos, potencial y características reproductivas y en la composición genética de las poblaciones explotadas (Harvey, 2001; García *et al.*, 2003; Bjorkland y Pringle, 2004). Cuando la extracción es excesiva, las poblaciones pueden recuperarse lentamente y empobrecerse genéticamente o, incluso, extinguirse local y globalmente. De manera indirecta, la pesca también afecta a los ecosistemas a los que pertenecen las especies de interés comercial, básicamente por la alteración del flujo y la dinámica de la cadena trófica, así como por la remoción de especies importantes para el ecosistema (Harvey, 2001; García *et al.*, 2003; Bjorkland y Pringle, 2004). Ejemplos de cambios en abundancia y composición de especies por actividades pesqueras continentales se han documentado en todo el mundo (ver ejemplos en Bjorkland y Pringle, 2004). La **captura pesquera continental nacional** es un indicador de la presión que la pesca ejerce sobre las poblaciones naturales de las especies de interés comercial y sobre los ecosistemas de los cuales forman parte. La OCDE lo considera como un indicador ambiental clave y también es utilizado por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México. Sin embargo, puesto que no existen datos confiables para calcularlo, este indicador no se incluyó en la publicación.

## Especies invasoras

La introducción de especies es, después de la degradación del hábitat, una de las causas más importantes de la extinción de especies en los ecosistemas acuáticos continentales (Williams *et al.*, 1989; Richter *et al.*, 1997; Groombridge y Jenkins, 2002; Revenga y Kura, 2003). Dichas especies se han introducido ya sea de manera intencional para la acuicultura, pesca deportiva o control biológico, o accidentalmente por escapes de la acuicultura (de presas o embalses y cuerpos de agua naturales) o del agua de lastre de embarcaciones u otros tipos de transportación (WCMC, 1998; Revenga *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000; Ciruna, 2004). Algunos de los grupos más frecuentemente introducidos son los peces, invertebrados (principalmente moluscos y crustáceos) y macrófitas. Las especies invasoras afectan a la fauna y flora nativas por la degradación del hábitat, depredación, competencia, parasitismo, introducción de enfermedades y por la reducción y contaminación del acervo genético, dando como resultado, en el corto, mediano o largo plazos a la reducción de la diversidad biológica de los ecosistemas acuáticos continentales (UNDP *et al.*, 2000; Baron *et al.*, 2003; Revenga y Kura, 2003; Bjorkland y Pringle, 2004; Ciruna, 2004). Ejemplos de los impactos ecológicos en estos ecosistemas por especies introducidas han sido ampliamente documentados (ver ejemplos en Revenga y Kura, 2003 y Ciruna, 2004). El indicador **especies invasoras en los ecosistemas acuáticos continentales nacionales** demuestra la presión que este problema puede originar en los ecosistemas de estos cuerpos de agua.

## Actividades petroleras

La explotación petrolera y del gas natural en zonas continentales afecta a los ecosistemas acuáticos continentales fundamentalmente por el deterioro de la calidad del agua (E&P Forum-UNEP, 1997; EPA, 1999). La contaminación del agua ocurre principalmente por fugas en las redes de transporte o por la descarga rutinaria durante las operaciones. Las aguas descargadas incluyen hidrocarburos, sales disueltas, lodos de perforación, compuestos orgánicos y metales pesados, entre otras sustancias tóxicas (E&P Forum-UNEP, 1997). La mayoría de las comunidades biológicas acuáticas y las especies que las

integran son muy susceptibles al contacto directo con los hidrocarburos y a sus compuestos derivados disueltos en agua (E&P Forum-UNEP, 1997; EPA, 1999; NOAA, 2002). Las **fugas y derrames de hidrocarburos y descargas de contaminantes en aguas continentales** revelan la magnitud de la presión ejercida por los desechos y productos de las actividades petroleras en estos ecosistemas. Este último indicador se encuentra dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU.

### ***Cambio climático global***

El cambio climático global, resultado de la variabilidad interna del sistema climático y de factores externos (tanto naturales como producto de las actividades humanas), ha tenido efectos importantes en el ciclo hidrológico, lo que en combinación con otros disturbios antropogénicos han ocasionado ya impactos importantes en la biodiversidad de diversos ecosistemas, entre ellos los acuáticos continentales (IPCC, 2001, 2002). Algunos de sus efectos reportados son el calentamiento de las aguas, la reducción de la extensión y grosor de las masas de hielo, la disminución del oxígeno disuelto en aguas profundas de lagos y lagunas, cambios en la interacción entre los ríos y sus cuencas, en los ciclos biogeoquímicos y el aumento en la frecuencia de eventos extremos, incluyendo inundaciones y sequías (Gitay *et al.*, 2001; SCBD, 2003). Todo ello ha afectado también a las especies de los ecosistemas acuáticos continentales, ya sea a través de cambios en las fechas de inicio o término de la época reproductiva, en las áreas de distribución y en los patrones migratorios, entre otros (IPCC, 2002). A la fecha no se ha propuesto un indicador o grupo de indicadores que permitan evaluar con precisión el efecto de este factor sobre los ecosistemas acuáticos continentales.

### ***Cuerpos de agua superficiales con problemas de contaminación***

El grado de contaminación de los cuerpos de agua puede medirse a través de las concentraciones de ciertos contaminantes en estaciones de monitoreo. En México, se monitorea con este fin la concentración de fosfatos y nitratos (los cuales ocasionan la eutrofización y con ello la pérdida de la biodiversidad acuática) (Revenga *et al.*, 2000; EEA, 2003; Silk y Ciruna, 2004), las coliformes fecales (bacterias de los tractos digestivos de animales y relacionadas con las descargas de aguas residuales no tratadas, generalmente de origen doméstico) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO, el consumo de oxígeno por bacterias mientras consumen la materia orgánica contenida en el agua, el cual evidencia indirectamente la cantidad de materia orgánica presente en el agua). Los indicadores ***coliformes fecales en aguas superficiales*** y ***demanda bioquímica de oxígeno en aguas superficiales*** son utilizados como medidas del estado de conservación de los cuerpos de agua superficiales del país. Estos indicadores son utilizados tanto por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU) como por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México. Ambos indicadores se desarrollan dentro de la sección de “Calidad” en el capítulo de “Agua”.

### ***Especies acuáticas continentales mexicanas en riesgo***

Como consecuencia de la falta de datos respecto al estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador ***especies acuáticas continentales mexicanas en riesgo*** se emplea entonces como indicador del estado de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales del país. El uso del número de especies amenazadas es recomendado ampliamente por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

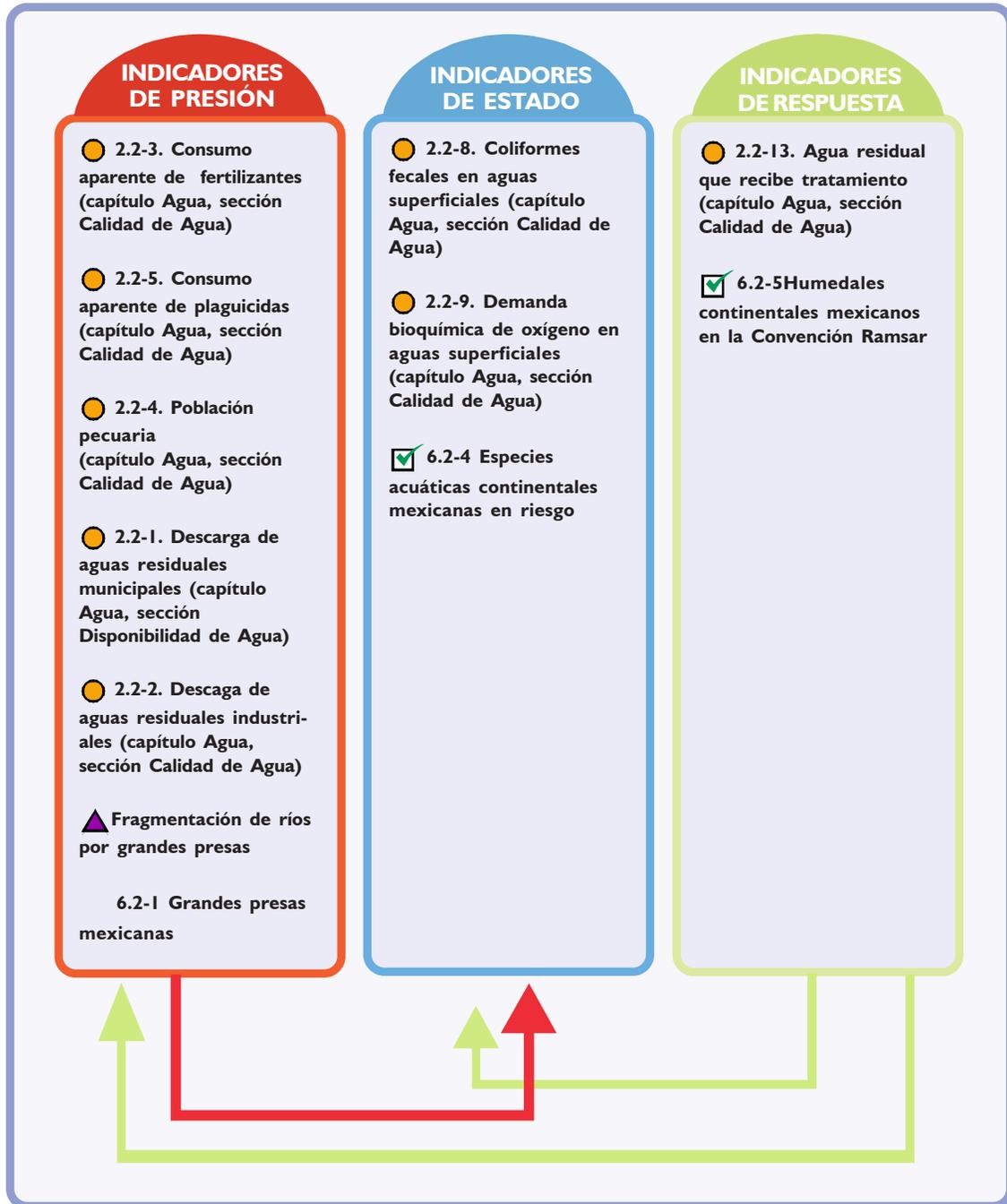
### ***Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales***

Los cuerpos de agua continentales son incapaces de recibir cantidades de desechos municipales e industriales mayores a su capacidad de depuración sin comprometer la calidad de sus aguas y los procesos ecológicos que sostienen a sus ecosistemas presentes. En virtud de ello, una de las acciones más importantes para evitar su deterioro es el tratamiento de las aguas residuales. Dependiendo del tipo de tratamiento que se le de al agua pueden removerse de ésta los sólidos suspendidos, la materia orgánica, los nutrientes (fosfatos y nitratos), los metales pesados y los microorganismos patógenos, lo cual reduce considerablemente los riesgos de eutrofización de las aguas y los daños que muchos de los contaminantes pueden ocasionar en la flora y fauna acuáticas. El indicador ***agua residual que recibe tratamiento*** sirve para resaltar los esfuerzos encaminados a reducir la polución de las aguas y los daños a la biota acuática continental. Dicho indicador se encuentra desarrollando dentro de la sección de “Calidad” en el capítulo de “Agua”.

### ***Humedales continentales mexicanos en la Convención Ramsar***

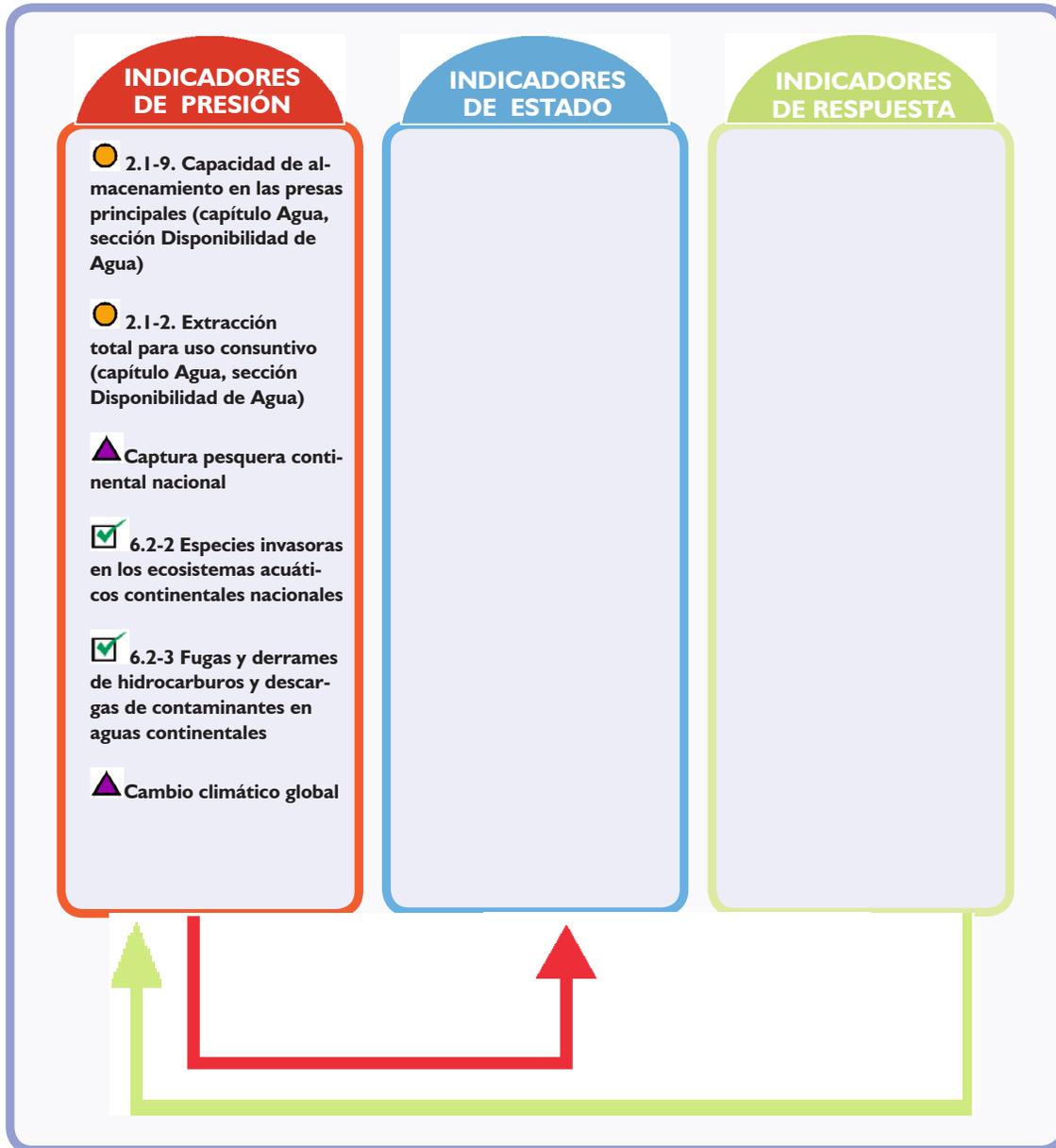
La Convención de Humedales de Importancia Internacional, firmada en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en favor de la conservación y uso racional de los humedales de importancia mundial y de sus recursos dentro de los territorios de los países firmantes. La convención considera como humedales todas aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, 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 Convention, 2004). México se adhirió a la convención el 4 de julio de 1986, en un esfuerzo encaminado a proteger y conservar sus humedales. En este sentido, el indicador ***humedales continentales mexicanos en la Convención Ramsar*** sirve como indicador del esfuerzo gubernamental encaminado a la protección de muchos de los ecosistemas acuáticos continentales del país.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Acuáticos Continentales



- ☑ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Acuáticos Continentales (continuación)



- ☑ *Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

## GRANDES PRESAS MEXICANAS

6.2-1

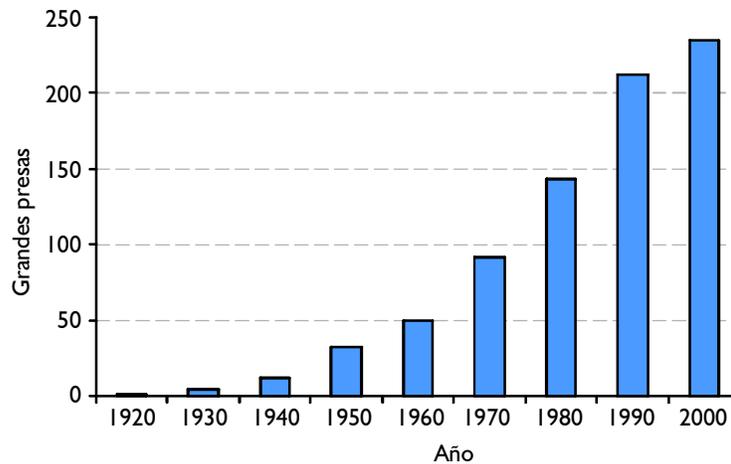
PRESIÓN

**Justificación**

Las presas y embalses almacenan agua para uso agropecuario, doméstico e industrial, controlan las avenidas que producen inundaciones y son indispensables en la generación de energía eléctrica. Afectan indirectamente la biodiversidad por la modificación de la calidad del agua (cambios en la temperatura, características químicas, transporte de nutrientes y sedimentos, acumulación de metales pesados y eutrofización), además de que producen la fragmentación de los ecosistemas, afectan los patrones migratorios de algunas especies y crean hábitat para especies invasoras.

**Situación / Tendencia**

En el periodo de 1920-2000, el número de grandes presas se incrementó hasta llegar a 235, a una tasa de construcción de 2.6 presas por año durante el periodo. El 61% de las grandes presas se construyó entre 1980 y el año 2000.

**Información complementaria**

- Evolución del volumen de almacenamiento de algunas de las principales grandes presas del país, 1929 - 1995 (IC 6.2-1 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.2-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.2-1

**Fuentes:** CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. México. 2004.

IMTA. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales. Vol 7: Hidrometría y Sedimentos hasta 1999. México. 2000. CNA. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos. SGT. CNA. México.

## ESPECIES INVASORAS EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES NACIONALES

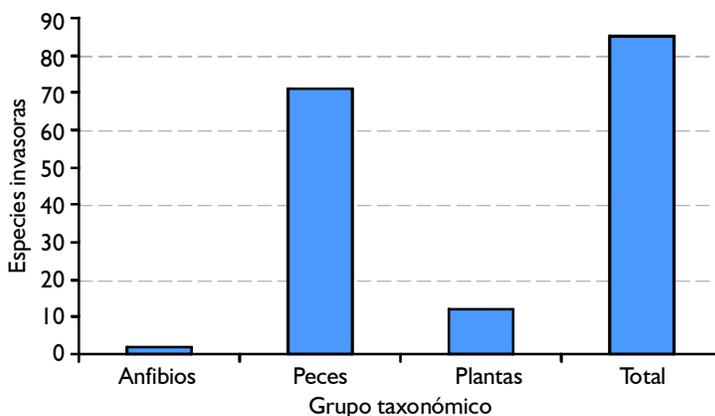
PRESIÓN

### Justificación

La introducción de especies es una de las causas más importantes de la extinción de especies en los ecosistemas acuáticos continentales. Se han introducido de manera intencional para la acuicultura, pesca deportiva o control biológico y accidentalmente por escapes de la acuicultura. Afectan a la fauna y flora nativas por la degradación del hábitat, depredación, competencia, parasitismo, introducción de enfermedades, reducción y la contaminación del acervo genético.

### Situación / Tendencia

El número de especies invasoras registradas en los ecosistemas acuáticos continentales del país asciende a ochenta y cinco: dos son anfibios, setenta y una peces y doce corresponden a especies de plantas. Su distribución abarca prácticamente todo el territorio nacional.



### Información complementaria

- Especies invasoras introducidas en los ecosistemas acuáticos continentales nacionales (IC 6.2-2 A)
- Causas de la introducción de las especies invasoras en los ecosistemas acuáticos continentales nacionales (IC 6.2-2 B)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.2-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.2-2

## FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS Y DESCARGAS DE CONTAMINANTES EN AGUAS CONTINENTALES

6.2-3

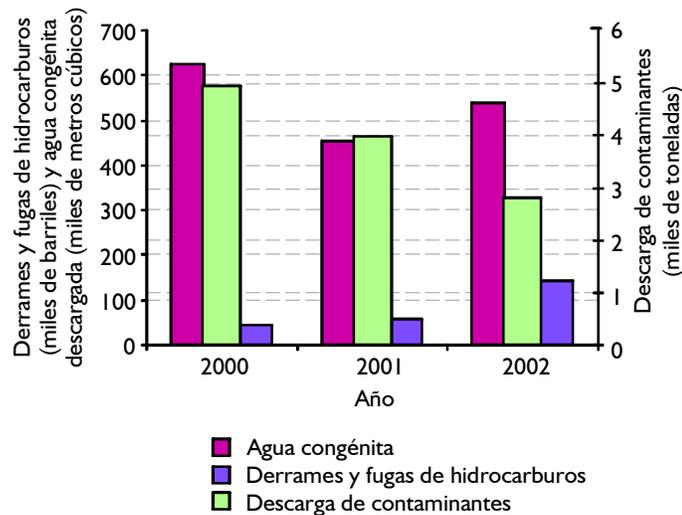
PRESIÓN

### Justificación

La explotación petrolera y del gas natural en zonas continentales afecta a los ecosistemas acuáticos continentales por el deterioro de la calidad del agua. La contaminación ocurre por fugas en las redes de transporte o por la descarga rutinaria durante las operaciones. La mayoría de las comunidades biológicas acuáticas y las especies que las integran son muy susceptibles al contacto directo con los hidrocarburos y sus compuestos derivados disueltos en agua.

### Situación / Tendencia

La descarga de agua congénita (el agua contenida en condiciones naturales en algunos yacimientos) y de contaminantes en zonas continentales por la industria petrolera mostró una tendencia decreciente en el periodo 2000-2002. El volumen de agua congénita descargada se redujo en cerca de 14% entre ambas fechas, pasando de 626 mil a 538 mil metros cúbicos. En el caso del volumen descargado de contaminantes, éste disminuyó en 43.3% en el mismo periodo: de 4 mil 960 a 2 mil 812 toneladas. En contraste, el volumen de hidrocarburos derramados o resultado de fugas se incrementó en un 226.3% entre 2000 y 2002: de cerca de 44 mil a 143 mil barriles de crudo.



### Información complementaria

- Producción petrolera y de gas natural en zonas continentales, 1992, 2002 (IC 6.2-3 A)
- Producción nacional de petróleo crudo y gas natural por zona continental, 1992-2002 (IC 6.2-3 B)
- Contribución de la producción petrolera y de gas natural en zonas continentales a la producción nacional, 1992-2002 (IC 6.2-3 C)

### Comentarios al indicador

El indicador se encuentra dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU.

**Datos:** Tabla Indicador 6.2-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.2-3

**ESPECIES ACUÁTICAS CONTINENTALES MEXICANAS EN RIESGO**

6.2-4

ESTADO

**Justificación**

Los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

**Situación / Tendencia**

El grado de amenaza para los grupos taxonómicos presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2001 pertenecientes a los ecosistemas acuáticos continentales es variable. Tres de las cuatro especies de mamíferos acuáticos continentales del país están en alguna condición de riesgo, así como el 33, 31 y 12% de los anfibios, peces y aves respectivamente. Los restantes grupos taxonómicos no muestran un grado de amenaza considerable.

Grupo taxonómico	Especies en riesgo <sup>1</sup>	Especies acuáticas continentales conocidas en México	Porcentaje del grupo en riesgo <sup>2</sup>
<b>Invertebrados</b>			
Crustáceos	12	500 - 1 000	1.2 - 2.4
Moluscos	9	600 - 1 000	0.9 - 1.5
<b>Anfibios</b>	91	290	31.4
<b>Peces</b>	169	506	33.4
<b>Reptiles</b>	55	ND	ND
<b>Aves</b>	46	361	12.7
<b>Mamíferos</b>	3	4	75
<b>Plantas<sup>3</sup></b>	42	763	5.5

Notas:

ND: No disponible.

<sup>1</sup> Las categorías en riesgo consideradas dentro de la norma mexicana son: en peligro de extinción, amenazados, sujetos a protección especial y extinta.

<sup>2</sup> Dado que las especies en riesgo como porcentaje de las especies conocidas se calculó para los conteos mayor y menor de especies reportados.

<sup>3</sup> Incluye helechos, gimnospermas y angiospermas.

**Información complementaria**

- Especies acuáticas continentales mexicanas extintas según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.2-4 A)

**Comentarios al indicador**

El uso del número de especies amenazadas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.2-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.2-4

Fuentes: DOF. NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. México. 2002 (6 de marzo).

**Fuentes (continuación):** El total de especies de los diferentes grupos taxónomicos proviene de: **1) Crustáceos:** Villalobos-Hiriart, J.L. Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Colección de Crustáceos. UNAM, comunicación personal. **2) Moluscos:** Reguero R., M. y A. García C. Estado actual de la investigación sobre diversidad de moluscos en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Vol. Esp. (XLIV): 191-207. 1993. **3) Anfibios:** Flores, O. Herpetofauna of México: Distribution and endemism. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and Distribution*. Oxford University Press. Nueva York 1993; **4) Peces:** Espinosa, H. Riqueza y diversidad de peces. En: Flores, O. y A. Navarro (Comps.). *Biología y problemática de los vertebrados en México*. *Ciencias*. 7. 1993; **5) Aves:** Aguilar, V. Aguas continentales y diversidad biológica de México: Un recuento actual. *Biodiversitas*. 48. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/indice48.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/indice48.html). 2004; **6) Mamíferos:** Cervantes, F. A., A. Castro-Campillo y J. Ramírez Pulido. *Mamíferos terrestres nativos de México*. Disponible en: <http://www.ibiologia.unam.mx/cnma/nativos.html>. 2004; **7) Plantas:** Arriaga C., L., V. Aguilar S. y J. Alcocer D. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.

HUMEDALES CONTINENTALES

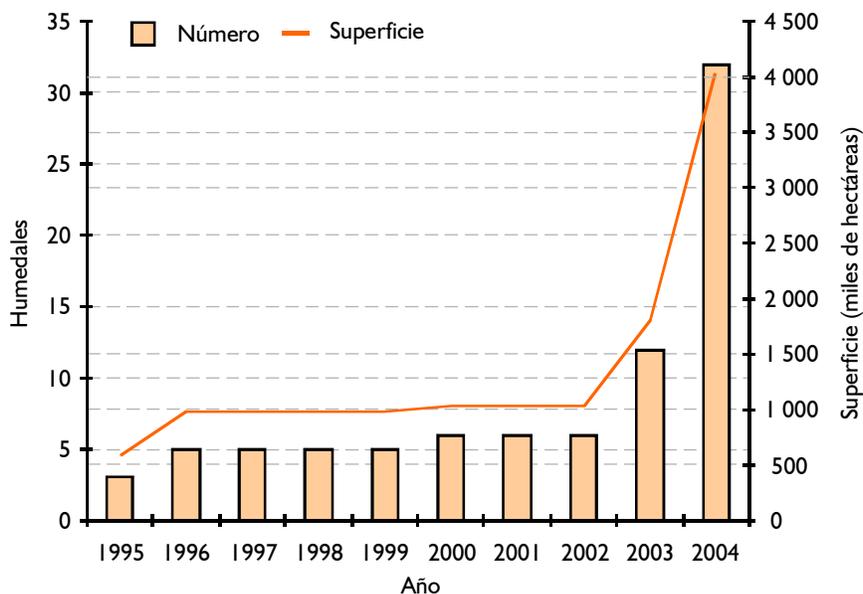
MEXICANOS EN LA CONVENCIÓN RAMSAR

**Justificación**

La Convención de Humedales de Importancia Internacional, firmada en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en favor de la conservación y uso racional de los humedales de importancia mundial y de sus recursos dentro de los territorios de los países firmantes. México se adhirió a la convención el 4 de julio de 1986, en un esfuerzo encaminado a proteger y conservar sus humedales.

**Situación / Tendencia**

El número de humedales continentales inscritos por México en la Convención Ramsar ha crecido de tres en 1995 a treinta en 2004. La superficie pasó de las 587 mil hectáreas a cerca de 4 millones 32 mil hectáreas en el mismo periodo, observándose el crecimiento más importante en 2004, en el que se incorporaron el 63% de los humedales inscritos y el 55% de la superficie protegida a la fecha.



**Información complementaria**

- Humedales continentales mexicanos en la Convención Ramsar, 2004 (IC 6.2-5 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.2-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.2-5

Fuente: Wetlands International. Ramsar Sites Database Service.2004.  
 Disponible en: <http://www.wetlands.org/RSDB/default.htm>

Más allá de su innegable valor estético y recreativo, las zonas costeras y oceánicas brindan importantes bienes y servicios ambientales a la población. La producción de alimentos, la filtración y limpieza de las aguas continentales, la estabilización de la línea costera, la regulación de la hidrología y el clima, el almacenamiento del bióxido de carbono y la producción de oxígeno son sólo algunos de los más importantes (Daily *et al.*, 1997; Bryant *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; UNDP *et al.*, 2000). Poseen además una enorme riqueza biológica: de los cerca de 82 *phyla* reconocidos por la ciencia, 60 aproximadamente tienen representantes marinos, en contraste con los 40 *phyla* que persisten tanto en los ecosistemas terrestres como dulceacuícolas (Groombridge y Jenkins, 2002). Tan sólo en lo que animales se refiere, en los océanos y zonas costeras habitan 36 de los 37 *phyla* reconocidos, en ecosistemas que van desde los arrecifes coralinos y las comunidades de pastos marinos hasta los manglares, lagunas costeras y estuarios.

Los bienes y servicios que brindan han contribuido a convertir a las zonas costeras y oceánicas en áreas social y económicamente importantes. En 1995, cerca del 29 por ciento de la población mundial estaba asentada dentro de los 50 kilómetros adyacentes a la costa (Burke *et al.*, 2000). No obstante, su incesante actividad económica y social ha traído consigo un desarrollo y crecimiento demográfico acelerado, demandando día a día mayor cantidad de alimentos, agua, energía e infraestructura; todo ello a costa de impactos adversos sobre sus ecosistemas. Se reconoce que las principales amenazas a la biodiversidad costera y oceánica, tanto a niveles genético, de especies y de ecosistemas, son la alteración del hábitat, la sobreexplotación de sus recursos naturales, la contaminación y eutrofización de sus aguas, la maricultura, la introducción de especies exóticas, el turismo y el cambio climático global (Arriaga *et al.*, 1998; Bryant *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; Groombridge y Jenkins, 2002; EEA, 2003; PNUMA, 2003).

En la presente obra se han considerado como ecosistemas de la zona costera a todos aquellos ubicados dentro de las zonas intermareales y bentónicas, destacando los estuarios, las comunidades de pastos marinos y los arrecifes coralinos. También se han considerado a los ecosistemas de mar abierto. Los manglares, aunque constituyen la transición entre ecosistemas terrestres y marinos, se han considerado dentro de la sección de “Ecosistemas Terrestres”. Es importante señalar que se ha incluido aquí una sección de un ecosistema que, por su riqueza biológica, importancia ecológica y problemática particular, merece especial atención: el arrecife de coral.

## Pesca

El impacto más directo de la pesca es la remoción de ejemplares de las especies objetivo. A nivel poblacional, se afecta su tamaño y estructura, los números relativos de hembras y machos, su potencial y características reproductivas y su composición genética (Goñi, 1998; García *et al.*, 2003; Godø *et al.*, 2003; FAO, 2003). Cuando la extracción es excesiva, las poblaciones pueden recuperarse lentamente y empobrecerse genéticamente, o incluso, extinguirse local y globalmente. De manera indirecta, la pesca también afecta a las comunidades marinas por la modificación del hábitat, la alteración del flujo y la dinámica de la cadena trófica (Alverson *et al.*, 1994; Goñi, 1998; García *et al.*, 2003). Ejemplos de cambios en abundancia y composición de especies por actividades pesqueras se han observado en todas las costas y océanos del mundo (ver ejemplos en Alverson *et al.*, 1994; Goñi, 1998; García *et al.*, 2003). La tendencia en la **captura pesquera nacional** y en el **esfuerzo pesquero nacional** sugieren la magnitud de la presión que se ejerce sobre las poblaciones naturales de las especies comerciales y las comunidades marinas de las que forman parte. El primer indicador es utilizado ampliamente por organismos internacionales (e.g., OCDE, FAO y UNCSD), por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países (e.g., EPA-Estados Unidos y EEA-Comunidad Europea), incluido México. Ambos indicadores se presentan en el capítulo de “Recursos pesqueros”.

La falta de selectividad de las artes de pesca tradicionales produce la captura de ejemplares de muchas especies que carecen de valor comercial. En la mayoría de los casos, la “fauna de acompañamiento” se regresa al mar muerta o severamente lastimada. Además de numerosas clases de peces e invertebrados, se capturan especies amenazadas, entre las que se encuentran cetáceos, tiburones y tortugas marinas (Alverson *et al.*, 1994; FAO, 2003; Lewison *et al.*, 2004). Sus efectos en el ecosistema dependerán, además de la intensidad de la captura, de las características biológicas de cada especie y del estado de sus poblaciones. Algunos de los efectos que se han observado son: cambios en las relaciones entre depredadores y presas, alteración de la función de las comunidades bentónicas, incremento de la competencia entre las especies que utilizan estos recursos, cambios en la abundancia y distribución de las especies carroñeras (Alverson *et al.*, 1994; Burke *et al.*, 2000). La **captura de fauna de acompañamiento** aporta evidencia directa del daño a las poblaciones y comunidades de las que muchas especies comerciales forman parte. Sin embargo, no se poseen datos precisos a la fecha de los volúmenes de fauna de acompañamiento capturados por las principales pesquerías nacionales, por lo que el indicador no se presenta en la publicación.

Algunas artes de pesca también perturban el medio y destruyen el hábitat de muchas especies. Las redes de arrastre barren el lecho marino en busca de camarones y otras especies de peces del fondo, lo que causa que pastos marinos, esponjas, corales y erizos, entre otros organismos, sean capturados, lastimados o desprendidos del lecho oceánico (Bryant *et al.*, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002; Freiwald *et al.*, 2004; Roberts y Hirshfield, 2004). Las especies formadoras de arrecifes, tanto de aguas superficiales como profundas, son altamente vulnerables al daño por este tipo de pesca, así como también lo son las especies estabilizadoras de los sedimentos (e.g., pastos marinos y poliquetos) (Goñi, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002; Roberts y Hirshfield, 2004; Rogers, 2004). Con la pérdida de los microhábitats creados por esponjas y corales, se pierden los sitios de reclutamiento y alimentación para otras especies residentes, lo que afecta sus poblaciones y el flujo y dinámica de las cadenas tróficas. La **superficie afectada por las redes de arrastre** sirve entonces como indicador de la perturbación y daño que la pesca, principalmente del camarón, origina en las comunidades que se localizan dentro de las zonas de explotación. Si bien se ha estimado para un año al menos la superficie nacional barrida por estas artes de pesca, no existen datos periódicos, lo que impide conocer de manera directa la tendencia en la magnitud del daño causado a las comunidades marinas por esta actividad. Sin embargo, la **producción nacional de camarón** es útil como indicador indirecto del efecto que las redes de arrastre tienen sobre los ecosistemas marinos en sus zonas de explotación.

La acuicultura consiste en el crecimiento de especies de animales y plantas en aguas dulces, marinas o salobres con fines comerciales o de investigación. A pesar de los beneficios económicos y sociales que produce, cuando su manejo es inadecuado puede traer impactos ambientales negativos. Éstos incluyen alteraciones en la calidad del agua y los sedimentos (eutrofización por el incremento de nutrientes orgánicos e inorgánicos y contaminación por antibióticos y antiparasitarios), introducción de especies exóticas, muerte de mamíferos y aves marinas en redes y jaulas, y la contaminación genética de las poblaciones silvestres en caso de escape de los ejemplares cultivados (Barg, 1995; Arriaga *et al.*, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002; EEA, 2003; EPA, 2003). La **producción acuícola nacional en entidades costeras** supone que el volumen acuícola obtenido podría estar relacionado directamente con los impactos ambientales negativos y locales que genera. Este indicador es utilizado por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países (e.g., EPA-Estados Unidos, EPA-Australia y EEA-Comunidad Europea), incluido México.

### **Actividades petroleras**

La explotación petrolera y del gas natural en yacimientos marinos afecta ecosistemas costeros y de mar abierto, siendo su principal y más común impacto el deterioro de la calidad del agua (E&P Forum-UNEP, 1997; Arriaga *et al.*, 1998; EPA, 1999), aunque ocasionalmente se producen derrames con consecuencias ecológicas catastróficas. Además de los hidrocarburos y el gas que escapan en la extracción, también se descargan al mar aguas con sales disueltas, compuestos orgánicos y metales pesados, entre otras sustancias tóxicas (E&P Forum-UNEP, 1997; Patin, 1999). Las descargas se producen rutinariamente en las operaciones o accidentalmente en las plataformas de extracción y los buques de transporte (Patin, 1999; Burke *et al.*, 2000). La mayoría de las comunidades biológicas costeras y las especies que las integran son muy susceptibles al contacto directo con los hidrocarburos y a sus compuestos derivados disueltos en agua (E&P Forum-UNEP, 1997; EPA, 1999; Patin, 1999; NOAA, 2001, 2002, 2003). Las **fugas y derrames de hidrocarburos, descarga de contaminantes y de agua congénita en zonas marinas** revelan la magnitud de la presión ejercida por los desechos y productos de las actividades petroleras en zonas marinas. Este último indicador se encuentra dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU.

La búsqueda de yacimientos en ambientes marinos también afecta la vida marina. Las prospecciones sísmológicas y la perforación de pozos son las actividades más perjudiciales de la exploración petrolera. Las ondas sonoras que generan las prospecciones sísmológicas afectan principalmente a peces, mamíferos marinos y tortugas marinas mientras que los lodos y trozos de perforación, así como los residuos de hidrocarburos que escapan en el proceso, deterioran la calidad del agua y pueden afectar directamente a las comunidades coralinas de las profundidades (E&P Forum-UNEP, 1997; Patin, 1999; Freiwald *et al.*, 2004; Roberts y Hirshfield, 2004; UNEP, 2004). Los **pozos exploratorios y en desarrollo perforados en zonas marinas** señalan la presión que estas actividades pueden ejercer en los ecosistemas marinos del Golfo de México.

### **Desarrollo costero**

Los bienes y servicios ambientales que ofrecen las zonas costeras y oceánicas las convierten en áreas social y económicamente importantes en el mundo. El crecimiento demográfico en estas zonas impacta a los ecosistemas marinos principalmente por la sobreexplotación de sus recursos, la construcción de infraestructura y el incremento en la generación de residuos municipales e industriales (Burke *et al.*, 2000; GESAMP, 2001; Groombridge y Jenkins, 2002; PNUMA, 2002). Esto se traduce en la sobreexplotación de las poblaciones locales de las especies comerciales, la alteración y destrucción del hábitat marino y la contaminación de sus aguas; todo ello con importantes consecuencias en la estructura y función de manglares, estuarios,

comunidades de pastos marinos y arrecifes de coral (Arriaga *et al.*, 1998; GESAMP, 2001; NOAA, 2002; PNUMA, 2003). El **crecimiento poblacional en la zona costera**, la cual se ha definido para el indicador como la franja de tierra comprendida dentro de los 60 kilómetros a partir de la línea de costa, refleja la magnitud de la presión que el crecimiento demográfico ejerce sobre los diversos ecosistemas marinos. Las tasas de crecimiento poblacional están consideradas como indicadores de presión dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y la OCDE, orientándose aquí hacia la zona costera del país.

## **Turismo**

El turismo es uno de los sectores de más rápido crecimiento en la economía global y el de zonas costeras resulta estratégico para muchos países, incluido México. Ejerce tres impactos básicos en los ecosistemas marinos: presión por los recursos naturales, contaminación del agua e impactos físicos directos (Arriaga *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; GESAMP, 2001; UNEP, 2002; PNUMA, 2003). La presión por recursos naturales se concentra en los productos pesqueros, cuyos efectos se revisan en la sección de “Recursos pesqueros”. La contaminación del agua se debe a la descarga de aguas residuales de establecimientos y embarcaciones turísticos; lo que produce su eutrofización y favorece la aparición de “mareas rojas”, que ocasionan daños a corales por la proliferación de plancton y algas (GESAMP, 2001; NOAA, 2001; UNEP, 2002). Los impactos físicos directos proceden de la construcción y mantenimiento de infraestructura (e.g., marinas, diques, dragados y muelles) y de las actividades náuticas (e.g., anclaje y colisiones de embarcaciones), las cuales perturban y destruyen el hábitat marino (UNEP, 2002). El indicador **turistas en destinos costeros** supone que el volumen de visitantes está relacionado directamente con la magnitud de su impacto sobre los ecosistemas marinos adyacentes a las zonas turísticas. Este indicador es empleado por la Agencia Europea del Ambiente (EEA).

## **Transporte marítimo**

Si bien el transporte marítimo es uno de los medios con menores impactos en el ambiente, cuando no se observan las reglamentaciones puede afectar a los ecosistemas marinos por la contaminación del agua o la introducción de especies exóticas (PNUMA, 2003). La contaminación proviene básicamente de la descarga de los desechos, que en zonas susceptibles puede causar la eutrofización del agua y desencadenar algunas de las consecuencias negativas citadas en las secciones previas. La introducción de especies exóticas ocurre comúnmente por los organismos adheridos a los cascos o los atrapados en el agua de lastre de las embarcaciones que navegan grandes distancias y que pueden provocar cambios radicales en los ecosistemas marinos (Burke *et al.*, 2000; GESAMP, 2001; PNUMA, 2003). La **carga marítima transportada y pasajeros transportados** es un reflejo indirecto de la intensidad con la que la navegación de carga y de pasajeros impacta a los ecosistemas marinos nacionales.

## **Especies invasoras**

No obstante que el movimiento de especies de una región a otra puede ser un fenómeno natural, la actividad humana ha incrementado enormemente la frecuencia con la que éste ocurre. Las especies invasoras en ecosistemas marinos provienen generalmente del tránsito de embarcaciones marinas (en cascos, cargamentos y el agua de lastre), de la introducción intencional y escape de especies empleadas en la maricultura y de las no comerciales asociadas a ella, de las especies de acuario, así como de la migración a través de canales artificiales, conocida como “migración Lessepsiana” (Burke *et al.*, 2000; GESAMP, 2001; Groombridge y Jenkins, 2002; EEA, 2003; PNUMA, 2003). Con la presencia de estas especies, las comunidades marinas

muestran enfermedades y patógenos desconocidos, cambian la composición de especies y las relaciones entre depredadores y presas y, finalmente, en el corto o largo plazos pueden desplazarse o extinguirse local o globalmente muchas especies (Arriaga *et al.*, 1998; Mack *et al.*, 2000). Las especies invasoras se reconocen como una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en el planeta (EPA, 2003). Las **especies invasoras en ecosistemas marinos y costeros nacionales** es indicativo directo de la presión que este problema puede ejercer en tales ecosistemas.

### **Cambio climático global**

El cambio climático global, resultado de la variabilidad interna del sistema climático y de factores externos (tanto naturales como producto de las actividades humanas), se ha manifestado en el entorno costero y marino por el aumento de la temperatura superficial (cerca de 0.3°C en los últimos 50 años) y en su nivel medio (que subió entre uno y dos milímetros por año a lo largo del siglo XX) (IPCC, 2001). Efectos del cambio climático se han registrado en diversas especies marinas y en algunos de los ecosistemas de los que forman parte. Algunos ejemplos son cambios en la distribución de las especies, eventos de blanqueamiento del coral, enfermedades, modificaciones en los tamaños poblacionales de peces y amplias fluctuaciones en la abundancia de aves y mamíferos marinos (principalmente en el Pacífico y el Ártico) (IPCC, 2002; Gitay *et al.*, 2003; Precht y Aronson, 2004). En este sentido, el indicador **variación en la temperatura del agua marina** puede ser útil para denotar la presión que este fenómeno ejerce en los ecosistemas marinos y costeros. Sin embargo, no se cuenta con datos suficientes para documentar este indicador, por lo que no se incluyó en este trabajo.

***Especies marinas mexicanas en riesgo***

Como consecuencia de la falta de datos respecto al estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador **especies marinas mexicanas en riesgo** se emplea entonces como indicador del estado de la biodiversidad de algunos de los grupos taxonómicos presentes en los ecosistemas marinos del país. El uso del número de especies amenazadas es recomendado ampliamente por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

### ***Áreas naturales protegidas federales en zonas marinas***

Las áreas naturales protegidas (ANP) han sido una de las estrategias de política ambiental de conservación más utilizadas (UICN y PNUMA, 1990). Tienen como función primordial la protección de la flora y fauna, de los recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos de una región o país, por lo que su creación refleja directamente las medidas gubernamentales encaminadas a salvaguardar la biodiversidad y los servicios ambientales que brindan (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995; Verhulst, 2004). Las ***áreas naturales protegidas federales en zonas marinas*** sirven como indicador del esfuerzo gubernamental en materia de conservación de zonas marinas importantes por sus recursos naturales, flora, fauna y/o ecosistemas representativos. Estos indicadores han sido ampliamente utilizados por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

### ***Actividades de inspección pesquera***

La protección y regulación de la actividad pesquera nacional se consigue por medio de diversos instrumentos, que van desde los permisos y las Normas Oficiales Mexicanas hasta el establecimiento de “tallas mínimas de captura”, vedas y la prohibición de artes de pesca perniciosas. Las actividades de inspección y vigilancia que realizan la Profepa y los Comités de Vigilancia Comunitaria constituyen el medio más importante para asegurar el cumplimiento de los instrumentos antes citados. En este sentido, el indicador ***actividades de inspección y vigilancia de los recursos pesqueros*** refleja el esfuerzo de protección que realiza el gobierno y la sociedad para la protección de dichos recursos. Mayor información y detalles del indicador se encuentran en el capítulo de “Recursos pesqueros”.

### ***Ordenamientos ecológicos marinos y costeros decretados***

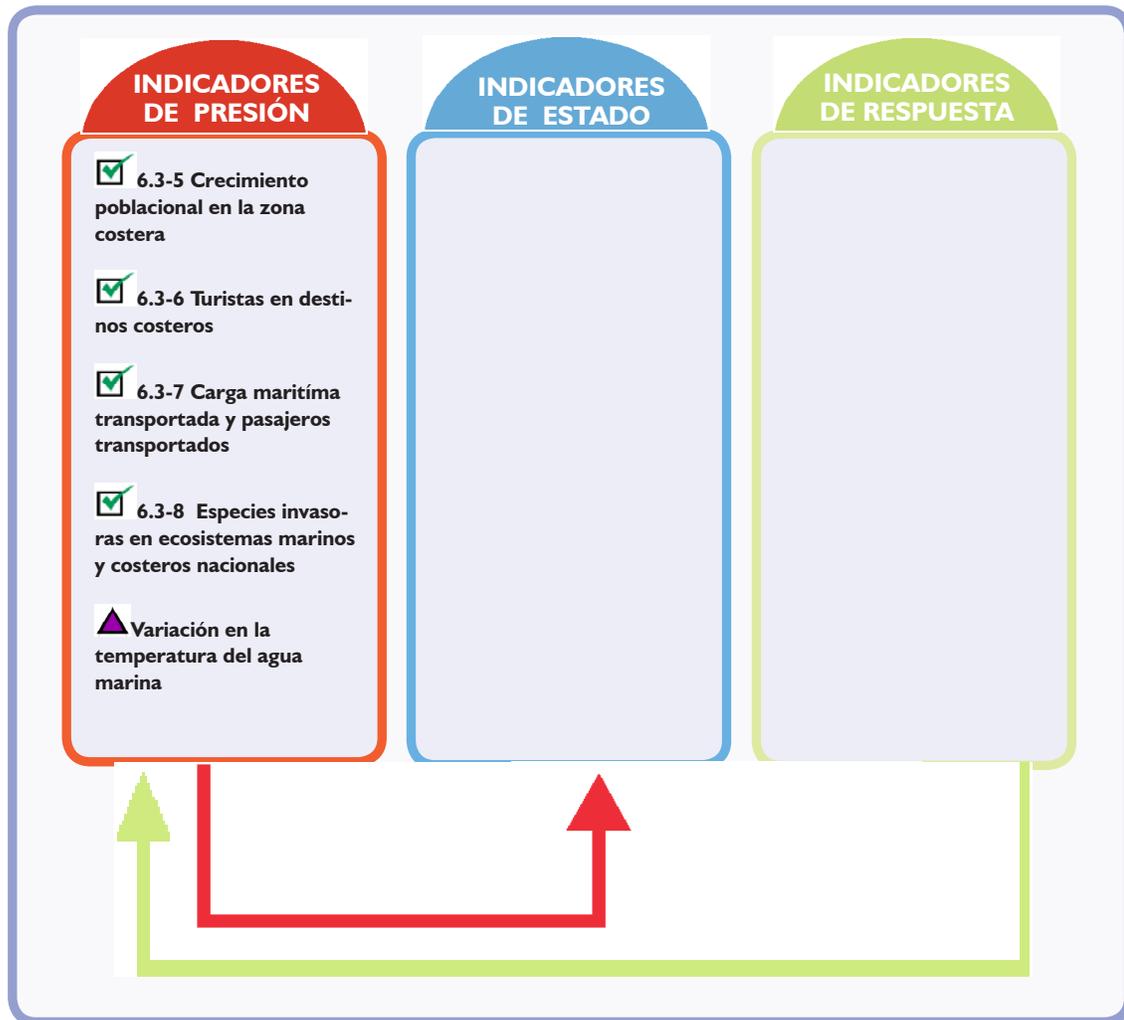
El ordenamiento ecológico es un instrumento de planeación diseñado para regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, todo ello con el fin de proteger el ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Semarnat, 2003). El indicador ***ordenamientos ecológicos decretados en zonas marinas y costeras*** sirve para mostrar el esfuerzo de planeación y dirección del desarrollo en esas zonas del país, tendiente a evitar los efectos potenciales que las actividades de desarrollo pudieran tener en los ecosistemas marinos.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Costeros y Oceánicos



- Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Ecosistemas Costeros y Oceánicos (continuación)



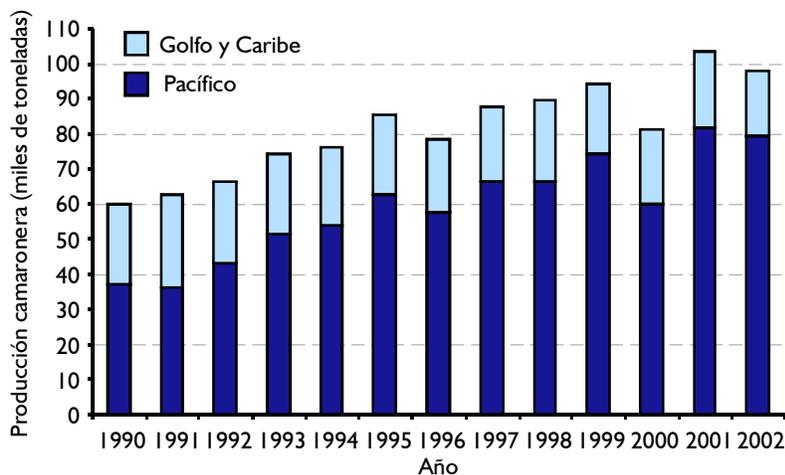
- ✓ *Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

**Justificación**

Las redes de arrastre que barren el lecho marino y buscan camarones y otros peces del fondo provocan que pastos marinos, esponjas, corales y erizos, entre otros animales, sean capturados, lastimados o desprendidos del lecho oceánico. Con la pérdida de los microhábitats creados por esponjas y corales, se pierden los sitios de reclutamiento y alimentación para otras especies residentes, lo que afecta sus poblaciones y el flujo y dinámica de las cadenas tróficas.

**Situación / Tendencia**

A nivel nacional, la captura de camarón ha crecido de manera constante entre 1990 y el año 2002, pasando de las cerca de 60 mil toneladas en 1990 a 97 mil 700 en el año 2002. La mayor parte de la producción camaronera proviene del Pacífico, cuyo aporte a la captura nacional ha crecido del 61.5% en 1990 a cerca del 81% en el 2002.



**Información complementaria**

- Impacto de las redes de arrastre camaroneras en altamar, 2000 (IC 6.3-1 A)
- Principales zonas de explotación del camarón en México (IC 6.3-1 B)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-1

Fuente: Sagarpa. Anuario Estadístico de Pesca 2002. México. 2003.

PRODUCCIÓN ACUÍCOLA NACIONAL EN ENTIDADES COSTERAS

6.3-2

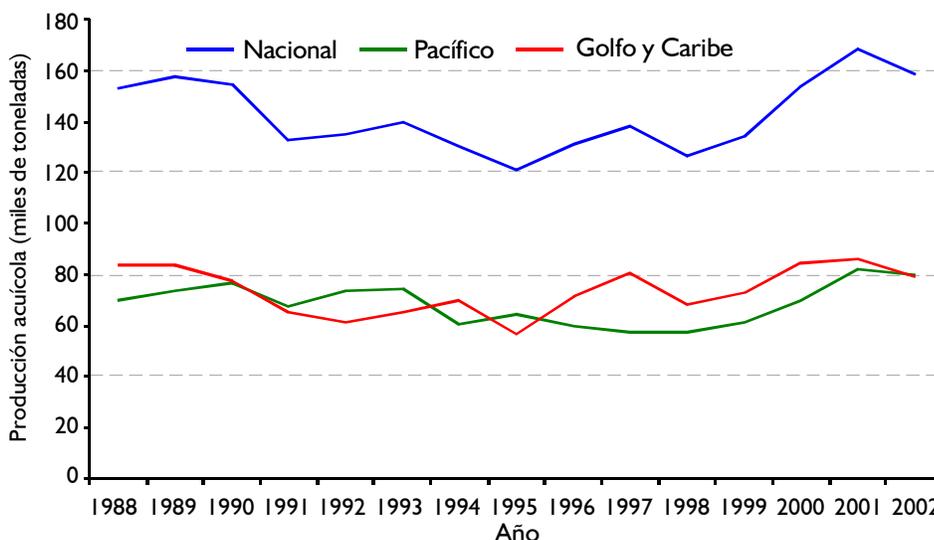
PRESIÓN

**Justificación**

El manejo inadecuado de la acuicultura en zonas marinas deteriora el ambiente marino por la eutrofización de las aguas y los sedimentos, la contaminación por antibióticos y antiparasitarios, la introducción de especies exóticas, la muerte de mamíferos y aves marinas en redes y jaulas y la contaminación genética de las poblaciones silvestres por el escape de los ejemplares cultivados.

**Situación / Tendencia**

El volumen de producción acuícola en entidades costeras se han mantenido relativamente constante alrededor de las 142 mil 256 toneladas por año en promedio. Del volumen total producido en el período, el 52% provino del Golfo y el Caribe, y el restante 48% del litoral del Pacífico.



**Información Complementaria**

- Producción de acuícola nacional en zonas costeras por entidad federativa, 1994-2002 (IC 6.3-2 A)

**Comentarios al indicador**

El indicador ha sido ampliamente utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, FAO y UNCSD), por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países (e.g., EPA: Estados Unidos y EEA: Comunidad Europea), incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-2

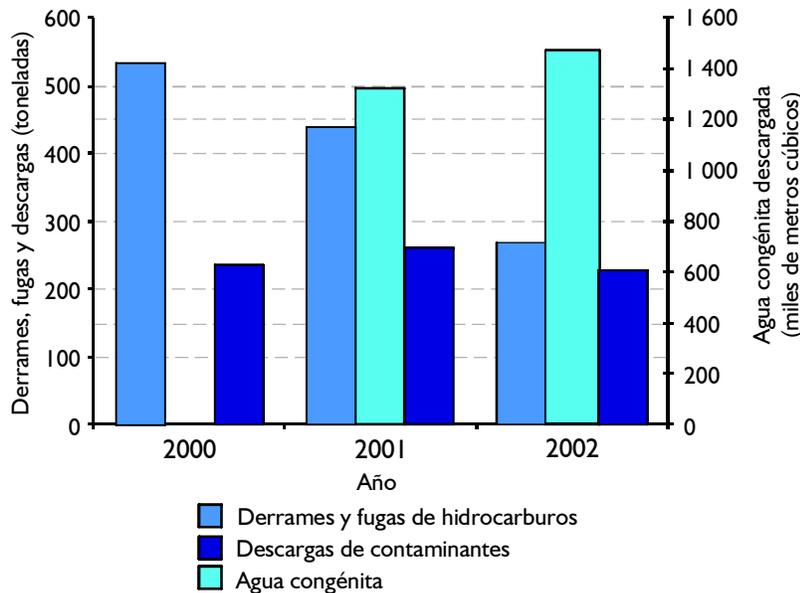
## FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS, DESCARGA DE CONTAMINANTES Y AGUA CONGÉNITA EN ZONAS MARINAS

### Justificación

La explotación petrolera y del gas natural en zonas marinas produce, rutinaria o accidentalmente, la descarga, fuga y derrame de hidrocarburos que, junto a sus productos derivados, resultan tóxicos para la mayoría de las comunidades biológicas costeras y las especies que las integran.

### Situación / Tendencia

El volumen de los derrames y fugas de hidrocarburos a las aguas marinas decreció de manera constante entre 2000 y el año 2002, pasando de las 535 a las 269 toneladas descargadas respectivamente. El vertido de contaminantes, sin embargo, se ha mantenido relativamente sin cambios entre el año 2000 y el 2002, con un volumen alrededor de las 240 toneladas por año. En contraste, el volumen de agua congénita descargada se incrementó cerca de 145 mil metros cúbicos entre 2001 y el año 2002. En este último caso, la descarga la produce exclusivamente la Región Marina Suroeste.



### Información complementaria

- Derrames y fugas de hidrocarburos y descarga de contaminantes por región marina productora de petróleo crudo y gas natural, 2000-2002 (IC 6.3-3 A)
- Producción petrolera y de gas natural por región marina, 1992-2002 (IC 6.3-3 B)
- Contribución de la producción petrolera y de gas natural en las zonas marinas a la producción nacional, 1992-2002 (IC 6.3-3 C)
- Valor de las ventas internas y exportaciones de hidrocarburos, 1992-2002 (IC 6.3-3 D)
- Producción petrolera y de gas natural en zonas marinas, 1992-2002 (IC 6.3-3 E)
- Regiones marinas productoras de hidrocarburos: contribución relativa a la producción nacional, 2002 (IC 6.3-3 F)

### Comentarios al indicador

El indicador se encuentra dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-3

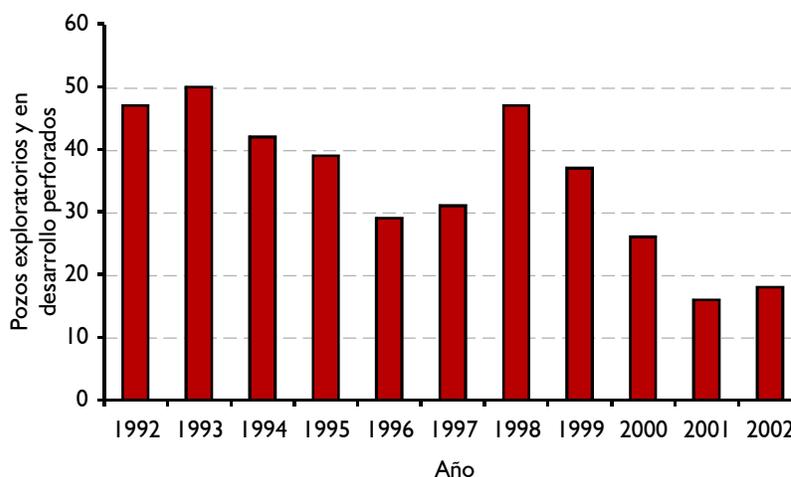
## POZOS EXPLORATORIOS Y EN DESARROLLO PERFORADOS EN ZONAS MARINAS

### Justificación

Las prospecciones sísmológicas y la perforación de pozos son las actividades más perjudiciales de la exploración petrolera. Las ondas sonoras afectan a mamíferos marinos y peces, mientras que los lodos y trozos de perforación, así como los residuos de hidrocarburos que escapan en el proceso, deterioran la calidad del agua.

### Situación / Tendencia

La perforación de pozos en las aguas del Golfo de México ha seguido en general una tendencia decreciente en la última década, aun a pesar del aumento de esta actividad registrado en 1998 y 1999. Mientras que en 1993 se perforaron cincuenta pozos, en 2002 tan sólo fueron perforados dieciocho. Del total de pozos perforados en el periodo 1992-2002, el 62% se llevó al cabo en la Región Marina Noreste, mientras que el restante 38% se efectuó en la Región Suroeste.



### Información complementaria

- Pozos exploratorios y en desarrollo perforados por región marina, 1992-2002  
(IC 6.3-4 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-4

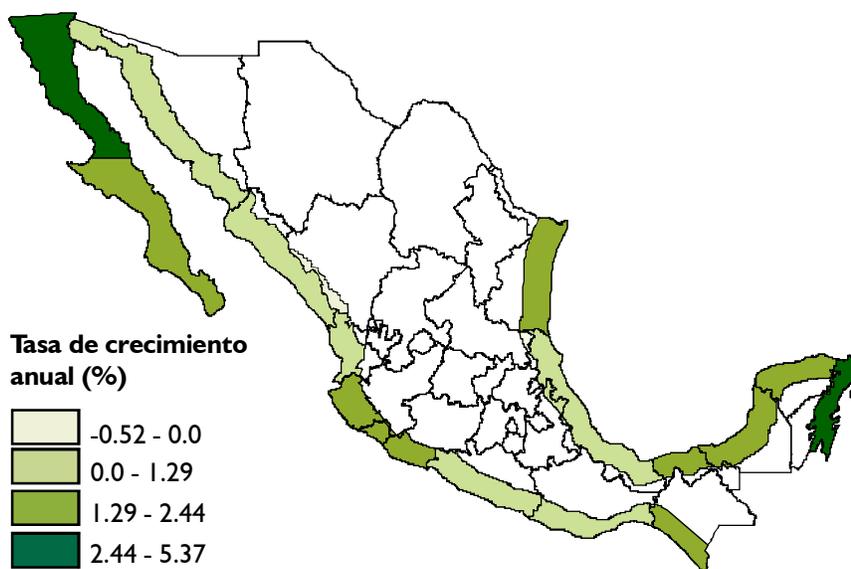
**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-4

**Justificación**

El crecimiento poblacional en las zonas costeras presiona al ambiente marino principalmente a través de la construcción de infraestructura, la sobreexplotación de sus recursos y por la disposición de los residuos municipales sin tratamiento en sus aguas. La zona costera se ha definido para el indicador como la franja de tierra comprendida dentro de los 60 kilómetros a partir de la línea de costa.

**Situación / Tendencia**

En el periodo 1995-2000, la población mexicana de las zonas costeras creció a una tasa anual del 1.63%, pasando de los 19 a los 20.7 millones de habitantes. Las zonas costeras de Quintana Roo y Baja California fueron las que crecieron más aceleradamente durante este periodo, con tasas anuales de 5.37 y 4.11% anual respectivamente.



**Información complementaria**

Este indicador no tiene información complementaria.

**Comentarios al indicador**

Las tasas de crecimiento poblacional están consideradas como indicadores de presión dentro de la Lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y de la OCDE, orientándose aquí a la zona costera del país.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-5

Fuente: INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. México. 2001.  
INEGI. Censo de Población y Vivienda 1995. México. 1997.

**TURISTAS EN DESTINOS COSTEROS**

6.3-6

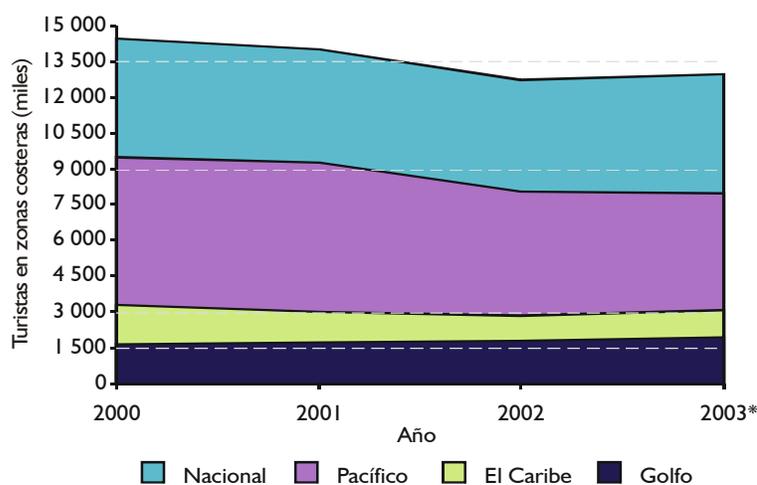
PRESIÓN

**Justificación**

El turismo en las zonas costeras ejerce tres impactos básicos en los ecosistemas marinos: presión por recursos naturales (sobreexplotación de las especies comerciales y deportivas), contaminación del agua (emisión de aguas residuales sin tratamiento) e impactos físicos directos (construcción y mantenimiento de infraestructura y actividades náuticas).

**Situación / Tendencia**

El número de turistas en los principales destinos costeros nacionales ha mostrado una ligera tendencia decreciente a partir del año 2001. En el año 2002 alcanzó el valor mínimo del periodo, correspondiendo al 88% del volumen de turistas costeros en el año 2000. En 2003 se observó una recuperación de aproximadamente 2% del volumen (cerca de 241 mil visitantes) respecto al año inmediato previo, dada fundamentalmente por los turistas visitando el Golfo y el Caribe mexicanos. El litoral que recibe mayor número de visitantes es el Pacífico (cerca del 64% del volumen nacional), seguido por El Caribe (23%) y el Golfo (13%).



\* Datos preliminares

**Información complementaria**

- Turistas en algunos de los principales destinos costeros nacionales, 2000-2003 (IC 6.3-6 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador ha sido empleado por la Agencia Europea del Ambiente (EEA).

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-6

**Fuente:** Sectur. Con base en información generada a través del Sistema Nacional de Información Turística (SNIT)- Sistemas de Información Turística Estatal (SITE). México. 2005.

## CARGA MARÍTIMA TRANSPORTADA Y PASAJEROS TRANSPORTADOS

6.3-7

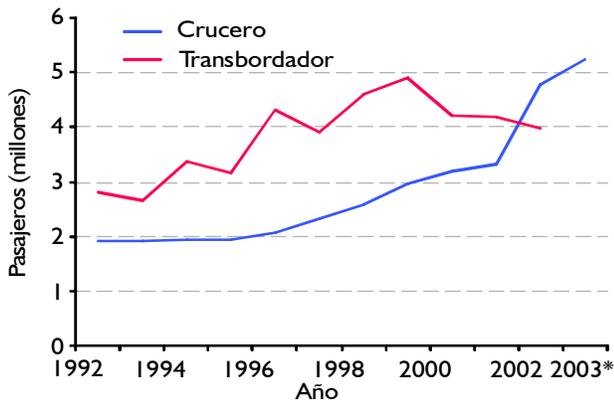
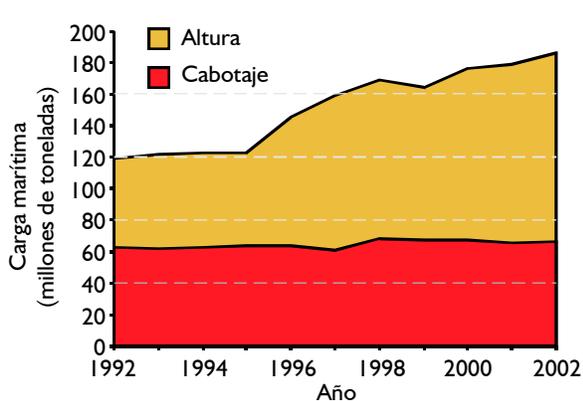
PRESIÓN

### Justificación

Cuando no se observan las reglamentaciones, el transporte marítimo afecta los ecosistemas marinos por la contaminación del agua (principalmente por la descarga de desechos) y/o la introducción de especies exóticas (por los organismos adheridos a los cascos o atrapados en el agua de lastre).

### Situación / Tendencia

El volumen de la carga transportada por embarcaciones de altura fue 56.8% mayor en 2002 respecto a 1992, creciendo a un ritmo promedio anual de 4.7%. En contraste, el tráfico de cabotaje tan sólo creció, en el mismo periodo, un 5.5%, con tasas anuales promedio de 0.6%. Por otro lado, el número de pasajeros transportados en cruceros y transbordadores también aumentó en el mismo periodo. Entre 1992 y 2003, el número de pasajeros en cruceros creció cerca de 174%, pasando de los cerca de 2 millones a 5.2 millones de pasajeros por año. Entre 1992 y 2002, el volumen de pasajeros en transbordadores ha sufrido oscilaciones considerables; su crecimiento en el periodo fue de 42.5%, pasando de los 2.8 a 3.9 millones de pasajeros en esos años respectivamente.



\*Datos preliminares

### Información complementaria

- Principales puertos de carga marítima y de visita de cruceros (IC 6.3-7 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

Datos: Tabla Indicador 6.3-7

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.3-7

Fuente: SCT. Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 2002. México. 2003. Sectur. Con base en información generada a través del Sistema Nacional de Información Turística (SNIT) - Sistemas de Información Turística Estatal (SITE). 2005.

**ESPECIES INVASORAS EN ECOSISTEMAS MARINOS**

**Y COSTEROS NACIONALES**

6.3-8

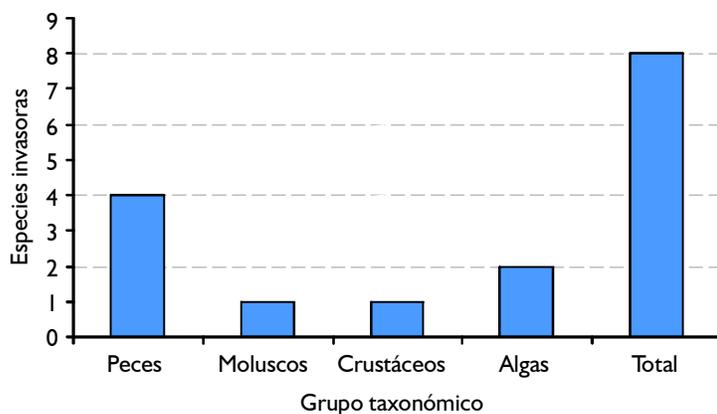
PRESIÓN

**Justificación**

Las especies invasoras en zonas marinas provienen generalmente del tránsito de embarcaciones marinas, de la introducción intencional y/o escape de especies acuícolas o asociadas a ellas o de la migración por canales artificiales. Con su introducción, surgen enfermedades y patógenos desconocidos, cambia la composición de especies y, en el corto o largo plazo, pueden desplazarse o extinguirse local o globalmente muchas especies.

**Situación / Tendencia**

El número de especies invasoras conocidas que se registran en las zonas marinas del país es de ocho: cuatro corresponden a peces, una especie de molusco, un crustáceo y dos especies de algas. Los sitios de introducción de estas especies abarcan tanto el litoral del Pacífico como el del Golfo y El Caribe.



**Información complementaria**

- Especies invasoras introducidas en los ecosistemas marinos y costeros nacionales (IC 6.3-8 A)
- Causas de la introducción de las especies invasoras en los ecosistemas marinos y costeros nacionales (IC 6.3-8 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-8

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-8

**Fuente:** Conabio. Programa de especies invasoras de México. México. 2004.  
 Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/especies\\_invasoras/doctos/especiesinvasoras.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/especies_invasoras/doctos/especiesinvasoras.html)

**Justificación**

Los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

**Situación / Tendencia**

El grado de amenaza para los grupos taxonómicos marinos presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2001 es variable. Mientras un muy alto porcentaje de las especies de tortugas marinas y mamíferos del país están en alguna condición de riesgo, los restantes grupos taxonómicos no muestran un grado de amenaza considerable, con valores por debajo del 7% de sus especies en riesgo.

Grupo taxonómico	Especies en Riesgo <sup>1</sup>	Especies marinas conocidas en México	Porcentaje del Grupo en riesgo <sup>2</sup>
<b>Invertebrados</b>			
Cnidarios			
Escleractinios	2	63 - 81	2.5 - 3.2
Gorgonáceos	5	ND	ND
Moluscos	8	4 100 - 5 000	0.16 - 0.19
Crustáceos	2	4 250 - 8 500	0.02 - 0.05
Equinodermos	1	503	0.2
<b>Peces</b>	20	1616	1.2
<b>Reptiles</b>			
Tortugas marinas	7	7	100
<b>Aves</b>	34	533	6.4
<b>Mamíferos</b>	44	45 <sup>8</sup>	97.8

Notas:

ND: No disponible.

1 Las categorías en riesgo consideradas dentro de la norma mexicana son: en peligro de extinción, amenazadas, sujetas a protección especial y extintas.

2 Dado que las estimaciones de la riqueza especificada de los diferentes grupos taxonómicos en México son diversas, el porcentaje de las especies en riesgo como porcentaje de las especies conocidas se calculó para algunos grupos con los conteos mayor y menor de especies reportados.

**Información complementaria**

- Especies marinas mexicanas extintas según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.3-9 A)

**Comentarios al indicador**

El uso del número de especies amenazadas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3-9

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3-9

**Fuentes:** DOF. NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. México. 2002 (6 de marzo). El total de especies de los diferentes grupos taxonómicos proviene de: 1) *Escleractinios*: Spalding, M. D., C. Ravilius y E. P. Green. *World Atlas of Coral Reefs*. WCMC-UNEP. University of California Press. Berkeley. USA. 2001; Carricart-Ganivet, J. P y G. Horta-Puga. Arrecifes de coral de México.

**Fuentes (continuación):** En: Salazar, S. I. y N. E. González (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO-CIQRO. México. 1993; **2) Moluscos:** González, N. E. Moluscos endémicos del Pacífico de México. En: Salazar, S. I. y N. E. González (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO-CIQRO. México. 1993; Reguero, M. y A. García. Estado actual de la investigación de los moluscos en México. En: Gío, R. y E. López-Ochoterena (Eds.). *Diversidad biológica en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. XLIV. 1993; **3) Crustáceos:** Villalobos-Hiriart, J. L. Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Colección de Crustáceos. UNAM, comunicación personal; **4) Equinodermos:** Wilson, E. O. (Ed.). *Biodiversity*. National Academic Press. 1988; Buitrón, B. E. y F. A. Solís. 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*. XLIV. 1993; **5) Peces:** Espinosa, H. Riqueza y diversidad de peces. En: Flores, O. y A. Navarro (comps.). *Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias*. 7. 1993; **6) Reptiles:** Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2002. Compendio de Estadísticas Ambientales. Semarnat. México. 2003; **7) Aves:** Ceballos, G., H. Gómez de Silva y M. Arizmendi. *Áreas prioritarias para la conservación de las aves de México*. 2004. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/aves\\_mexico.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/aves_mexico.html); **8) Mamíferos:** Ceballos, G. *Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México*. 2004. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/ceballos.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/ceballos.html).

## ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES EN ZONAS MARINAS

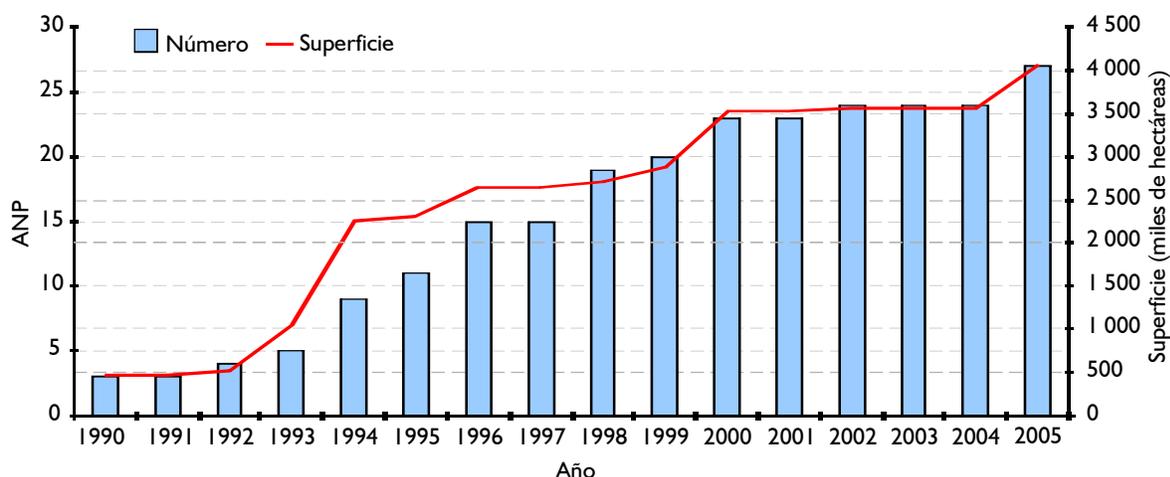
6.3-10

### Justificación

Las áreas naturales protegidas (ANP) en zonas marinas tienen como función principal la protección de zonas marinas importantes por sus recursos naturales, flora, fauna y/o ecosistemas representativos.

### Situación / Tendencia

Las áreas naturales protegidas en zonas marinas en el país han mostrado un importante crecimiento en los últimos 15 años. Su número se incrementó de 3 a 27 entre 1990 y el año 2005. Ello se reflejó también en un cambio considerable en la superficie marina protegida, la cual pasó de 474 mil hectáreas en 1990 a cerca de 4 millones en el presente año. A 2005, el 69.9% de la superficie marina protegida del país se encuentra en el Pacífico, mientras que el restante 30.1% corresponde al Golfo y el Caribe mexicanos.



### Información complementaria

- Áreas naturales protegidas federales con zonas marinas, 2005 (IC 6.3-10 A)
- Áreas naturales protegidas federales con zonas marinas según categoría de manejo, 2005 (IC 6.3-10 B)
- Superficie decretada y acumulada de áreas naturales protegidas federales con zonas marinas por litoral, 1990-2005 (IC 6.3-10 C)
- Ecosistemas marinos dentro de las áreas naturales protegidas marinas federales, 2005 (IC 6.3-10 D)

### Comentarios al indicador

Este indicador ha sido ampliamente utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

Datos: Tabla Indicador 6.3-10

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.3-10

## ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS DECRETADOS EN ZONAS MARINAS Y COSTERAS

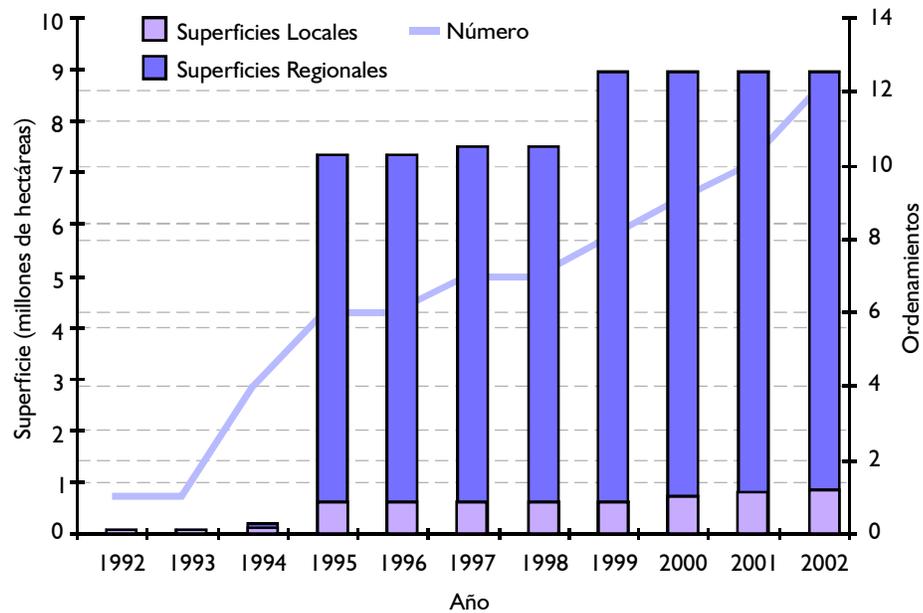
6.3-11

### Justificación

El ordenamiento ecológico pretende regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de proteger el ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

### Situación / Tendencia

Los ordenamientos regionales y locales decretados en zonas costeras se incrementaron de uno a doce entre 1992 y el año 2002, creciendo la superficie de 73 mil hectáreas a cerca de 9 millones 800 mil hectáreas en el mismo periodo. Los ordenamientos locales entre 1992 y 1993 contribuyeron con el 100% del área bajo ordenamiento en las zonas costeras, sin embargo, desde 1995 los ordenamientos regionales han contribuido con más del 90% de la superficie bajo ordenamiento.



### Información complementaria

- Ordenamientos ecológicos decretados en zonas costeras y marinas, 1992-2002 (IC 6.3-11 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

Datos: Tabla Indicador 6.3-11

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.3-11

Los arrecifes coralinos son las comunidades más diversas, productivas y vulnerables de los mares. A pesar de que ocupan tan sólo el 0.2 por ciento del área marina del planeta, se estima que en ellos coexisten entre uno y nueve millones de especies (Bryant *et al.*, 1998). En México se reconocen claramente tres zonas con arrecifes coralinos: la costa del Pacífico (incluye Baja California y las Islas Revillagigedo), ciertas zonas de las costas de Veracruz y Campeche en el Golfo de México y la costa este de la Península de Yucatán (desde Isla Contoy hasta Xcalak, incluyendo al atolón de Banco Chinchorro) (Spalding *et al.*, 2001). Al igual que en otras partes del mundo, en México los arrecifes proveen de numerosos bienes y servicios a la población, los cuales van desde alimentos y materiales de construcción que abastecen a las zonas costeras hasta la protección de las costas ante tormentas y huracanes, además de su función como sitios de cría y reproducción de multitud de especies de importancia comercial (Bryant *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; NOAA, 2001). Sin embargo, la actividad humana deteriora severamente estos ecosistemas. El crecimiento demográfico en las zonas costeras, el turismo, la sobreexplotación de las pesquerías y el cambio climático global son algunas de sus mayores amenazas. La pérdida o deterioro de los arrecifes de coral podría afectar la vida humana en el futuro: se reducirían la producción pesquera y la protección de las costas, se perdería una gran diversidad de especies y, seguramente, disminuirían de manera importante los ingresos producto del turismo en las zonas costeras.

## INDICADORES DE PRESIÓN

***Desarrollo en zonas costeras con arrecifes de coral***

El crecimiento demográfico en las zonas costeras impacta directa e indirectamente a los arrecifes de coral. La construcción de infraestructura, la extracción de material de construcción (arena y piedra caliza para producir cemento) y el dragado de puertos y canales de navegación son los impactos directos más importantes (Bryant *et al.*, 1998). Indirectamente, la descarga de aguas residuales con nutrientes y sedimentos afecta el crecimiento y supervivencia de los corales, favoreciendo además la proliferación de algas que los desplazan y eliminan (GESAMP, 2001; NOAA, 2001; UNEP, 2002). El indicador **crecimiento poblacional de la zona costera con zonas de arrecifes de coral** puede reflejar la magnitud de la presión que el elemento demográfico ejerce sobre estos ecosistemas.

***Turismo en zonas costeras con arrecifes de coral***

Los arrecifes de coral atraen anualmente a multitud de turistas que buscan el contacto directo con su belleza natural. El turismo es una de las actividades de mayor crecimiento en el mundo (Wilkinson, 2002). Los turistas afectan directamente a estos ecosistemas por el pisoteo o la colecta de partes o ejemplares completos de coral, así como por el anclaje de las embarcaciones que los transportan (Bryant *et al.*, 1998; Lang *et al.*, 1998; GESAMP, 2001). Indirectamente, la demanda de alimentos de origen marino afecta la composición de especies y la dinámica de las comunidades coralinas; además, las descargas de aguas residuales de hoteles y otros establecimientos turísticos causan la turbidez y eutrofización de las aguas y con ello la muerte de los corales (Lang *et al.*, 1998; GESAMP, 2001; NOAA, 2001; UNEP, 2002). El indicador **turistas en destinos costeros con arrecifes de coral** supone que el volumen de visitantes está relacionado directamente con la magnitud de la presión sobre estos ecosistemas.

***Pesca en zonas costeras con arrecifes de coral***

La sobreexplotación de las poblaciones de especies de consumo humano por las artes de pesca tradicionales y la pesca destructiva (con redes de arrastre, explosivos o venenos) son las actividades pesqueras más perjudiciales para los ecosistemas coralinos (Bryant *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; NOAA, 2001). Los principales efectos de estas prácticas, además de la destrucción y disturbio del hábitat, son los cambios en la composición de especies y dinámica de las comunidades, que a su vez repercuten en la reducción de su biodiversidad en el corto o mediano plazos. La **captura pesquera marina en zonas con arrecifes de coral** puede reflejar el daño que esta actividad ocasiona a las comunidades coralinas. Sin embargo, puesto que no existen datos precisos respecto a la captura nacional de productos pesqueros en los arrecifes de coral, el indicador no se presenta en la publicación. Se sugiere consultar el indicador **captura pesquera nacional**, en el capítulo de “Recursos pesqueros”, para obtener una aproximación a la presión que esta actividad ejerce sobre los arrecifes coralinos. Es importante notar que la producción pesquera de las entidades con zonas de arrecifes de coral sería, *per se*, una sobreestimación de los volúmenes capturados en estos ecosistemas.

## **Cambio climático global**

Actualmente se reconoce que el calentamiento global del planeta registrado en los últimos 50 años ha sido influenciado de manera muy importante por las actividades humanas (IPCC, 2001). Este fenómeno, junto con otros factores, también afecta a los arrecifes coralinos, produciendo el llamado “blanqueamiento del coral” (Bryant *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; NOAA, 2001). Este padecimiento se debe principalmente a la pérdida de las algas simbiotas (zooxantelas) que viven dentro de pólipos coralinos y esponjas, lo que produce su aspecto blanquecino. Si bien los corales pueden recuperarse si el estrés no es prolongado, en algunas ocasiones causa su debilitamiento y muerte (Wilkinson, 1998). En este sentido, la **variación en la temperatura del agua marina** puede servir como un indicador para denotar la presión que este fenómeno ejerce en los ecosistemas coralinos. Sin embargo, no se cuenta con datos suficientes para documentar este indicador, por lo que no se incluyó en este trabajo.

## INDICADORES DE ESTADO

***Especies de coral mexicanas en condición de riesgo***

Como consecuencia de la falta de datos respecto al estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador **especies de coral mexicanas en condición de riesgo** puede reflejar el estado de conservación de las especies de coral del país. El uso del número de especies amenazadas es recomendado ampliamente por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

***Blanqueamiento de coral en arrecifes coralinos***

Aunque diversas iniciativas internacionales han emitido informes respecto a las principales amenazas y afectaciones por los eventos de El Niño en los arrecifes mexicanos (e.g., Wilkinson, 1998, 2000, 2002), no se conoce con precisión su estado actual de conservación. En este sentido, los reportes de **blanqueamiento de coral en arrecifes mexicanos** sirve como indicador indirecto del estado de los arrecifes de coral nacionales.

### ***Áreas naturales protegidas marinas federales con arrecifes de coral***

Las áreas naturales protegidas (ANP) son una de las estrategias de política ambiental de conservación más utilizadas (UICN y PNUMA, 1990). Su función primordial es la protección de la flora, fauna y de los recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos de una región o país. La constitución de sistemas de áreas naturales protegidas refleja directamente las medidas gubernamentales encaminadas a salvaguardar la biodiversidad, los recursos naturales y los servicios ambientales que brindan (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador ***áreas naturales protegidas marinas federales con arrecifes coralinos*** denota el esfuerzo nacional de conservación de estos ecosistemas. Este indicador es utilizado ampliamente por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

### ***Ordenamientos ecológicos decretados en zonas marinas y costeras con zonas de arrecifes de coral***

El ordenamiento ecológico, como se ha mencionado anteriormente, es un instrumento de planeación diseñado para regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, todo ello con el fin de proteger el ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Semarnat, 2003). El indicador ***ordenamientos ecológicos decretados en zonas marinas y costeras con zonas de arrecifes de coral*** refleja el esfuerzo de planeación y dirección del desarrollo en esas zonas del país orientado a disminuir los efectos potenciales que las actividades de desarrollo no reguladas pueden ocasionar en estos ecosistemas.

### ***Actividades de inspección pesquera en zonas costeras con arrecifes de coral***

La protección y regulación de la actividad pesquera nacional se consigue por medio de diversos instrumentos, que van desde los permisos y las Normas Oficiales Mexicanas hasta el establecimiento de “tallas mínimas de captura”, vedas y la prohibición de artes de pesca perniciosas. Las actividades de inspección y vigilancia que realizan la Profepa y los Comités de Vigilancia Comunitaria constituyen el medio más importante para asegurar el cumplimiento de los instrumentos antes citados. En este sentido, las ***actividades de inspección y vigilancia de los recursos pesqueros*** sirven como indicador del esfuerzo de protección que realiza el gobierno y la sociedad para la protección de dichos recursos. Mayor información y detalles del indicador se encuentran en el capítulo de “Recursos pesqueros”.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Arrecifes Coralinos



- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

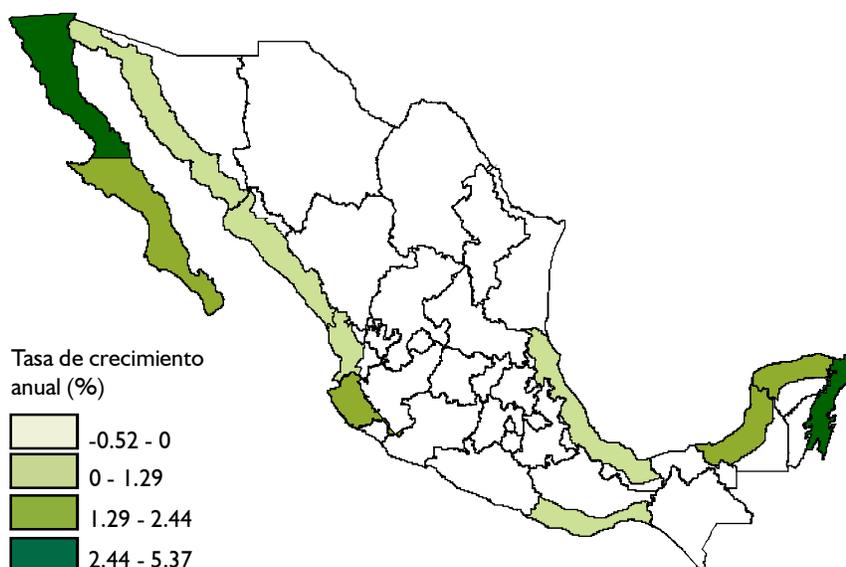
## CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA ZONA COSTERA CON ZONAS DE ARRECIFES DE CORAL

### Justificación

El crecimiento demográfico impacta directamente a los arrecifes de coral por la construcción de infraestructura, la extracción de material de construcción y el dragado de puertos y canales de navegación. Indirectamente, también afecta los arrecifes por la descarga de las aguas residuales sin tratamiento. La zona costera se ha definido para el indicador como la franja de tierra comprendida dentro de los 60 kilómetros a partir de la línea de costa.

### Situación / Tendencia

La población de las zonas costeras en las entidades con zonas de arrecifes de coral crecieron en el periodo 1995-2000 a una tasa anual del 1.61%. Sin embargo, Quintana Roo y Baja California crecieron anualmente a una tasa por arriba del 4% (5.37 y 4.11% respectivamente).



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Las tasas de crecimiento poblacional están consideradas como indicadores de presión dentro de la Lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y la OCDE, orientándose aquí a las entidades costeras del país con zonas de arrecifes de coral.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3.1-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3.1-1

## TURISTAS EN DESTINOS COSTEROS CON ARRECIFES DE CORAL

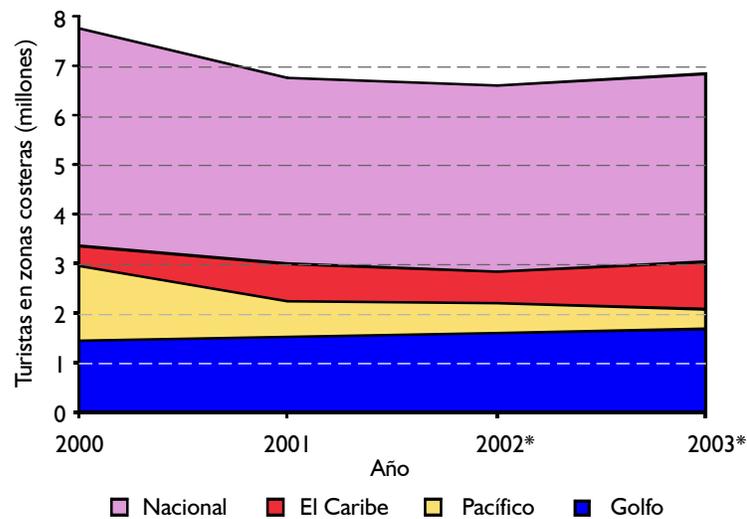
6.3.1-2

**Justificación**

Los turistas afectan directamente a los arrecifes por el pisoteo o colecta de partes o ejemplares completos de coral y otras especies, así como por el anclaje de las embarcaciones que los transportan. Indirectamente, la sobreexplotación de los productos pesqueros, la descarga de aguas residuales sin tratamiento de hoteles y otros establecimientos turísticos también afectan los corales y las especies asociadas a ellos.

**Situación / Tendencia**

El volumen de turistas en los principales destinos costeros con zonas de arrecifes coralinos se mantuvo relativamente estable dentro del periodo 2000-2003. Cancún y Cozumel fueron los destinos que mayor número de visitantes trajeron en el periodo, con un promedio aproximado de 3 millones de visitantes por año. Los destinos con arrecifes en el Pacífico mostraron una aparente tendencia a la baja en el número de visitantes a partir del 2001. En contraste, el volumen de turistas en los destinos del Golfo ha crecido anualmente a un ritmo cercano al 4% entre 2000 y el año 2003.



\* Datos preliminares

**Información complementaria**

- Turistas en los destinos turísticos con arrecifes de coral según el destino turístico, 2000-2003 (IC 6.3.1-2 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador ha sido empleado por la Agencia Europea del Ambiente (EEA), adecuándose aquí para las zonas con arrecifes de coral.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3.1-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3.1-2

**Justificación**

Los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

**Situación / Tendencia**

Dos especies conocidas de coral formadoras de arrecifes en México se encuentran en riesgo dentro de la categoría de protección especial.

Especies en riesgo <sup>1</sup>	Especies conocidas en México	Porcentaje en riesgo respecto a las especies conocidas <sup>2</sup>
2	63-81	2.5-3.2

**Notas:**

<sup>1</sup> Las categorías en riesgo consideradas dentro de la norma mexicana son: en peligro de extinción, amenazadas, sujetas a protección especial y extintas.

<sup>2</sup> Dado que las estimaciones de la riqueza específica de corales hermatípicos en México son diversas, el porcentaje de las especies en riesgo como porcentaje de las especies conocidas se calculó con los conteos mayor y menor de especies.

**Información complementaria**

- Diversidad de especies de coral formadoras de arrecifes por zona geográfica. (IC 6.3.1-3 A)
- Especies de corales hermatípicos y blandos en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.3.1-3 B)

**Comentarios al indicador**

El uso del número de especies amenazadas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3.1-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3.1-3

**Fuente:** DOF. NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. México. 2002 (6 de mayo).

Spalding, M.D., C. Ravilious y E.P. Green. *World Atlas of Coral Reefs*. World Conservation Monitoring Centre - UNEP. University of California Press Berkeley. USA. 2001.

Carricart-Ganivet, J. P. y G. Horta-Puga. Arrecifes de coral en México. En: *Biodiversidad Marina y Costera*. CONABIO - CIQRO. México. 1903

## BLANQUEAMIENTO DE CORAL EN ARRECIFES MEXICANOS

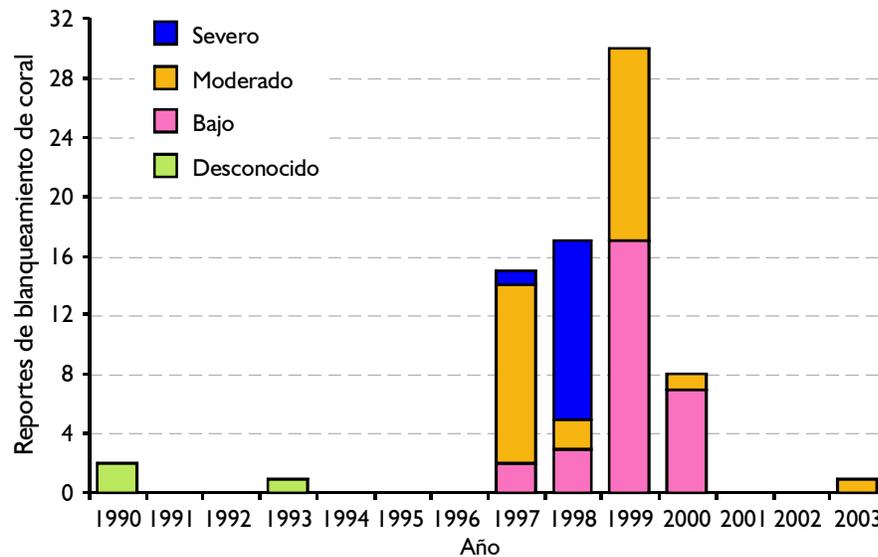
6.3.1-4

**Justificación**

Se considera que el factor causal del “blanqueamiento del coral” es el sobrecalentamiento prolongado de las aguas marinas superficiales, el cual en los últimos cincuenta años ha sido influenciado importantemente por las actividades humanas; aunque los corales pueden recuperarse, en algunas ocasiones provoca su debilitamiento y muerte.

**Situación / Tendencia**

Dentro del periodo 1990-2003, el 95% de los reportes de blanqueamiento de coral se registró entre 1997 y 2000, siendo 1999 el año con mayor número de registros. El 61% de los reportes en el mismo periodo provienen de los arrecifes de El Caribe, 34% del Pacífico y tan sólo el 4% de los arrecifes del Golfo. Los únicos años en los cuales los reportes muestran daños severos (blanqueamiento en el 30% o más de los corales del sitio) fueron 1997 y 1998. En este último año, el 71% de los reportes mostraron daños severos en los arrecifes.

**Información complementaria**

- Blanqueamiento de coral en arrecifes mexicanos según litoral y grado de severidad, 1990-2003 (IC 6.3.1-4 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3.1-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3.1-4

## ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MARINAS FEDERALES CON ARRECIFES CORALINOS

6.3.1-5

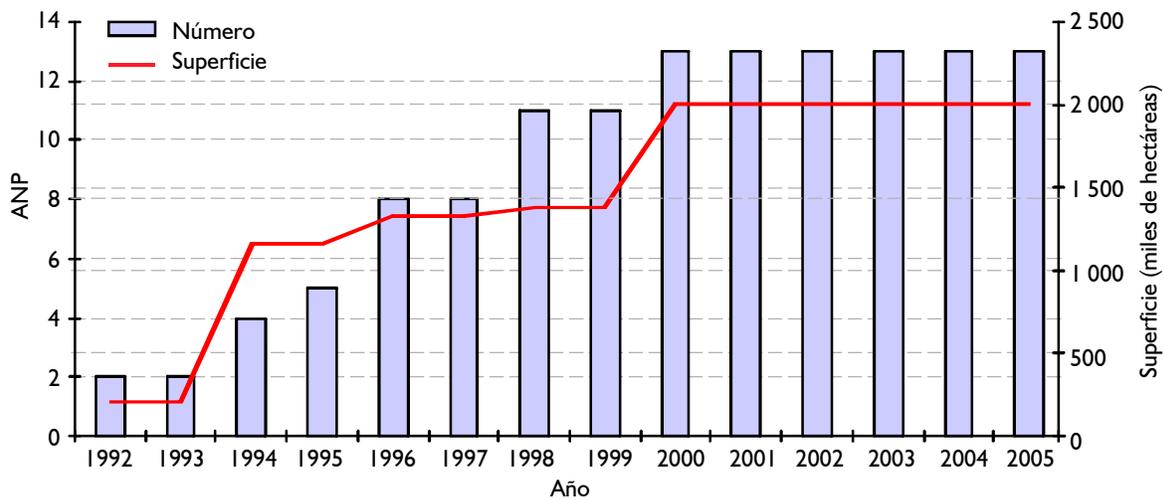
RESPUESTA

### Justificación

Las áreas naturales protegidas tienen como función principal la protección de la flora y fauna, de los recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos. Las ANP marinas que incluyen dentro de sus áreas arrecifes coralinos demuestran el esfuerzo nacional de conservación de estos ecosistemas.

### Situación / Tendencia

El número de áreas naturales protegidas que protegen zonas de arrecifes de coral creció de 2 a 13 entre 1992 y 2005. La superficie se incrementó, durante el mismo periodo, de cerca de 205 mil a poco más de 2 millones de hectáreas.



### Información complementaria

- Áreas naturales protegidas federales con zonas de arrecifes de coral, 2005 (IC 6.3.1-5 A)
- Áreas naturales protegidas con zonas de arrecifes de coral según categoría de manejo, 2005 (IC 6.3.1-5 B)
- Superficie de las áreas naturales protegidas con zonas de arrecifes de coral por litoral, 1990-2005 (IC 6.3.1-5 C)

### Comentarios al indicador

Este indicador ha sido ampliamente utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

Datos: Tabla Indicador 6.3.1-3

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.3.1-3

## ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS DECRETADOS EN ZONAS MARINAS Y COSTERAS CON ZONAS DE ARRECIFES DE CORAL

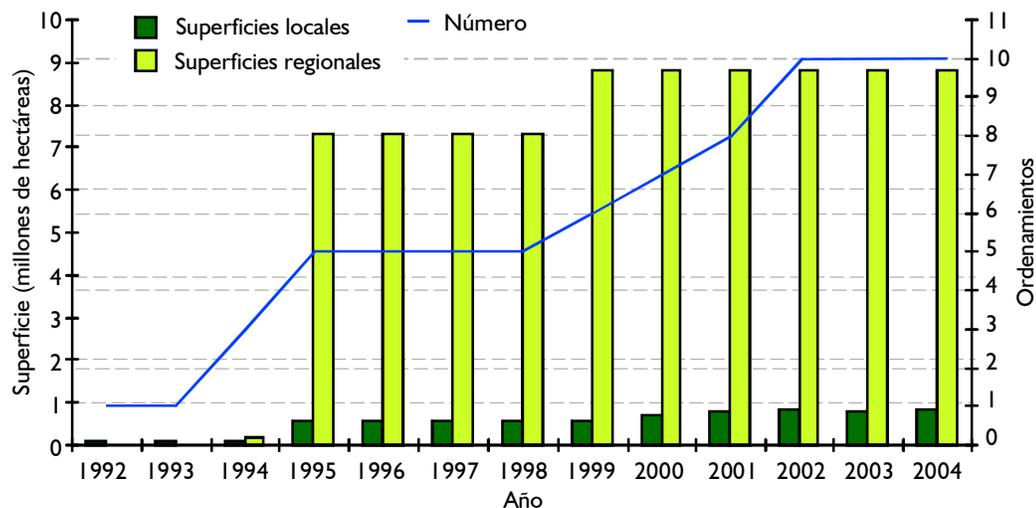
6.3.1-6

### Justificación

El ordenamiento ecológico pretende regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de proteger el ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En este sentido, los ordenamientos en zonas costeras con arrecifes de coral pueden promover su protección y conservación.

### Situación / Tendencia

Los ordenamientos regionales y locales decretados en zonas costeras con arrecifes de coral se incrementaron de uno a diez entre 1992 y el año 2002, creciendo la superficie de 73 mil hectáreas a cerca de 9 millones 621 mil hectáreas en el mismo periodo. Los ordenamientos locales entre 1992 y 1993 contribuyeron con el 100% del área bajo ordenamiento en las zonas costeras con zonas de arrecifes de coral, sin embargo, desde 1995 los ordenamientos regionales han contribuido con más del 90% de la superficie bajo ordenamiento. En 2003 y 2004 no se decretaron ordenamientos de esta naturaleza.



### Información complementaria

- Ordenamientos ecológicos decretados en zonas costeras con arrecifes de coral, 1992-2004 (IC 6.3.1-6 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.3.1-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.3.1-6

México es uno de los países con mayor riqueza biológica en el mundo, tanto a nivel de ecosistemas como de especies y genes. Su riqueza lo incluye dentro de la lista de los 12 países megadiversos, al lado de Brasil, Colombia, Indonesia, Perú, India y Australia, entre otros, con aproximadamente el 10 por ciento de la biodiversidad del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992; Conabio, 1998). Actualmente se reconocen cerca de 65 mil especies en México, de las cuales cerca de 30 mil corresponden a plantas y hongos y las restantes a diversos grupos de animales (Conabio, 1998). Es uno de los cinco países más ricos en especies de plantas y anfibios, el primero en reptiles y el segundo en mamíferos (Mittermeier y Goettsch, 1992). Aunado a ello, debe destacarse otro de los rasgos que caracterizan a la biodiversidad mexicana: su elevado grado de endemismo, es decir, el gran número de especies que habitan exclusivamente en su territorio. Como ejemplo de ello, el 60 por ciento de los anfibios mexicanos son endémicos, al igual que el 52 por ciento de los reptiles, el 79 por ciento de las cactáceas y el 44 por ciento de los pinos (diversos autores en Conabio, 1998).

Toda esta diversidad de especies brinda múltiples bienes a la sociedad: sirven como alimentos, materias primas en la fabricación de múltiples productos, fuente de energía y principios activos de muchos productos farmacéuticos (Conabio 1998; UNDP, WB y WRI 2000; Groombridge y Jenkins, 2002). Cuando todas estas especies se integran en la enorme diversidad y complejidad de los ecosistemas también prestan una gran variedad de servicios ambientales, tales como la filtración y purificación de las aguas, la protección de las zonas costeras, la regulación del ciclo hidrológico y del clima, la generación y conservación de los suelos, la dispersión y degradación de los desechos, la polinización de los cultivos y la absorción de contaminantes (Ehrlich *et al.*, 1992; UNEP, 1995; CBD, 2002; UE, 2002).

Sin embargo, al igual que en muchos otros países del mundo, la biodiversidad mexicana encara serias amenazas que la ponen en grave riesgo. A la fecha, varias decenas de especies, entre plantas y animales, no habitan más en su territorio, mientras que muchas otras se incluyen dentro de listados de especies en riesgo. La transformación de los sistemas naturales a sistemas productivos (agrícolas, ganaderos o acuícolas), la sobreexplotación de las poblaciones silvestres, el aprovechamiento ilegal, la contaminación del ambiente y la introducción de especies exóticas son algunas de las actividades que producen los mayores impactos en la biodiversidad (Arriaga *et al.*, 1998, 2000; Conabio, 1998).

Debe mencionarse que se han emprendido, desde muchos años atrás, diversas estrategias encaminadas a la protección y rescate de la biodiversidad mexicana. El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, los Proyectos de Conservación y Recuperación de Especies Prioritarias, las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), además de numerosos esfuerzos en materia de normatividad, de inspección y de vigilancia, son sólo algunos ejemplos de ellas.

En esta sección se han integrado indicadores relacionados con los factores que amenazan a las especies de flora y fauna nacionales, su estado actual y las acciones encaminadas para detener y revertir algunos de los impactos sobre ellas. Aun cuando la sección se ha enfocado a la biodiversidad en su conjunto, se han añadido subsecciones especiales de especies que, por su importancia ecológica o su grado de amenaza, es conveniente tratarlas por separado. Este es el caso de las tortugas marinas y de algunos de los cetáceos que visitan o habitan las aguas marinas nacionales (la ballena gris y jorobada y la vaquita marina).

## INDICADORES DE PRESIÓN

### ***Aprovechamiento ilegal de la biodiversidad***

El aprovechamiento ilegal de la biodiversidad incluye la cacería furtiva, captura, colecta, transporte y comercio no autorizado de ejemplares de la vida silvestre (Semarnap, 1997). Por los ingresos que genera, a nivel internacional se considera que esta práctica es la tercera de las actividades ilícitas, después del tráfico de drogas y armas (Conabio, 1998). Las especies sometidas a la comercialización ilegal se encuentran bajo una presión constante, lo que pone en riesgo su permanencia (CBD, 2002; Groombridge y Jenkins, 2002; PNUMA, 2003; WWF, 2004). A nivel poblacional, sus principales consecuencias son alteraciones en los tamaños y estructuras poblacionales, en los números relativos de hembras y machos, en su potencial y características reproductivas y su composición genética, además de las repercusiones en el flujo y la dinámica de las cadenas tróficas de las comunidades de las que forman parte. Los **especímenes, productos y subproductos de flora y fauna silvestre asegurados por operativo de inspección** es un indicador de la presión mínima detectable que el tráfico ilegal ocasiona en la biodiversidad nacional.

### ***Contingencias ambientales de origen antropogénico***

El manejo inadecuado de sustancias contaminantes que procesa o desecha la industria puede ocasionar contingencias y emergencias ambientales que amenazan la biodiversidad de los sitios aledaños a las zonas de producción o por las cuales se transportan. La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define las contingencias ambientales como situaciones de riesgo derivadas de actividades humanas o fenómenos naturales que pueden poner en peligro la integridad de las especies y los ecosistemas (Semarnap, 1997). En México, el número de contingencias ambientales que involucran materiales peligrosos es cada vez mayor, debido principalmente al crecimiento y expansión de la actividad industrial. Algunos de las contingencias más comunes son los derrames de hidrocarburos y sustancias tóxicas por la industria petrolera y el derrame de aguas residuales y otros desechos orgánicos (Semarnap, 1997, 1999b; Profepa, 1998; PNUMA, 2002). La mayoría de las comunidades biológicas costeras, dulceacuícolas y terrestres son muy susceptibles al contacto directo con los hidrocarburos y a sus compuestos derivados disueltos en agua (E&P Forum-UNEP, 1997; EPA, 1999; NOAA, 2001, 2002, 2003), así como a los desechos urbanos e industriales (EPA, 1992; Revenga *et al.*, 2000; Culp *et al.*, 2003; EEA, 2003; Silk y Ciruna, 2004). El indicador **contingencias ambientales de origen antropogénico** sirve para señalar la presión indirecta que el manejo inadecuado de los productos o residuos industriales puede ocasionar a las poblaciones de las especies que habitan los sitios aledaños a las zonas de producción o transportación.

***Especies mexicanas en riesgo***

Como consecuencia de la falta de datos respecto al estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). Las **especies mexicanas en riesgo** se emplean como indicador del estado de la biodiversidad nacional, el cual es recomendado ampliamente por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

## INDICADORES DE RESPUESTA

### ***Protección y uso sustentable de la biodiversidad en las Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)***

Una de las estrategias encaminadas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad es el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), implementado en 1997 por la Semarnap. Bajo el concepto de las Unidades de manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) se integraron sitios que aprovechan especies de la vida silvestre, tales como criaderos (intensivos y extensivos), zoológicos, viveros y jardines botánicos. Desde su creación, han buscado crear oportunidades para el aprovechamiento de la vida silvestre de manera legal y sustentable, a la vez que promueven esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, por medio del uso racional, ordenado y planificado de los recursos renovables que contienen, frenando o revirtiendo los procesos de deterioro ambiental (Semarnat, 2003). El indicador ***unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)*** denota uno de los esfuerzos gubernamentales encaminados a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad nacional.

### ***Rescate de la biodiversidad en los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS)***

Como parte del Programa de de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000, se incorporaron dentro del Sistema de de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS). Dichos centros se encargan, entre otras funciones, de la recepción, protección, recuperación, reintroducción y canalización de ejemplares de vida silvestre producto de rescates, entregas voluntarias o aseguramientos por parte de la Procuraduría General de la República (PGR) y de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) (Semarnap, 1997, 2000). El indicador ***ejemplares ingresados en los Centros para la Conservación de la Vida Silvestre (CIVS)*** y reintroducidos en su habitat refleja una de las respuestas y parte del esfuerzo gubernamental encaminado a revertir las consecuencias del tráfico y colecta ilegal de ejemplares de la vida silvestre.

### ***Programas de Especies Prioritarias***

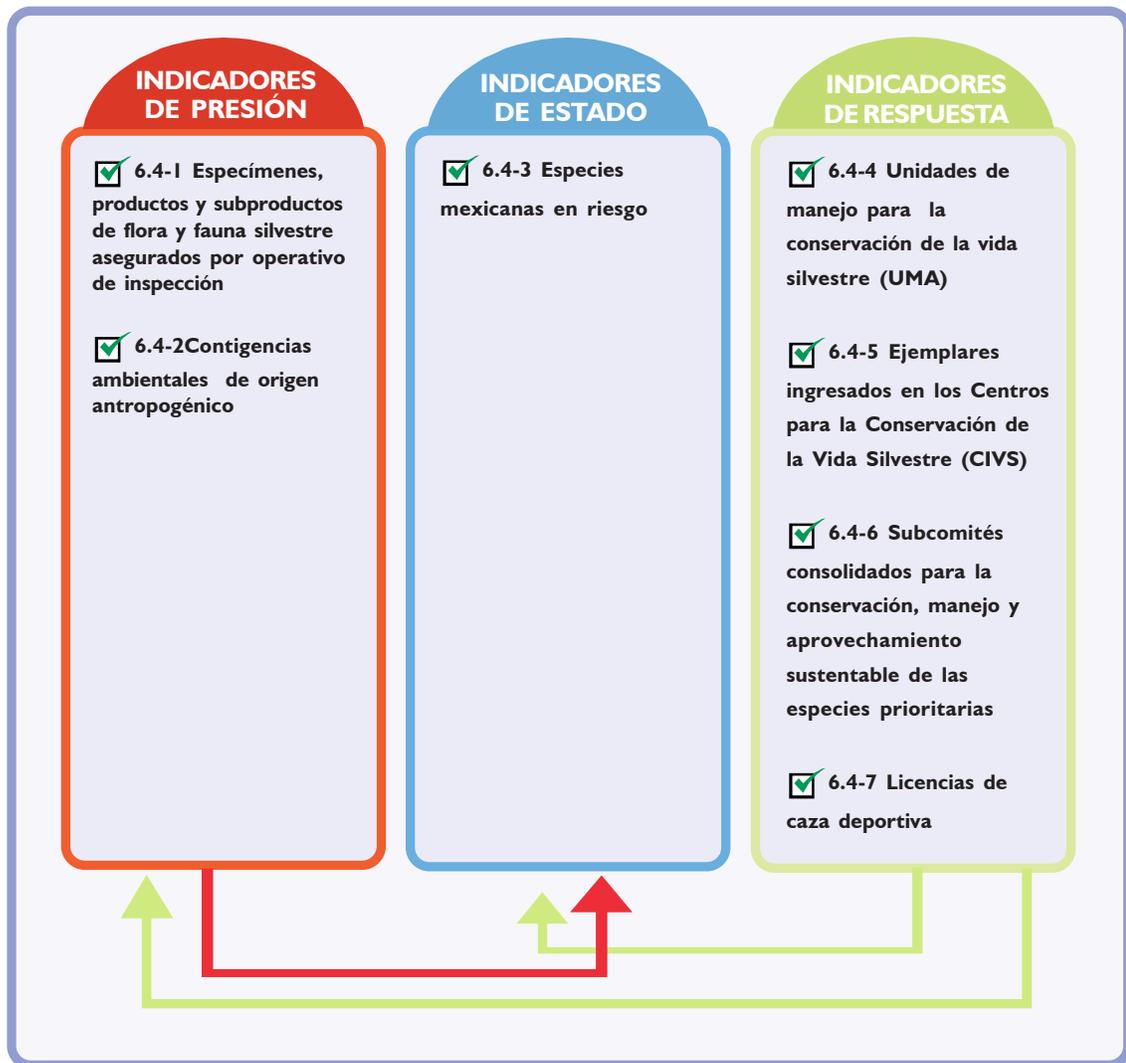
Uno de los objetivos medulares del Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000, fue proponer estrategias de conservación y recuperación de especies de flora y fauna mexicanas que, a juicio de los especialistas, deberían ser consideradas como especies prioritarias. Algunos de los criterios de selección de estas especies fueron su riesgo de extinción, la factibilidad de recuperarlas y manejarlas, su valor como especies carismáticas o bien por poseer un alto grado de interés cultural y económico. La conformación de comités y subcomités para la Recuperación de Especies Prioritarias integra esfuerzos y recursos de las diferentes instancias sectoriales e institucionales alrededor de una especie o grupo de especies, garantizando así la operación continua y permanente a largo plazo (Semarnat, 1997, 2000). En este sentido, los ***subcomités consolidados para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las especies prioritarias*** son un indicador del esfuerzo gubernamental y de diversos sectores sociales en materia de conservación y recuperación de dichas especies.

### ***Aprovechamiento legal de la biodiversidad***

El aprovechamiento legal de la biodiversidad regula, por medio de la expedición de autorizaciones y licencias, la explotación de la flora y fauna silvestre nacionales, promoviendo con ello su permanencia, viabilidad y explotación futura. Según la Ley

General de Vida Silvestre (2000), incluye el aprovechamiento extractivo, para fines de subsistencia, para caza deportiva y la colecta para fines científicos y de enseñanza. Las regulaciones de aprovechamiento permiten el mantenimiento de las poblaciones silvestres por el control de los números que se capturan o colectan de cada especie, por la repartición de estas actividades en el área de distribución de las especies, así como por la protección de las especies más vulnerables y por las restricciones que permiten controlar la colecta y captura de ejemplares en las etapas del ciclo de vida más susceptibles (hembras reproductivas con crías, por ejemplo) (IDNR, 2005). Por su impacto en la biodiversidad, mayor al que producen los otros tipos de aprovechamiento que contempla la normatividad, las *licencias de caza deportiva* se emplean como indicador para denotar el esfuerzo que en materia regulatoria realizan las autoridades para conseguir el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección de Especies



- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

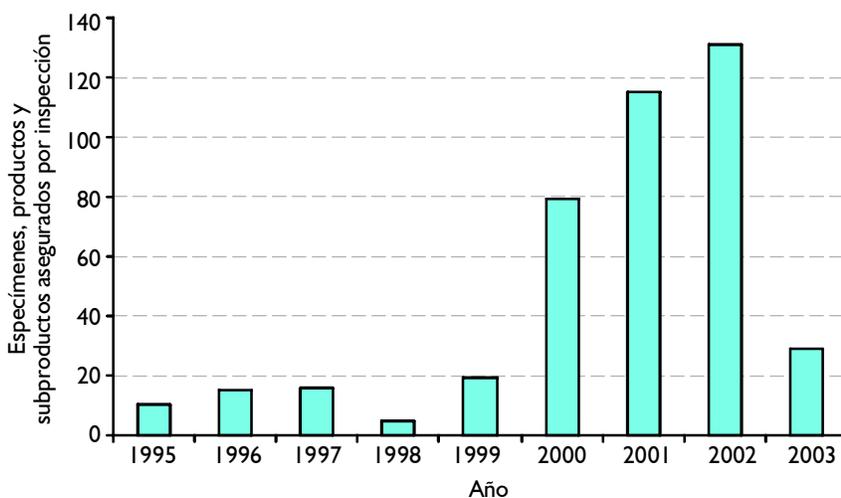
## ESPECÍMENES, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE ASEGURADOS POR OPERATIVO DE INSPECCIÓN

### Justificación

El aprovechamiento ilegal de la biodiversidad incluye la cacería furtiva, captura, colecta, transporte y comercio no autorizado de ejemplares de la vida silvestre. Sus principales consecuencias son alteraciones en los tamaños y estructuras poblacionales de las especies involucradas, en los números relativos de hembras y machos, en su potencial y características reproductivas y su composición genética, además de las repercusiones en el flujo y la dinámica de las cadenas tróficas de las comunidades que forman parte.

### Situación / Tendencia

Entre 1995 y 1998, el número de especímenes, productos y subproductos asegurados se mantuvo estable alrededor de las 13 piezas en promedio por operativo. Sin embargo, ya en el año 2000 alcanzó las 79 piezas y el máximo registrado en el periodo 1995-2003 fue de 131 piezas por operativo en 2002. Debe notarse la reducción en el número de piezas aseguradas por operativo entre 2002 y 2003.



### Información complementaria

- Cotización de algunas de las especies de flora y fauna de mayor demanda en el comercio ilegal nacional e internacional, 1996 (IC 6.4-1 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

Datos: Tabla Indicador 6.4-1

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.4-1

## CONTINGENCIAS AMBIENTALES DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO

6.4-2

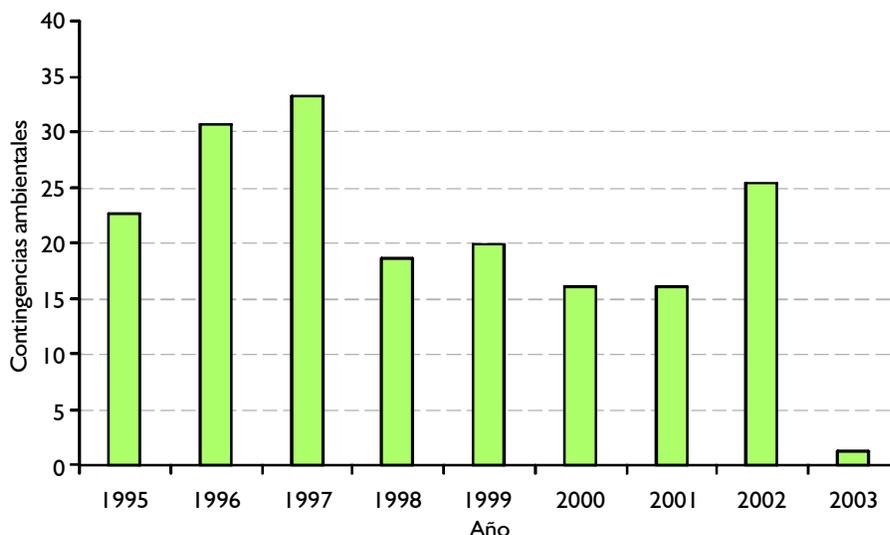
PRESIÓN

### Justificación

Las contingencias ambientales son situaciones de riesgo derivadas de actividades humanas o fenómenos naturales que pueden poner en peligro la integridad de las especies y/o sus ecosistemas. Las contingencias de origen antropogénico más comunes en México son los derrames de hidrocarburos, aguas residuales y otros desechos orgánicos. Gran parte de las comunidades biológicas y las especies que las integran son susceptibles al contacto directo con estos contaminantes.

### Situación / Tendencia

El promedio de contingencias ambientales durante el periodo 1995-2003 fue de cerca de 15.3 por año. Sin embargo, se observa una tendencia en los últimos cinco años a la disminución en el número de contingencias ambientales, con cerca de 12 por año. La mayor parte de las contingencias (cuando menos el 96% de ellas en cada uno de los años) involucró el manejo de sustancias químicas.



### Información complementaria

- Contingencias ambientales en los recursos naturales, contingencias atendidas y atención de emergencias ambientales derivadas del manejo de sustancias químicas, 1995-2001 (IC 6.4-2 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4-2

**Justificación**

Los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

**Situación / Tendencia**

El grado de amenaza para los distintos grupos taxonómicos presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2001 es variable. Por el elevado porcentaje de sus especies en riesgo, destacan grupos taxonómicos como los anfibios, reptiles, mamíferos y aves, con porcentajes mayores al 25%. En otros grupos, como el de los peces, las gimnospermas, angiospermas y las briofitas, este porcentaje no rebasa el 10% de las especies nacionales.

Grupo taxonómico	Especies en riesgo <sup>1</sup>	Especies en México	Porcentaje del grupo en riesgo
<b>Invertebrados</b>	46	Al menos 171 480	Al menos 0.03
<b>Anfibios</b>	197	361	54.6
<b>Peces</b>	185	2 122	8.7
<b>Reptiles</b>	466	804	58.0
<b>Aves</b>	371	1 250	29.7
<b>Mamíferos</b>	295	478	61.7
<b>Gimnospermas y angiospermas</b>	939	22 496	4.2
<b>Pteridofitas</b>	30	1 026	2.9
<b>Briofitas</b>	6	1 480	0.4
<b>Algas</b>	2	945	0.2
<b>Hongos</b>	46	6 000 - 120 000	0.04 -0.77 <sup>2</sup>

Notas:

1 Las categorías en riesgo consideradas dentro de la norma mexicana son: en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial.

2 Para el caso de los hongos, el porcentaje, de las especies en riesgo como porcentaje de las especies conocidas se calculó considerando los valores mayor y menor de especies reportados.

**Información complementaria**

- Especies mexicanas endémicas según grupo taxonómico y categoría de riesgo (IC 6.4-3 A)
- Especies mexicanas según grupo taxonómico y categoría de riesgo (IC 6.4-3 B)
- Especies mexicanas extintas según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.4-3 C)

**Comentarios al indicador**

El uso del número de especies amenazadas como porcentaje del total de especies conocidas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4-3

**Fuentes:** DOF. NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. México. 2002 (6 de marzo). El total de especies de los diferentes grupos taxonómicos proviene de: Conabio. México. 2005. Con base en: 1) *Invertebrados*: Llorente Bousquets, A. N. García Aldrete y J. E.

**Fuentes (continuación):** González Soriano (eds). 1996. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen I. Facultad de Ciencias, UNAM, CONABIO y BAYER. México. 660 pp.; Llorente Bousquets, J. E. González Soriano y N. Papavero (eds). 2000. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen II. Facultad de Ciencias, UNAM, CONABIO y BAYER. México.; Llorente Bousquets, J. E. y J. J. Morrone (eds). 2002. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen III. Facultad de Ciencias, UNAM, CONABIO, ECOSUR y BAYER. México. 690 pp.; Llorente Bousquets, J. J. Morrone, O. Yañez O. e I. Vargas, F. (eds). 2004. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen IV. Facultad de Ciencias, UNAM, CONABIO y BAYER. México. 790 pp.

**2) Anfibios:** Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(2):115-144. **3) Peces:** Espinosa H., P. Fuentes, M. T. Gaspar y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Comps.). Instituto de Biología, UNAM. pp. 227-249. **4) Reptiles:** Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(2):115-144. **5) Aves:** Navarro-Sigüenza, A. G. & Peterson, A. T. 2004. An alternative species taxonomy of the birds of México. *Biota Neotropica* 4(2). **6) Mamíferos:** Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F.A. Cervantes. 1996. Lista taxonómica de los mamíferos terrestres de México. *Occasional Papers The Museum Texas Technology University* 158:1-62. **7) Gimnospermas y angiospermas:** Villaseñor, J. L. Comunicación personal. Agosto 2003.; Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las magnoliophyta de México. *Interciencia*. 28(3):160-167. **8) Pteridofitas:** Villaseñor, J. L. Comunicación personal. Agosto 2003. **9) Briofitas:** Claudio Delgadillo, 2004. comunicación personal. **10) Algas:** Ortega, M. M., J. L. Godínez Ortega, G. Garduño S. 2001. Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. Cuadernos del Instituto de Biología, No. 34. **11) Hongos:** Guzmán, G. Las colecciones de hongos en México y su problemática en la biodiversidad del país. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (55): 35-37. 1994; Guzmán, G. La diversidad de hongos en México. *Ciencias* (39): 52-57. 1995.

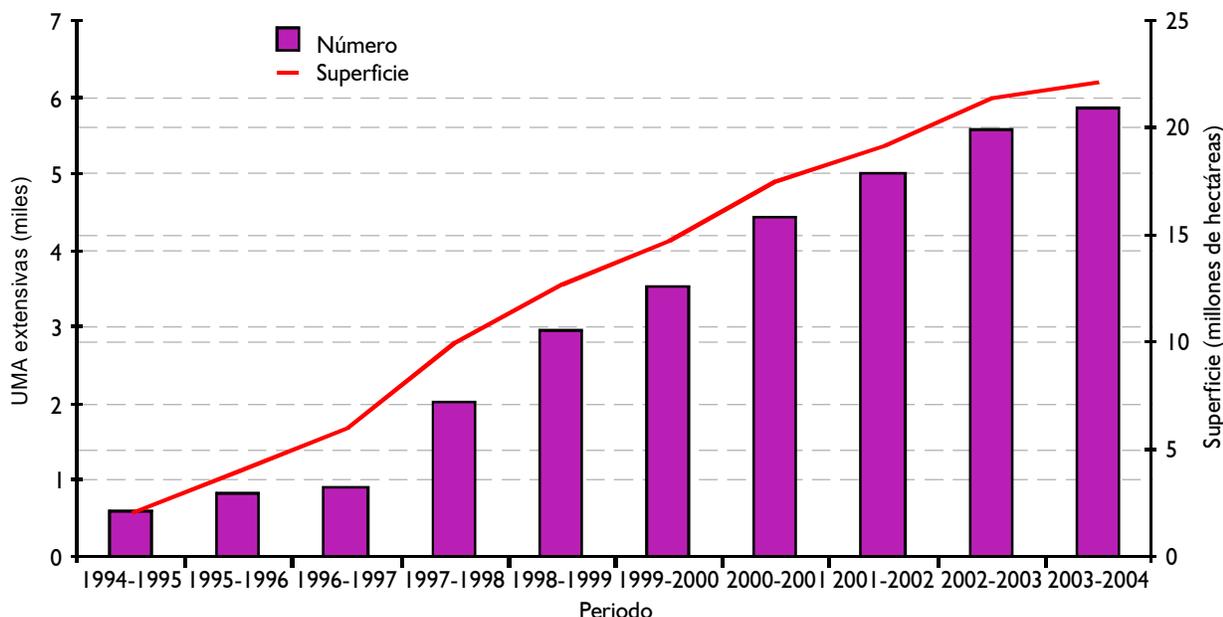
## UNIDADES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE (UMA)

### Justificación

Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) buscan crear oportunidades para el aprovechamiento de la vida silvestre de manera legal y sustentable, a la vez que promueven esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, por medio del uso racional, ordenado y planificado de los recursos renovables que contienen, frenando o revertiendo los procesos de deterioro ambiental.

### Situación / Tendencia

El número y la superficie de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre extensivas (UMA) han crecido de manera constante durante el periodo 1994-2004. El número aumentó de las 586 a las 5 862 unidades, mientras que la superficie lo hizo de las 2 a las 22.2 millones de hectáreas durante el mismo intervalo.



### Información complementaria

- Superficie bajo manejo en UMA extensivas por tipo de vegetación, 1998-2001 (IC 6.4-4 A)
- UMA registradas según tipo, 2003 (IC 6.4-4 B)
- Superficie de UMA registradas por tipo de propiedad, 1999-2003 (IC 6.4-4 C)
- Superficie incorporada y proyectada bajo manejo en UMA, 1997-2010 (IC 6.4-4 D)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4-4

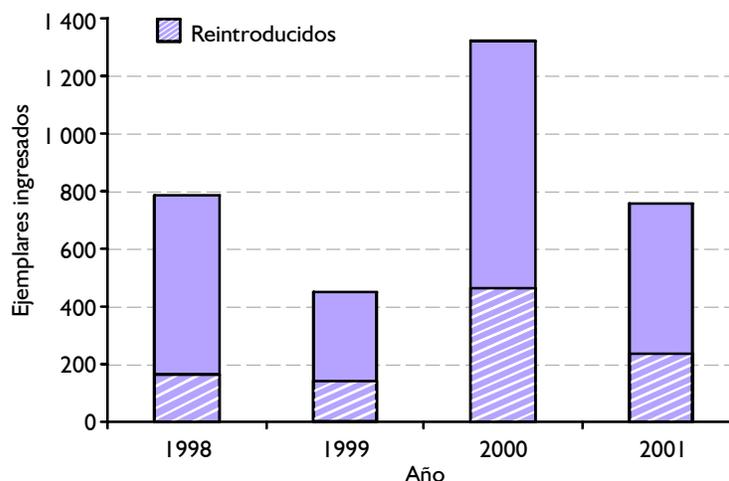
## EJEMPLARES INGRESADOS EN LOS CENTROS PARA LA CONSERVACIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE (CIVS)

### Justificación

Los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) se encargan, entre otras funciones, de la recepción, protección, recuperación, reintroducción y canalización de ejemplares de vida silvestre producto de rescates, entregas voluntarias o aseguramientos por parte de la Procuraduría General de la República (PGR) y de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa).

### Situación / Tendencia

El número promedio de ejemplares de fauna silvestre (mamíferos, aves, reptiles y arácnidos) ingresados a los CIVS durante el periodo 1998-2001 fue de 829 por año. Es importante notar que el total ingresado entre 2000 y 2001 fue casi dos veces mayor al total registrado en los dos años previos. De los ejemplares ingresados durante dicho periodo (1998-2001), el 29.8% de ellos fueron reintroducidos en sus hábitats.



### Información complementaria

- Áreas de influencia de los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) en México, 2001 (IC 6.4-5 A)
- Ejemplares ingresados en los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) y reintroducidos en su hábitat según grupo taxonómico, 1998-2001 (IC 6.4-5 B)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4-5

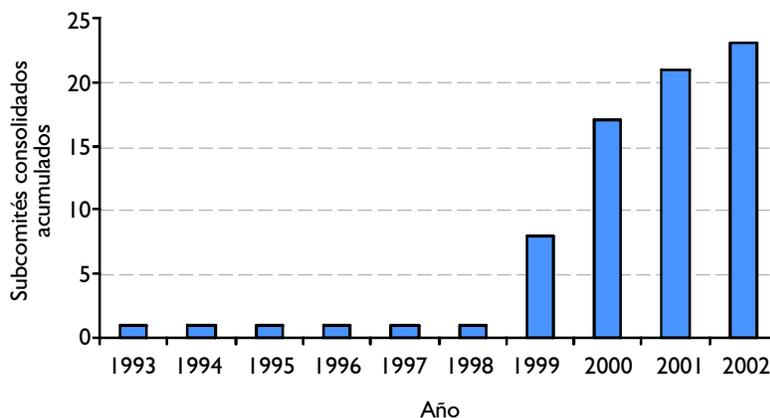
## SUBCOMITÉ CONSOLIDADOS PARA LA CONSERVACIÓN, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LAS ESPECIES PRIORITARIAS

### Justificación

Las especies prioritarias son aquellas que se encuentran en categoría de riesgo, que son factibles de recuperar y manejar a corto plazo, que producen un efecto de protección indirecta a otras especies y sus hábitats, que son carismáticas o bien, que poseen un alto grado de interés cultural o económico. La conformación de comités y subcomités para la Recuperación de Especies Prioritarias integra esfuerzos y recursos de las diferentes instancias sectoriales e institucionales alrededor de una especie o grupo de especies, garantizando así la operación continua y permanente a largo plazo del programa.

### Situación / Tendencia

El número de subcomités consolidados creció de manera acelerada en los últimos cuatro años del periodo 1993-2002, pasando de un subcomité consolidado en 1998 a 23 en 2003. Durante estos cuatro años se integraron en promedio cerca de 6 subcomités por año.



### Información complementaria

- Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias publicados, 1999-2000 (IC 6.4-6 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios

Datos: Tabla Indicador 6.4-6

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.4-6

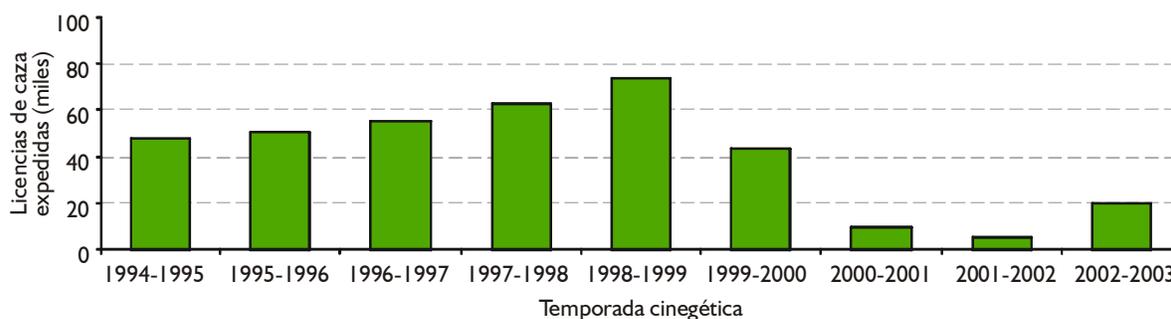
## LICENCIAS DE CAZA DEPORTIVA

### Justificación

El aprovechamiento legal de la biodiversidad regula, por medio de la expedición de autorizaciones y licencias, la explotación de la flora y fauna silvestre nacionales; promoviendo con ello su permanencia, viabilidad y explotación futura. Según la Ley General de Vida Silvestre, incluye el aprovechamiento extractivo, para fines de subsistencia, para caza deportiva y la colecta para fines científicos y de enseñanza. De todos ellos, la caza deportiva es el que tiene mayor impacto sobre la biodiversidad.

### Situación / Tendencia

El número de licencias de caza expedidas creció de manera constante entre 1994 y 1999, pasando de cerca de 48 mil a 74 mil licencias en esas fechas. Sin embargo, la expedición disminuyó de manera importante a partir de la temporada cinegética 1999-2000. Mientras que durante el periodo 1994-1999 el promedio de licencias expedidas por año ascendió a cerca de 58 mil 300 licencias, entre 1999 y el año 2003 esta cifra alcanzó 19 mil 826 licencias. La temporada 2000-2001 alcanzó el valor mínimo con tan sólo 5 mil 500 licencias expedidas.



### Información complementaria

- Licencias de caza deportiva por entidad federativa, 1994-2003 (IC 6.4-7 A)
- Autorizaciones de colecta científica de flora y fauna silvestre, 1996-2004 (IC 6.4-7 B)
- Autorizaciones de colecta científica de flora y fauna silvestre por tipo de licencia, 1997-2004 (IC 6.4-7 C)
- Permisos especiales de colecta científica por entidad federativa, 1996-2003 (IC 6.4-7 D)
- Cintillos de cobro cinegético por entidad federativa, 1999-2003 (IC 6.4-7 E)
- Certificados CITES de importación, exportación y reexportación, 1996-2004 (IC 6.4-7 F)

### Comentarios al indicador

El otorgamiento de una licencia de caza puede involucrar la captura de más de un ejemplar de las especies de interés.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4-7

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4-7

El grupo de mamíferos más diversificado en los mares y océanos del planeta es el de los cetáceos, que agrupa a ballenas, marsopas y delfines. Cosmopolita en su distribución, tiene especies residentes o que visitan periódicamente los mares mexicanos. De las 80 especies de cetáceos registradas en el mundo, entre 37 y 39 han sido identificadas en las aguas nacionales, es decir, cerca del 50 por ciento del total de las especies conocidas (Urbán, 2000; INP, 2001; Urbán *et al.*, 2004). Desde el punto de vista geográfico, la zona del golfo de California es la más rica en cetáceos en nuestro país, con 29 especies; seguida por el Pacífico Norte y el Golfo de México con 26 especies cada una (Semarnat, 2003).

Los cetáceos enfrentan múltiples amenazas en México y el mundo, las que han colocado a muchas de las especies en las listas de riesgo. Además de la cacería, las principales amenazas son la captura incidental producto de prácticas pesqueras inadecuadas, la contaminación de las aguas, las colisiones con embarcaciones y las actividades turísticas (WWF, 2001; Medrano y Urbán, 2002; Urbán *et al.*, 2004).

México es uno de los países con mayor interés en la conservación de los cetáceos y otros mamíferos marinos. La declaración gubernamental del mar territorial mexicano como área de refugio de ballenas en mayo de 2002, la creación de áreas naturales protegidas encaminadas a su protección y la expedición de normatividad específica son claros ejemplos de las acciones gubernamentales orientadas a la protección de los cetáceos. Sin embargo, aún queda mucho por hacer para salvaguardar su permanencia futura en las aguas nacionales. Dada la ausencia de datos de muchas de las especies que habitan o visitan los mares mexicanos, esta sección se enfoca en tres especies de cetáceos: la ballena gris (*Eschrichtius robustus*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), especies migratorias que se reproducen en las aguas templadas del norte del Pacífico mexicano en el invierno; y la vaquita marina (*Phocoena sinus*), una especie endémica que habita la región del Alto Golfo de California y el delta del Río Colorado.

## INDICADORES DE PRESIÓN

**Actividades turísticas**

El turismo en la zona norte del Pacífico mexicano tiene gran demanda debido a la belleza natural y atractivo que concede la migración invernal de las ballenas gris y jorobada. Sin embargo, el turismo puede afectar a las poblaciones de estos cetáceos por alterar la calidad del agua y por las colisiones y perturbaciones que causan los barcos turísticos de observación (Arriaga *et al.*, 1998; Burke *et al.*, 2000; GESAMP, 2001; UNEP, 2002; PNUMA, 2003). La contaminación del agua está ocasionada principalmente por la descarga de aguas residuales no tratadas de establecimientos y embarcaciones turísticas; lo que libera cantidades importantes de nutrientes y contaminantes que deterioran el hábitat marino (GESAMP, 2001; NOAA, 2001; UNEP, 2002). Las sustancias tóxicas vertidas (entre ellas plomo, mercurio e hidrocarburos policlorados) pueden acumularse en la cadena trófica y almacenarse en la reserva de grasa de las ballenas, con efectos negativos en su sistema inmunológico y en su éxito reproductivo (Varanasi *et al.*, 1993; WDCS, 2005). Por otro lado, las embarcaciones turísticas de observación perturban el hábitat y, en ocasiones, colisionan con las ballenas, produciéndoles heridas (Constantine, 1999; Urbán *et al.*, 2004). El indicador **autorizaciones para la observación de ballenas** sugiere la magnitud del impacto que el sector turístico puede ejercer sobre las poblaciones de cetáceos.

La observación de ballenas es una de las actividades ecoturísticas más importantes en el norte del Pacífico mexicano en la época invernal. La Secretaría de Turismo la cataloga como una de las tres actividades ecoturísticas más rentables en el país, con cerca del 7.5 por ciento de la derrama económica de dicho rubro (SECTUR, 2001). Desafortunadamente, el crecimiento no regulado de esta actividad turística puede causar impactos negativos en el corto, mediano y largo plazos en las poblaciones de estos animales. Sus principales efectos en las poblaciones de ballenas son: alteraciones en los patrones de actividad, conductas sociales aberrantes, cambios en la dieta, bajo éxito reproductivo y deserción de los ámbitos hogareños, entre otros (Spalding y Blumenfeld en CCA, 2000; INP 2001; Farmer, 2002; Medrano y Urbán, 2002; Lusseau, 2004). Los **observadores de ballenas** pueden servir como indicador directo de la presión que enfrentan las poblaciones de las ballenas gris y jorobada por esta actividad; sin embargo, a la fecha no se poseen datos para documentar este indicador.

**Navegación pesquera y turística**

El transporte marítimo, ya sea pesquero, de carga o de pasajeros, puede afectar negativamente a las poblaciones de cetáceos de una región. De manera indirecta, la navegación impacta por la alteración de la calidad del agua, principalmente por las descargas al mar de residuos líquidos y sólidos sin tratamiento, lo cual además de deteriorar la calidad del hábitat, ocasiona la incorporación de compuestos químicos potencialmente peligrosos al tejido de las ballenas (INP, 2001; Medrano y Urbán, 2002; Centro de Conservación Cetácea, 2003; Urbán *et al.*, 2004; WDCS, 2005). De manera directa, los cascos y propelas de los buques pueden colisionar con los animales, provocándoles desde lesiones superficiales y fracturas hasta la muerte. Las colisiones ocurren generalmente con buque-tanques, cargueros, buques militares y transoceánicos recreativos (Medrano y Urbán, 2002). Por otro lado, la sensibilidad de los mamíferos marinos al ruido de los motores también los hace vulnerables a la presencia de embarcaciones. El ruido puede ocasionar efectos en la conducta, incluyendo interrupciones en los periodos de alimentación, socialización y vocalización, cambios en las conductas de inmersión, además de causar el desplazamiento de los cetáceos de su hábitat preferido (Parsons y Dolman, 2004). Incluso, si el disturbio generado por el ruido se prolonga, puede ocasionar estrés, debilitamiento y la muerte de los animales (Parsons y Dolman, 2004). Las **embarcaciones pesqueras y arribos de cruceros en zonas costeras con presencia de ballenas** sugieren la presión de la navegación sobre las poblaciones de cetáceos. Por el momento, para la construcción del indicador se han considerado tan sólo a las entidades costeras del

Pacífico Norte y Golfo de California. Aunque este indicador está incluido en la lista de indicadores para el desarrollo sostenible de la FAO, así como en los indicadores ambientales de la OCDE y la CEE para evaluar la presión sobre las pesquerías, se consideró que también podría emplearse para evaluar la presión sobre las poblaciones de algunas de las especies de cetáceos que habitan o visitan las aguas nacionales.

### **Actividades pesqueras**

Una de las principales amenazas para una parte de la biodiversidad marina es la captura incidental por las pesquerías costeras y de mar abierto (Fleischer, 1996; PNUMA, 2003; Ross y Isaac, 2004). Se estima que cada año en el mundo mueren accidentalmente por esta actividad más de 300 mil cetáceos (entre ballenas, delfines y marsopas), lo que pone en peligro la conservación de muchas especies (Ross y Isaac, 2004). La captura incidental de cetáceos se ha observado en una amplia diversidad de pesquerías (anchoa, macarela, arenque, atún y merluza, entre otras), así como con muy diversos tipos de redes (e.g., demersales y pelágicas de arrastre y redes agalleras) (Ross y Isaac, 2004), provocándoles lesiones que van desde hematomas, desgarres musculares, rasgaduras, cortes o amputaciones de aletas, hasta la muerte por asfixia (Kuiken *et al.*, en Ross y Isaac, 2004). La **captura pesquera en la zona costera con presencia de ballenas** refleja la magnitud de la presión que la captura pesquera incidental podría ejercer en las poblaciones de cetáceos que habitan esas aguas. Por el momento, para la construcción del indicador se han considerado tan sólo las entidades federativas del Pacífico Norte y Golfo de California. Si bien el indicador es utilizado ampliamente por organismos internacionales (e.g., OCDE, FAO y UNCSD) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países (e.g., EPA-Estados Unidos, EEA- Comunidad Europea y México) como indicador de la presión sobre los recursos pesqueros marinos, aquí se ha orientado hacia la presión que esta actividad representa para las poblaciones de cetáceos marinos.

### ***Especies mexicanas de cetáceos en riesgo***

Como consecuencia de la falta de datos relacionados con el estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). Por esta razón, el indicador ***especies mexicanas de cetáceos en riesgo*** se emplea como indicador del estado de conservación de los cetáceos presentes en los mares del país. El uso del número de especies amenazadas es recomendado ampliamente por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

### ***Estado de las poblaciones de la ballenas gris y jorobada y la vaquita marina***

Dentro de los posibles indicadores que refieren el estado de conservación de las poblaciones silvestres de flora y fauna, los cambios temporales en el número de individuos pueden ser útiles en mostrar la evolución del estado de sus poblaciones. En este sentido, el indicador ***tamaños poblacionales de las ballenas gris y jorobada y de la vaquita marina*** denota el estado de conservación de las poblaciones de estas especies en las aguas nacionales.

### ***Actividades de inspección pesquera en las zonas con presencia de las ballenas***

Para la protección y conservación de la fauna marina nacional, se llevan a cabo acciones de inspección y vigilancia del cumplimiento de la normatividad ambiental en materia pesquera, la cual busca proteger, además de las especies de importancia pesquera, otros grupos de animales, dentro de los cuales se incluyen los mamíferos marinos. Las actividades de inspección y vigilancia que realiza la Profepa y los Comités de Vigilancia Comunitaria constituyen el medio más importante para asegurar el cumplimiento de la normatividad y legalidad. En este sentido, el indicador ***actividades de inspección pesquera en las zonas con presencia de ballenas*** puede ser útil para señalar el esfuerzo que realiza el gobierno y la sociedad en la protección de los cetáceos. Para mayor información y otros detalles, ver el indicador de ***actividades de inspección y vigilancia de los recursos pesqueros*** en el capítulo de “Recursos pesqueros”.

### ***Captura incidental de delfines por la pesca mexicana del atún***

Hasta el inicio de los esfuerzos internacionales encaminados a la protección de los delfines en los años setenta, la pesca del atún trajo consigo una gran mortalidad de estos animales en todo el mundo. En 1991 México puso en marcha el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y de Protección de Delfines (PNAAPD), cuyo principal objetivo es complementar los esfuerzos para desarrollar y consolidar la pesquería mexicana del atún, reduciendo al mínimo los efectos sobre las especies asociadas. En materia legislativa, también se publicó la NOM-EM-002-PESC-1999, que incorpora el “límite de mortalidad incidental de delfines” (LMD) por barco como mecanismo básico de control. La mortalidad de delfines asociada a la pesca del atún, definida como ***delfines muertos y tasa de mortalidad por lance pesquero***, es un indicador del éxito de un programa encaminado a la reducción del impacto de la pesca sobre las poblaciones de algunas especies de cetáceos de las aguas nacionales.

### ***Áreas naturales protegidas federales marinas en las zonas de distribución de las ballenas gris y jorobada y la vaquita marina***

Las áreas naturales protegidas tienen como función principal la protección de las especies de flora, fauna y de recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos de una región o un país, por lo que su creación refleja directamente las medidas gubernamentales encaminadas a salvaguardar la biodiversidad y los bienes y servicios ambientales que brinda (GESAMP, 1995; WWF, 2000). El indicador ***áreas naturales protegidas federales marinas en las zonas de distribución de las ballenas gris y jorobada y la vaquita marina*** sirve para denotar el esfuerzo gubernamental encaminado a la protección y conservación de las poblaciones de estas tres especies de cetáceos. Este indicador es utilizado ampliamente por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Cetáceos



- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

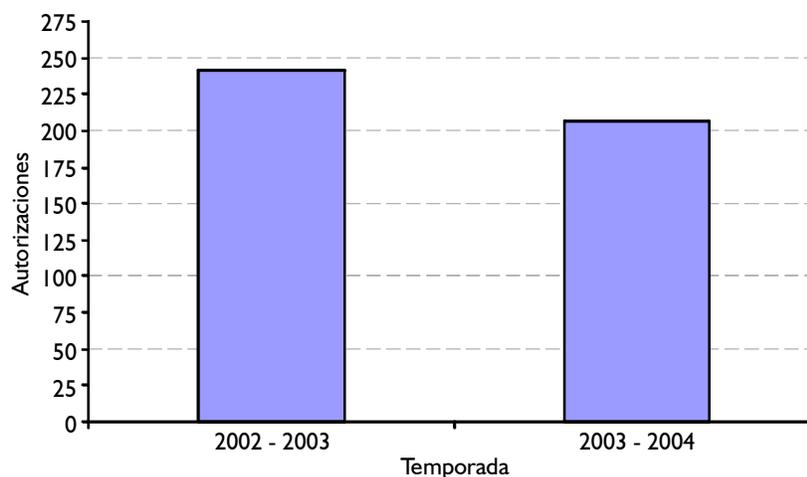
## AUTORIZACIONES PARA LA OBSERVACIÓN DE BALLENAS

**Justificación**

El turismo puede afectar a las poblaciones de cetáceos por la contaminación del agua y por las colisiones y perturbaciones que causan los barcos turísticos de observación. La contaminación del agua se debe principalmente a la descarga de aguas residuales no tratadas de establecimientos y embarcaciones turísticas. Las embarcaciones turísticas de observación perturban el hábitat y en ocasiones colisionan con las ballenas, produciéndoles diversos daños.

**Situación / Tendencia**

El número promedio de autorizaciones para la observación de ballenas durante las dos temporadas fue de 224.

**Información complementaria**

- Turistas en zonas costeras con presencia de ballenas gris y jorobada por destino turístico, 2000-2003 (IC 6.4.1-1 A)

**Comentarios al indicador**

El indicador corresponde al total de embarcaciones autorizadas por temporada para realizar la observación de ballenas. Es importante destacar que, durante el periodo autorizado, una embarcación puede realizar más de un viaje de observación.

**Dats:** Tabla Indicador 6.4.1-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.1-1

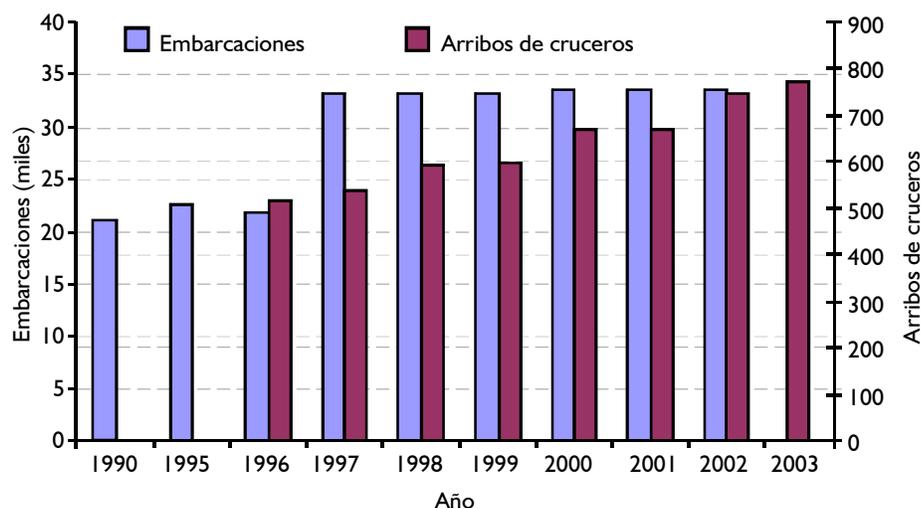
## EMBARCACIONES PESQUERAS Y ARRIBOS DE CRUCEROS EN ZONAS COSTERAS CON PRESENCIA DE BALLENAS

### Justificación

El transporte marítimo (pesquero, de carga y turístico) afecta de manera indirecta a las poblaciones de cetáceos por la contaminación del agua y directamente por el ruido que generan sus motores y las colisiones que ocurren accidentalmente con estos animales.

### Situación / Tendencia

El número de embarcaciones pesqueras en las principales zonas costeras con presencia de ballenas se mantuvo constante en el periodo 1997-2003, mostrando un incremento de 1.3% con respecto al 2002. La diferencia con respecto a los años anteriores se debe a la actualización de la información pesquera en 1997 con el Inventario Nacional de Embarcaciones. La entidad que en el periodo contabilizó el mayor número de embarcaciones pesqueras fue Sinaloa, con el 38% del total registrado en 2002, mientras que Baja California, el estado con menos embarcaciones, registró tan sólo alrededor del 9% del total en el mismo año. En lo que se refiere a arribos de cruceros, el número incrementó en un 49% en el periodo 1996-2003. Cabo San Lucas y Ensenada fueron los destinos con mayor número de arribos de cruceros.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria

### Comentarios al indicador

Para la construcción del indicador se han considerado tan sólo las embarcaciones y los puertos de las entidades federativas del Pacífico Norte y Golfo de California. Aunque este indicador está considerado dentro de la lista de indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina de la FAO y en la lista de los indicadores ambientales de la OCDE y la CEE con fines de evaluar la presión sobre las pesquerías, aquí se ha adecuado para evaluar la presión que se ejerce sobre las poblaciones de cetáceos del país.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.1-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.1-2

**Fuentes:** Sepesca. *Anuario Estadístico de Pesca 1990*. México. 1991.

Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca*. Años 1996, 1997, 1998, 1999. México. 1997, 1998, 1999 y 2000.

Sagarpa. *Anuarios Estadísticos de Pesca 2000, 2001 y 2002*. México. 2001, 2002 y 2003.

SCT. Dirección General de Puertos. En: *Sectur. Indicadores Turísticos. Principales Indicadores en Movimiento de Cruceros por Centro Turístico*. 2005.

Disponible en: <http://datatur.sectur.gob.mx/jsp/index.jsp>

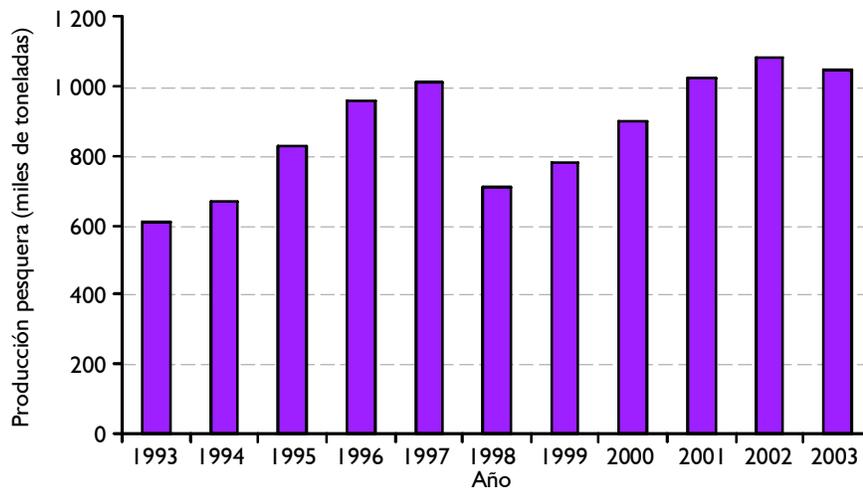
## CAPTURA PESQUERA EN LA ZONA COSTERA CON PRESENCIA DE BALLENAS

### Justificación

La captura incidental de cetáceos por la industria pesquera se ha observado en una amplia diversidad de pesquerías (anchoa, macarela, arenque, atún y merluza, entre otras) con muy diversos tipos de artes de pesca. Pueden lastimar a estos animales con hematomas, desgarres musculares, rasgaduras, cortes o amputaciones de aletas, abrasión y cortes en la piel, e incluso la muerte por asfixia.

### Situación / Tendencia

En general, la captura pesquera en la zona costera con presencia de ballenas ha crecido en el periodo 1993-2003. Aun a pesar de la caída de la producción en 1998, el volumen capturado en 2003 fue 72% mayor al registrado en 1993. Los estados que más contribuyeron a la producción total en el periodo fueron Sonora (41%), Sinaloa (21%), Baja California (19%) y Baja California Sur (17%). Nayarit y Jalisco tan sólo contribuyeron con el 3% de la captura total durante el mismo periodo.



### Información complementaria

- Captura pesquera en entidades costeras con presencia de ballenas, por entidad federativa 1993-2003 (IC 6.4.1-3 A)

### Comentarios al indicador

Para la construcción del indicador se han considerado tan sólo la captura pesquera de las entidades federativas del Pacífico Norte y Golfo de California. Este indicador ha sido utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, FAO y UNCSD), por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países (e.g., EPA - Estados Unidos y EEA - Comunidad Europea y México) como indicador de presión sobre los recursos pesqueros marinos, pero aquí se ha orientado hacia la presión que esta actividad ejerce sobre las poblaciones de cetáceos.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.1-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.1-3

**Fuentes:** Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca*. Años 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999. México. 1998, 1999 y 2000. Sagarpa. *Anuarios Estadísticos de Pesca*. Años 2000 y 2002. México. 2001 y 2003. Sagarpa. *Indicadores de la Actividad Pesquera*. Datos preeliminarios a diciembre de 2003. México. 2004.

## ESPECIES MEXICANAS DE CETÁCEOS EN RIESGO

6.4.1-4

ESTADO

**Justificación**

Los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

**Situación / Tendencia**

Actualmente, entre el 95 y el 100% de las especies de cetáceos marinos conocidas en México se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2001. Tan sólo la ballena franca (*Eubalaena glacialis*) y la vaquita marina (*Phocoena sinus*) están en la categoría de peligro de extinción, mientras que las restantes treinta y cinco especies están clasificadas como sujetas a protección especial.

Grupo taxonómico	Especies en Riesgo <sup>1</sup>	Especies conocidas en México	Porcentaje del Grupo en riesgo <sup>2</sup>
Cetáceos	37	37 - 39	94.8 - 100

<sup>1</sup> Las categorías de riesgo consideradas dentro de la norma mexicana son: en peligro de extinción, amenazadas, sujetas a protección especial y extintas.

<sup>2</sup> El porcentaje del grupo en riesgo se calculó con los conteos de especies conocidas mayor y menor.

**Información complementaria**

- Especies de cetáceos mexicanos por categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.4.1-4 A)
- Riqueza específica de cetáceos en México por zona marítima (IC 6.4.1-4 B)

**Comentarios al indicador**

El uso del número de especies amenazadas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.1-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.1-4

**Fuentes:** DOF. NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. México. 2002 (6 de marzo).

El total de especies proviene de: Salinas, M. y P. Ladrón de Guevara. Riqueza y diversidad de los mamíferos marinos. *Ciencias*. 7: 85-93. 1993. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. Semarnat. México. 2003.

## TAMAÑOS POBLACIONALES DE LAS BALLENAS GRIS Y JOROBADA Y DE LA VAQUITA MARINA

6.4.1-5

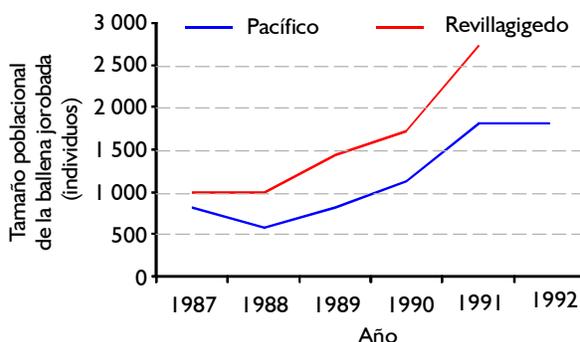
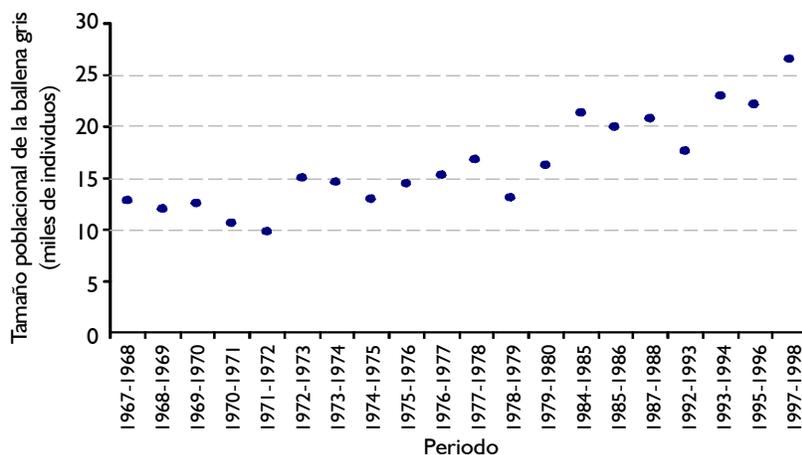
ESTADO

### Justificación

De entre los posibles indicadores que refieren el estado de conservación de las poblaciones silvestres de flora y fauna, los cambios temporales en el número de individuos pueden ser útiles en mostrar la evolución del estado de las poblaciones.

### Situación / Tendencia

Las estimaciones de los tamaños poblacionales de la ballena gris en la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno registraron una clara tendencia de recuperación, duplicándose la población visitante durante el periodo 1968-1998. Las poblaciones de la ballena jorobada en el Pacífico y las Revillagigedo mostraron también una tendencia creciente en el periodo 1987-1992 (en el Pacífico se duplicó y en Revillagigedo casi se cuadruplicó). En el caso de la vaquita marina, los datos no permiten establecer una tendencia clara del comportamiento de sus poblaciones, tan sólo puede decirse que seguramente las poblaciones no suman más de mil ejemplares.



VAQUITA MARINA	
AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA
1976	200-300
1986 y 1989	300-500
1991	Pocos cientos
1997	567 (Intervalo de confianza de 95%, 177-1073)

### Información complementaria

- Censos de ballena gris en la reserva de El Vizcaíno, 1996-2005 (IC 6.4.1-5 A)

### Comentarios al indicador

La información incluida en el indicador no permite generalizar sobre el estado de las poblaciones nacionales de estas especies.

Datos: Tabla Indicador 6.4.1-5

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.4.1-5

- Fuentes (continuación):** Urbán, J., C. Álvarez, M. Salinas, J. Jacobsen, K. C. Balcomb, A. Jaramillo, P. Ladrón de Guevara y A. Aguayo. Population size of *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of México. *Fishery Bulletin*. 97:1017-1024. 1999.
- Villa R., B. Report on the status of *Phocoena sinus*, Norris and McFarland 1958, in the Gulf of California. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 47 (2): 203-208. 1976.
- Silber, G.K. *The vaquita*, *Phocoena sinus*, *working paper*. Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz, California. 1990.
- Urbán R. J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta y L. T. Findley. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: Cartron, E., G. Ceballos y R. Felger (Eds.). *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern México*. En prensa.
- Jaramillo L., A., L. Rojas B. y T. Gerrodette. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery. *Marine Mammal Science*. 15: 957-973. 1999.

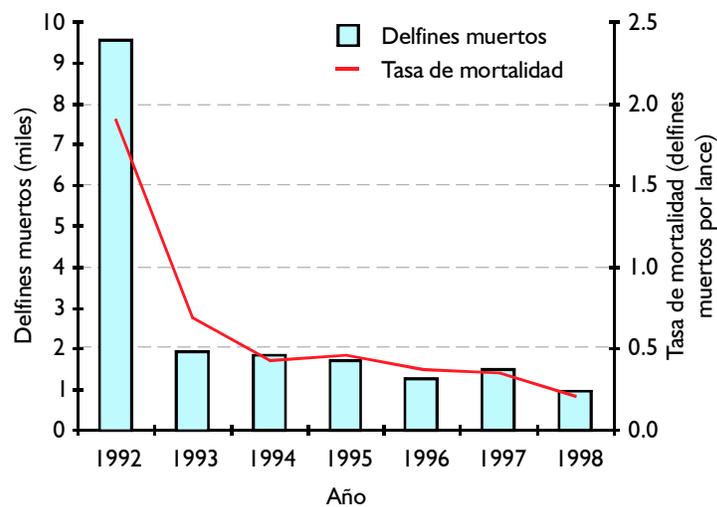
## DELFINES MUERTOS Y TASA DE MORTALIDAD POR LANCE PESQUERO

### Justificación

Diversos mecanismos se han implementado a nivel nacional para evitar la mortalidad de delfines asociada a la pesca del atún. Su principal objetivo ha sido complementar los esfuerzos para desarrollar y consolidar la pesquería mexicana del atún, reduciendo simultáneamente los efectos sobre las especies asociadas.

### Situación / Tendencia

La mortalidad de delfines asociada a la pesca del atún ha descendido notablemente desde 1993. Mientras que en 1992 murieron 9 mil 562 animales a una tasa de 1.91 delfines muertos por lance; en 1998 se produjeron 946 decesos, con una tasa de 0.21 delfines muertos por lance.



### Información complementaria

- Distribución de frecuencias del número de lances pesqueros asociados a muerte de delfines en la flota atunera, 1992-1998 (IC 6.4.1-6 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.1-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.1-6

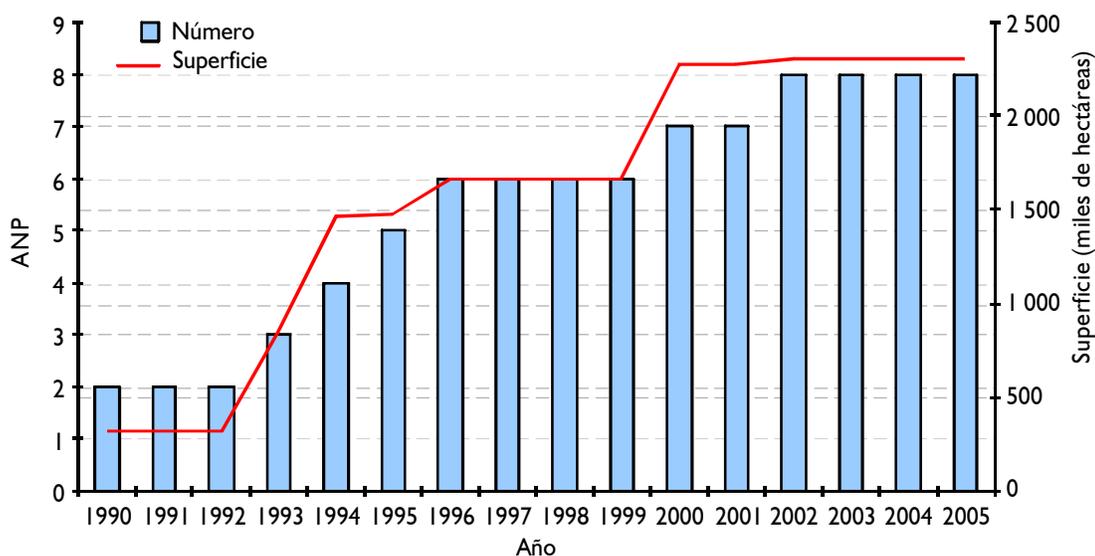
## ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES MARINAS EN LAS ZONAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS BALLENAS GRIS Y JOROBADA Y LA VAQUITA MARINA

### Justificación

Las áreas naturales protegidas (ANP) tienen como función principal la protección de las especies de flora, fauna, recursos naturales de importancia especial y de ecosistemas representativos de una región o un país, por lo que su creación refleja directamente las medidas gubernamentales encaminadas a salvaguardar la biodiversidad y los bienes y servicios ambientales que brindan.

### Situación / Tendencia

La superficie de las áreas naturales protegidas marinas con presencia de ballenas mostró un crecimiento importante desde 1990, cuando estaban protegidas 321 mil hectáreas, hasta el año 2005, cuando la superficie total protegida ascendió a cerca de 2 millones 301 mil hectáreas. Esta superficie la integran ocho áreas naturales protegidas federales.



### Información complementaria

- Áreas naturales protegidas federales marinas en las zonas de distribución de las ballenas gris y jorobada y la vaquita marina, 1973-2002 (IC 6.4.1-7 A)
- Normas oficiales, acuerdos y convenios internacionales suscritos por México para la protección de cetáceos (IC 6.4.1-7 B)

### Comentarios al indicador

Este indicador ha sido ampliamente utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.1-7

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.1-7

México es un país privilegiado por su diversidad de tortugas marinas. Siete de las ocho especies reconocidas en el planeta anidan en sus playas, tanto en las del Pacífico como en las del Golfo de México y El Caribe: la caguama (*Caretta caretta*), la blanca o verde (*Chelonia mydas*), la prieta (*Chelonia agassizii*), la carey (*Eretmochelys imbricata*), la lora (*Lepidochelys kempii*), la golfina (*Lepidochelys olivacea*) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Conabio, 1995). Dos de ellas, la tortuga lora y la prieta se reproducen exclusivamente en playas mexicanas. Las tortugas marinas son especies importantes para los ecosistemas marinos y costeros: contribuyen a la salud y al mantenimiento de los arrecifes coralinos, las praderas de pastos marinos, los estuarios y las playas arenosas (Bouchard y Bjorndal, 2000).

Las tortugas marinas han sido aprovechadas, desde muchos siglos atrás y alrededor de todo el mundo, para obtener diversos productos, entre los que destacan su carne, huevos, piel y el carey de sus caparazones. Sin embargo, la explotación excesiva de sus poblaciones ha puesto en peligro de extinción a varias especies. Las principales actividades humanas que amenazan a estos quelonios son la degradación de sus hábitats de anidación y alimentación, la pesca incidental, el saqueo ilegal de sus nidos y el sacrificio de las hembras que salen a anidar en las playas (Conabio, 1995; INP, 2001; Hays, 2003; IATTC, 2004; PNUMA, 2004; Traffic, 2004).

En México y el mundo se han implementado diversos mecanismos para proteger y recuperar a las poblaciones de las distintas especies de tortugas marinas. Su inclusión en el listado nacional de especies en riesgo, la creación de campamentos en los que se protegen a las hembras y a sus nidadas, así como la designación de muchas playas como áreas naturales protegidas, son algunos ejemplos del interés gubernamental encaminado a la protección y conservación de estos reptiles marinos.

### **Aprovechamiento ilegal**

El aprovechamiento ilegal de la biodiversidad incluye la cacería furtiva, captura, colecta, transporte y comercio no autorizado de ejemplares de la vida silvestre (Semarnap, 1997). En el caso de las tortugas marinas, el aprovechamiento ilegal más común es la captura de adultos reproductores y la extracción de huevos de sus playas de anidación (CITES, 2001; Traffic, 2004). Los adultos se explotan por su piel para la manufactura de botas y billeteras, y por el carey que se utiliza para fabricar diversos artículos ornamentales, mientras que sus huevos y carne se consumen ya sea por sus supuestas propiedades medicinales o simplemente como alimento (CITES, 2001; Traffic, 2004). Se ha documentado que estas actividades han diezmando a muchas de sus poblaciones en el mundo (Conabio, 1995; Traffic, 2004). Aun cuando los efectos poblacionales no se conocen con precisión, se reconoce que promueven la reducción del acervo genético, alteran las proporciones sexuales y, en general, reducen la viabilidad poblacional en el largo plazo; todo ello agravado por ciertas características de su ciclo de vida, tales como su lento crecimiento, su madurez sexual tardía y sus bajas tasas reproductivas. El indicador **aseguramiento de ejemplares y huevos de tortugas marinas** revela la presión mínima que afecta a las poblaciones silvestres de tortugas marinas por el aprovechamiento ilícito en el país.

### **Pesca incidental**

La falta de selectividad de las artes de pesca tradicionales produce la captura de ejemplares de muchas especies que carecen de valor comercial. Además de numerosas clases de peces e invertebrados, se capturan especies amenazadas, entre ellas cetáceos, tiburones y tortugas marinas (Alverson et al., 1994; FAO, 2003; IAATC, 2004; Lewison et al., 2004). Con respecto a estas últimas, las pesquerías y artes de pesca que las capturan incidentalmente son diversas: la pesca del atún, pez espada y tiburón con palangres y redes agalleras, las redes de arrastre camarónicas, además de algunas trampas propias de la pesca del cangrejo y la langosta (Brady y Boreman, 1997; García y Hall, 1997; AIDA, 2003; Lewison et al., 2004). La mortalidad causada por esta actividad es enorme: se ha estimado que tan sólo en el año 2000 la flota palangrera mundial mató alrededor de 200 mil tortugas caguamas y 50 mil laúd (Lewison et al., 2004). En este sentido, la pesca incidental puede causar reducciones muy importantes en las poblaciones de tortugas marinas. El indicador **captura nacional de atún, camarón, tiburón y langosta** denota la presión indirecta que la pesca incidental produce en las poblaciones de tortugas marinas.

### **Desarrollo costero**

El crecimiento demográfico en las zonas costeras impacta a las tortugas marinas por la degradación de la calidad del agua y de sus zonas de anidación. La degradación de la calidad del agua ocurre por el crecimiento de los volúmenes de residuos municipales que se vierten a las aguas, las cuales, además de contener un exceso de nutrientes y contaminantes, pueden incluir residuos plásticos que al ser ingeridos les causan trastornos al sistema digestivo o incluso la muerte (NOOA, 2004). La calidad del hábitat en sus playas de anidación se degrada por la construcción y mantenimiento de infraestructura (e.g., obras para contener los efectos erosivos del oleaje), el tránsito de vehículos pesados, la introducción de vegetación no original (e.g., árboles y arbustos que sombrean la playa) y la contaminación lumínica por el alumbrado artificial (NOOA, 2004). Todo lo anterior puede repercutir en bajo éxito reproductivo, principalmente por fallas en la anidación y eclosión de los huevos o por los impedimentos para el retorno de las crías al mar (NOOA, 2004). El **crecimiento poblacional en la zona costera con playas de anidación de tortugas marinas** refleja indirectamente la magnitud de la presión que el crecimiento demográfico puede ejercer sobre las poblaciones de estos reptiles marinos que anidan en sus playas. No obstante, puesto que no se cuenta en la actualidad con la información desglosada para el cálculo de la tasa de crecimiento en las zonas costeras del país con zonas de anidación de tortugas marinas, el indicador no se presenta en estas páginas. Las tasas de crecimiento poblacional están consideradas como indicadores de presión dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y de la OCDE, orientándose aquí hacia la zona costera del país.

***Estado de conservación de las tortugas marinas***

Las tortugas marinas están consideradas como especies bajo condición especial dentro de una variedad de instrumentos legales enmarcados en tratados de conservación con alcances regionales e internacionales. Están catalogadas como especies en peligro y en peligro crítico dentro de la lista roja que publica la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2002), así como en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2003). Sin embargo, al igual que como ocurre con otros grupos de plantas y animales, no se conoce con exactitud el estado actual de conservación de sus poblaciones. En consecuencia, los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador **especies de tortugas marinas mexicanas en riesgo** se emplea como indicador del estado de conservación de este grupo de reptiles en el país. El uso del número de especies amenazadas es recomendado ampliamente por diversos organismos internacionales (e.g., OCDE y ONU) y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

## INDICADORES DE RESPUESTA

***Protección de nidos y liberación de crías de tortugas marinas en playas mexicanas***

En México, la protección y conservación de las siete especies de tortugas marinas que anidan en sus playas está a cargo de organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, centros de educación e investigación, así como de la iniciativa privada, principalmente en los campamentos tortugeros (Semarnap-INE, 2000; Semarnat-Profepa, 2003). Los primeros campamentos permanentes se establecieron en 1991 como resultado del Programa de Protección, Conservación, Investigación y Manejo de las Tortugas Marinas, dependiente del Instituto Nacional de la Pesca. Sus principales acciones consisten en la recolección y trasplante de nidos, así como en la siembra de huevos en corrales de incubación y en la liberación de las crías. Las **crías de tortugas marinas liberadas en los campamentos tortugeros** reflejan el éxito de una de las acciones encaminadas a la protección y conservación de las tortugas marinas. Puesto que la información que se posee proviene exclusivamente de los campamentos tortugeros operados por la Semarnat, el indicador representa tan sólo una parte del esfuerzo nacional orientado a la conservación de las tortugas marinas. Existen cuando menos otros 70 campamentos operados por asociaciones no gubernamentales, centros de educación e investigación, así como por la iniciativa privada que también realizan tareas orientadas a la conservación de los quelonios marinos (Semarnat, 2004), pero no se cuenta con datos suficientes sobre sus resultados para su incorporación al indicador.

***Protección de la pesca incidental por parte de la flota camaronera***

En México se han implementado diversos esfuerzos para reducir la mortalidad de las tortugas marinas por efecto de la pesca incidental. Uno de los esfuerzos más importantes es la implementación de los llamados Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET) iniciada en 1993 en los barcos de la flota camaronera del Golfo de México y en 1996 en la del Caribe y Pacífico. Las especies mayormente beneficiadas por esta iniciativa son las que se distribuyen en el Golfo de México (tortuga blanca, *Chelonia mydas*, y la lora, *Lepidochelys kempii*) (CITES, 2001). Estos dispositivos consisten en aparejos que se adaptan a la entrada de la bolsa de la red camaronera para permitir la salida de las tortugas atrapadas (Conabio, 1995; INP, 2001; Semarnat-Profepa, 2003). Sin embargo, estos dispositivos no evitan la mortalidad de todos los animales que entran en ellos. El U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) estima que los DET han reducido cerca del 67 por ciento la tasa de mortalidad anual de tortugas marinas atrapadas en las redes de arrastre en las aguas norteamericanas desde su implementación en 1998. El indicador **embarcaciones camaroneras con dispositivos excluidores de tortugas (DETs) certificados** refleja los esfuerzos encaminados a reducir los efectos que la pesca del camarón puede ocasionar en las poblaciones de tortugas marinas que habitan o migran en las aguas nacionales.

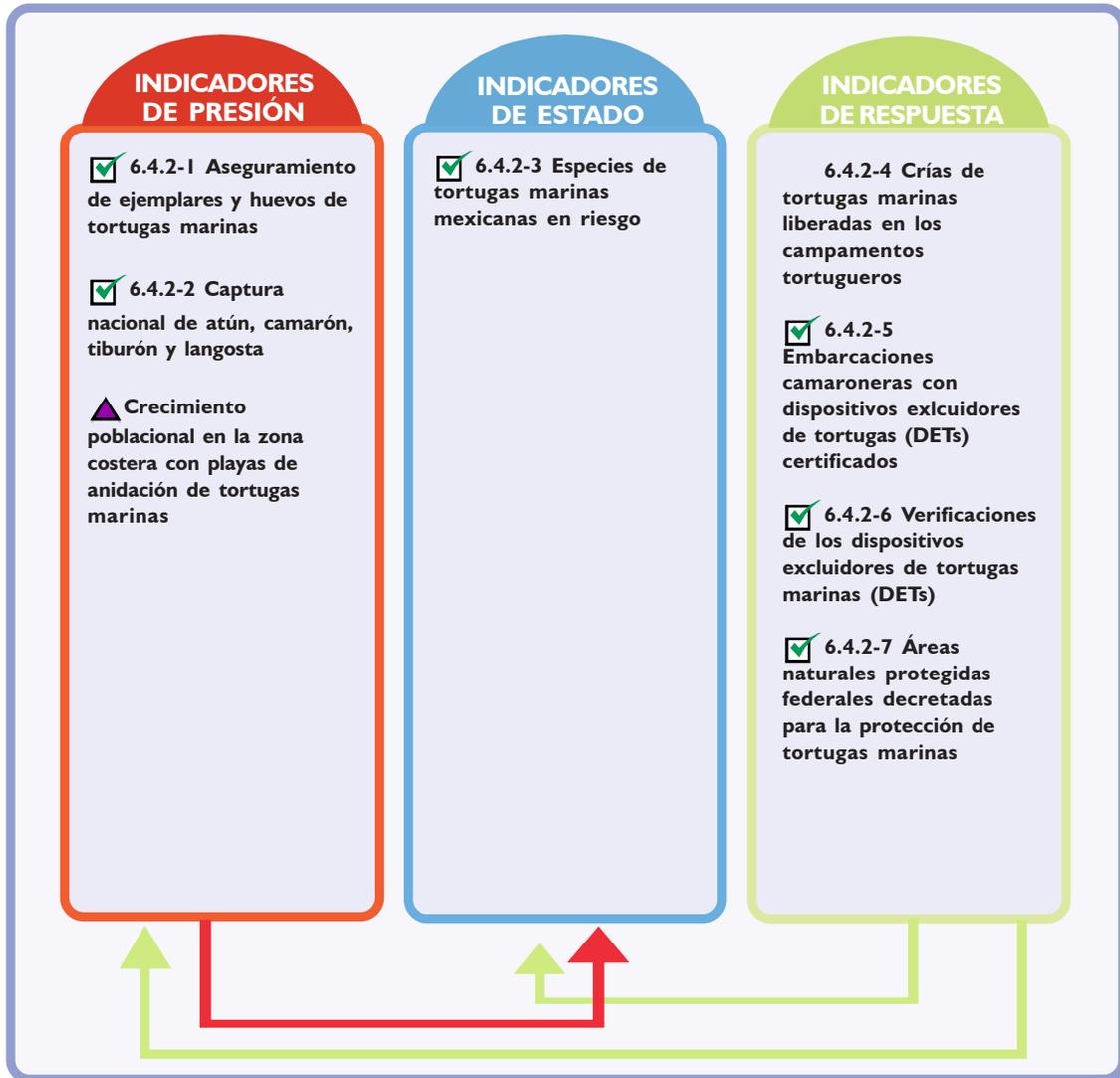
***Verificación de dispositivos excluidores de tortugas marinas***

Para la protección y conservación de la fauna marina nacional, la Profepa lleva a cabo la vigilancia del cumplimiento de la normatividad ambiental en materia pesquera, la cual busca proteger, además de las especies de importancia pesquera, otros grupos de animales, dentro de los cuales se incluye a las tortugas marinas. El cumplimiento del uso de los Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET) es un factor significativo para la recuperación de las poblaciones de tortugas marinas, en especial la caguama y la lora (Lewison et al., 2003). En este sentido, el indicador sobre **verificaciones de los dispositivos excluidores de tortugas marinas (DETs)** refleja el esfuerzo de protección que se realiza en la conservación de estas especies de reptiles.

## **Áreas naturales protegidas marinas federales decretadas para la protección de tortugas marinas**

Las áreas naturales protegidas (ANP) son una de las estrategias de política ambiental de conservación más utilizadas (UICN y PNUMA, 1990). Su función primordial es la protección de la flora, fauna y de los recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos de una región o país. La constitución de sistemas de áreas naturales protegidas refleja directamente las medidas gubernamentales encaminadas a salvaguardar la biodiversidad, los recursos naturales y los servicios ambientales que brindan (GESAMP, 1995; UNCSD, 1995). El indicador áreas naturales protegidas federales decretadas para la protección de tortugas marinas (o que incluyen entre sus objetivos explícitos la protección de las tortugas marinas) denota el esfuerzo gubernamental nacional de conservación de estos quelonios marinos. Existen otras **áreas naturales protegidas con presencia de tortugas marinas**, aunque su objetivo de decreto no fue directamente la protección de estas especies. Este indicador es ampliamente utilizado por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México, para denotar la protección a la biodiversidad, orientándose aquí a este grupo de organismos.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta de la sección Tortugas Marinas



- Indicador presente en este capítulo*
- *Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- ▲ *Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

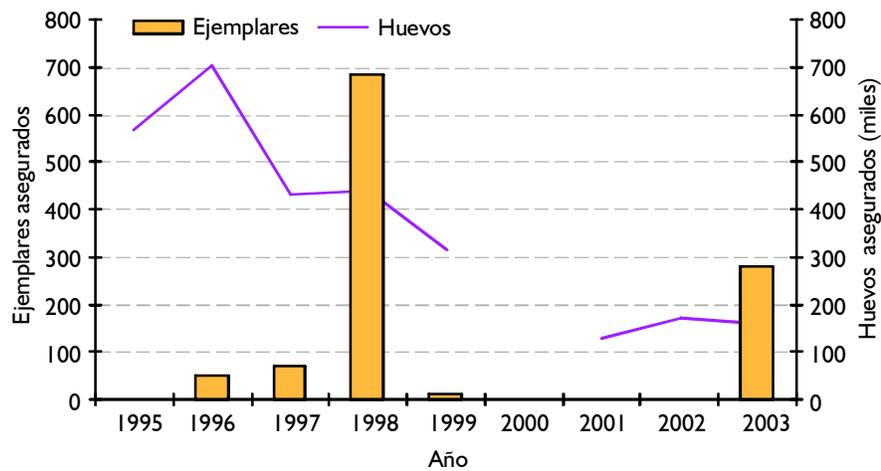
## ASEGURAMIENTO DE EJEMPLARES Y HUEVOS DE TORTUGAS MARINAS

### Justificación

El aprovechamiento ilegal más común de las tortugas marinas es la captura de adultos reproductores y la extracción de huevos de sus playas de anidación. La remoción de individuos adultos puede causar reducciones importantes en los tamaños poblacionales, con la consecuente reducción del acervo genético, alteraciones en las proporciones sexuales y en general, la reducción de la viabilidad poblacional en el largo plazo.

### Situación / Tendencia

El aseguramiento de ejemplares de tortugas marinas en el país no mostró una tendencia clara durante el periodo 1995-2003. El año 1998 registró el mayor número de ejemplares asegurados, con 685; siendo mil 99 el total asegurado en el periodo. Los totales de huevos asegurados durante el periodo mostraron una aparente tendencia decreciente. A lo largo del periodo 1995-2003, se aseguraron un total de 2 millones 916 mil huevos.



### Información complementaria

- Acciones para la protección de las tortugas marinas derivadas de las actividades de inspección y vigilancia de la Profepa, 1995-1999 (IC 6.4.2-1 A)

### Comentarios al indicador

Puesto que no existen los datos del número de operativos de inspección específicos para tortugas marinas, se presenta el indicador con tan sólo el total de ejemplares y huevos asegurados por año. Debe considerarse que el total de ejemplares y huevos podría variar debido al total de operativos de inspección realizados por año.

Datos: Tabla Indicador 6.4.2-1

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.4.2-1

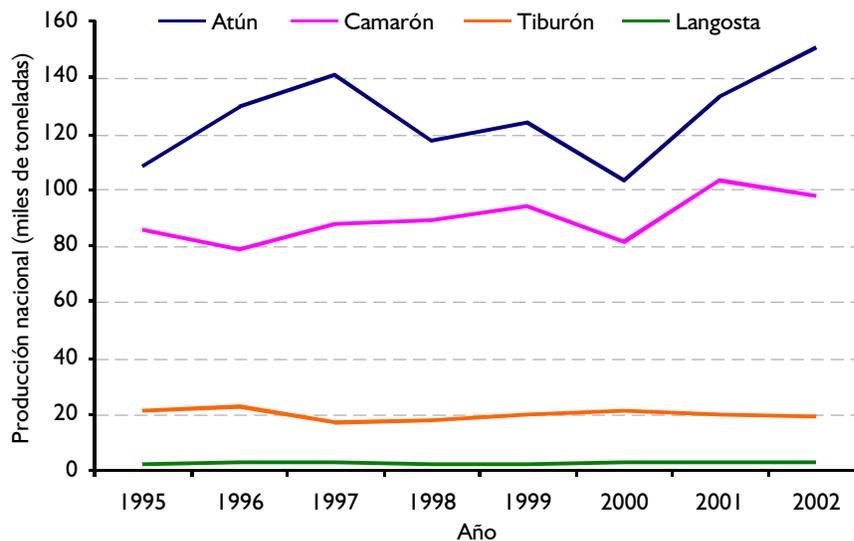
## CAPTURA NACIONAL DE ATÚN, CAMARÓN, TIBURÓN Y LANGOSTA

### Justificación

La falta de selectividad de las artes de pesca tradicionales produce la captura de ejemplares de muchas especies que carecen de valor comercial, entre ellas las tortugas marinas. Su pesca incidental puede causar reducciones importantes en sus poblaciones, con la consecuente reducción de su acervo genético, alteraciones en las proporciones sexuales y, en general, la reducción de la viabilidad poblacional en el largo plazo.

### Situación / Tendencia

De las pesquerías que producen la captura incidental de tortugas marinas, la del atún es la que registró el mayor volumen de producción para el periodo 1995-2002, con alrededor de 126 mil toneladas por año en promedio. Le sigue la del camarón, cuya producción ha crecido de manera constante durante el periodo, pasando de las 85 mil 450 toneladas en 1995 a 97 mil 771 toneladas en el 2002; y por último se encuentran la del tiburón y langosta. En el caso de estas últimas, la producción se mantuvo constante a pesar de ligeras fluctuaciones, con volúmenes promedio por año de cerca de 20 mil y 2 mil 500 toneladas, respectivamente.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.2-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.2-2

## ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS MEXICANAS EN RIESGO

### Justificación

Los listados de especies en riesgo han sido empleados por los gobiernos de muchas naciones y por organizaciones no gubernamentales como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

### Situación / Tendencia

Las siete especies conocidas de tortugas marinas del país están en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.

GRUPO TAXONÓMICO	ESPECIES EN RIESGO	ESPECIES CONOCIDAS EN MÉXICO	PORCENTAJE DEL GRUPO EN RIESGO
Tortugas marinas	7	7	100

### Información complementaria

- Especies de tortugas marinas mexicanas por categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (IC 6.4.2-3 A)
- Especies de tortugas marinas mexicanas por categoría de riesgo según la UICN, 2004 (IC 6.4.2-3 B)
- Ubicación de las principales playas de anidación y de los campamentos tortugueros operados por la Dirección General de Vida Silvestre en México (IC 6.4.2-3 C)

### Comentarios al indicador

El uso del número de especies amenazadas ha sido ampliamente recomendado por diversos organismos internacionales como la OCDE y la ONU y por las agencias o ministerios ambientales de los gobiernos de numerosos países, incluido México.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.2-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.2-3

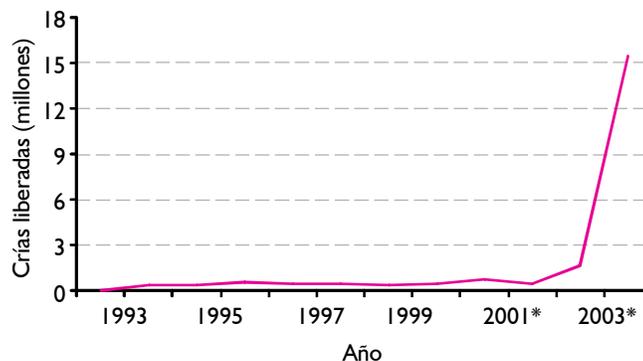
## CRÍAS DE TORTUGAS MARINAS LIBERADAS EN LOS CAMPAMENTOS TORTUGUEROS

### Justificación

Los campamentos tortugeros realizan acciones de protección y conservación de tortugas marinas, que consisten en la recolección y transplante de nidos, así como en la siembra de huevos en corrales de incubación y la liberación de las crías. Estas estrategias permiten la recuperación gradual de las poblaciones silvestres de estas especies.

### Situación / Tendencia

El número crías de tortugas marinas liberadas en los campamentos de la Dirección General de Vida Silvestre entre 1993 y 2001 se mantuvo, a pesar de ligeras fluctuaciones, relativamente constante alrededor de 456 mil 500 crías por año en promedio. En el 2003 se mostró un fuerte incremento, liberándose en este último año cerca de 15 millones 500 mil tortugas. Este incremento fue resultado, en parte, del apoyo presupuestal que la Dirección General de Vida Silvestre otorgó a otros campamentos tortugeros, entre los que se encuentran los operados por el Instituto Nacional de la Pesca de la Sagarpa.



\*Datos sujetos a cambios por el área

### Información complementaria

- Nidos protegidos, huevos sembrados, crías liberadas y éxito de liberación de tortugas marinas, por especie, en los campamentos tortugeros apoyados por la Semarnat, 1992-2003 (IC 6.4.2-4 A)
- Campamentos tortugeros operados por la Dirección General de Vida Silvestre por entidad federativa, 2004 (IC 6.4.2-4 B)

### Comentarios al indicador

La información utilizada proviene exclusivamente de los campamentos tortugeros operados por la Semarnat, por lo que el indicador representa tan sólo una parte del esfuerzo nacional orientado a la conservación de las tortugas marinas.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.2-4

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.2-4

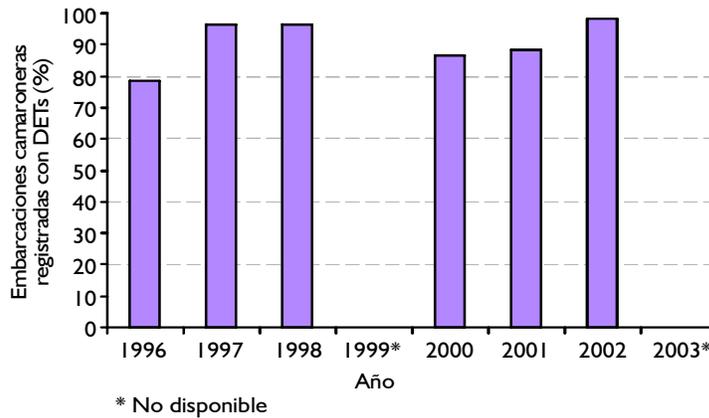
## EMBARCACIONES CAMARONERAS CON DISPOSITIVOS EXCLUIDORES DE TORTUGAS (DETs) CERTIFICADOS

### Justificación

Una de las causas de mortalidad más importantes para los individuos juveniles y adultos de las especies de tortugas marinas es la pesca incidental por la flota camaronera. En México se han implementado diversos esfuerzos para reducir la mortalidad por pesca incidental, entre ellos la implementación en los barcos de la flota camaronera de los Dispositivos Excluidores de Tortugas (DETs).

### Situación / Tendencia

Resulta difícil establecer una tendencia respecto a la implementación de los DETs en la flota camaronera nacional. El crecimiento en el valor del indicador entre 1996 y 1997 debe interpretarse con cautela, puesto que el cambio en el número de embarcaciones se debe al Inventario Nacional de Embarcaciones, y no a un aumento en el número de embarcaciones con DETs. Sin embargo puede decirse, a partir de los datos de los últimos años, que entre el 86 y el 98% de las embarcaciones camaroneras cuentan con estos dispositivos.



### Información complementaria

- Flota camaronera nacional por litoral, 1990-2002 (IC 6.4.2-5 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.2-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.2-5

**Fuentes:** Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca*. Años 1996, 1997, 1998 y 1999. México. 1997, 1998, 1999 y 2000. Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca*. Años 2000, 2001 y 2002. México. 2001, 2002 y 2003. Semarnat-Profepa. *Informe anual*. México. 2003.

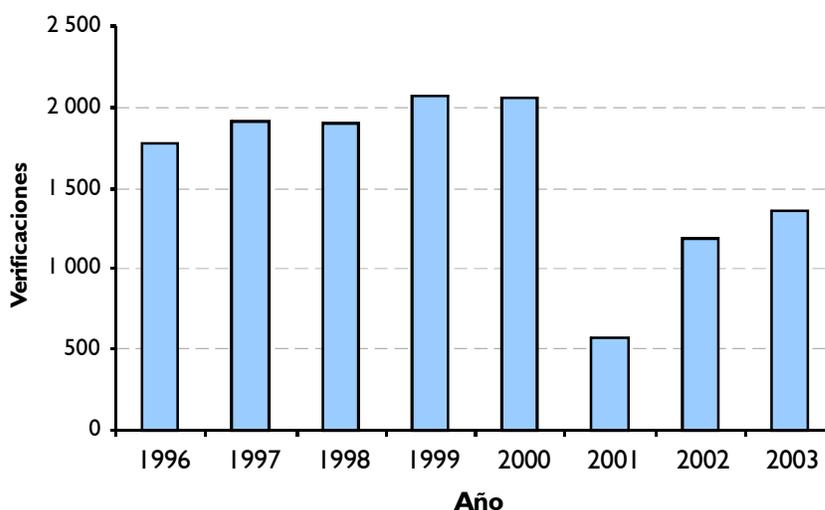
## VERIFICACIONES DE LOS DISPOSITIVOS EXCLUIDORES DE TORTUGAS MARINAS (DETs)

### Justificación

El cumplimiento del uso de los Dispositivos Excluidores de Tortugas (DETs) es un factor significativo para la recuperación de las poblaciones silvestres de las tortugas marinas, en especial para la caguama y la lora.

### Situación / Tendencia

El número de verificaciones realizadas a las embarcaciones camaroneras para vigilar el adecuado cumplimiento del uso de DETs ha disminuido en los últimos años. Entre 1996 y 2003 el número de verificaciones en promedio por año fue de mil 941 verificaciones, cayendo hasta las mil 362 en 2003. Destaca en este periodo el año 2001, en el que tan sólo se realizaron 580 verificaciones, lo cual representa un 67% menos que en 1996.



### Información complementaria

- Verificaciones de los dispositivos excluidores de tortugas marinas (DETs) por entidad federativa, 1995- 2001 (IC 6.4.2-6 A)

### Comentarios al indicador

Actualmente la información se encuentra en revisión por el área, por lo que la interpretación de este indicador debe hacerse con cautela.

**Datos:** Tabla Indicador 6.4.2-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 6.4.2-6

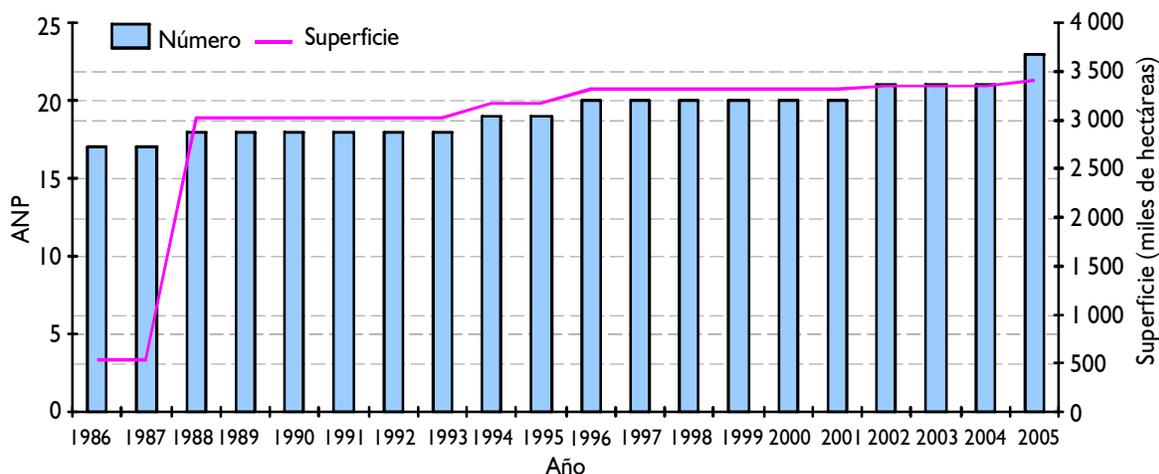
## ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES DECRETADAS PARA LA PROTECCIÓN DE TORTUGAS MARINAS

### Justificación

Las áreas naturales protegidas (ANP) han sido una de las estrategias de política ambiental de conservación más utilizadas. La constitución de sistemas de áreas naturales protegidas decretadas para la protección de tortugas marinas refleja el esfuerzo gubernamental nacional de conservación de estas especies.

### Situación / Tendencia

En el año 2005, la superficie de áreas naturales protegidas federales decretadas que tienen entre sus objetivos la protección de las tortugas marinas totaliza cerca de 3 millones 410 mil hectáreas, en un conjunto de 23 áreas. El enorme crecimiento de la superficie entre 1987 y 1988 se debe al decreto de la Reserva de la Biosfera “El Vizcaíno”.



### Información complementaria

- Áreas naturales protegidas federales marinas decretadas para la protección de tortugas marinas, superficie, año de decreto y categoría de manejo, 2005 (IC 6.4.2-7 A)

### Comentarios al indicador

Existen, junto a las áreas consideradas dentro del indicador, otras con presencia de tortugas marinas, sin embargo, su objetivo de decreto no fue en un principio la protección de estas especies. Indicadores sobre áreas protegidas han sido ampliamente utilizados por organismos internacionales (e.g., OCDE, ONU, FMI y BM) y por los ministerios o agencias ambientales de muchos países, incluido México.

Datos: Tabla Indicador 6.4.2-7

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 6.4.2-7



RECURSOS FORESTALES

**RECURSOS FORESTALES**

La enorme superficie que cubren las selvas y los bosques en México le brindan, además de una variada gama de servicios ambientales, un gran potencial para el aprovechamiento de sus recursos forestales. Los bosques y selvas protegen el suelo contra la erosión, propician el mantenimiento de su fertilidad, garantizan el volumen y la calidad del agua captada en las cuencas, preservan la biodiversidad y propician la estabilidad climática a niveles regional y global (Conabio, 1998; Matthews et al., 2000; SCBD, 2001a; Groombridge y Jenkins, 2002). Las zonas forestales también sirven como espacios para la recreación y el turismo, la educación y el conocimiento científico, además del enorme valor cultural y espiritual que tienen para muchos grupos humanos en el mundo. Sin embargo, el aporte más tangible a la sociedad es la diversidad de bienes que se explotan en ellos: por un lado, los productos maderables, que básicamente consideran la madera para la producción de escuadría (tablas, tablones, vigas y materiales de empaque), papel, chapa, triplay y para la generación de energía, a través de la quema de leña (Semarnat, 2003). Por otro lado, se encuentran los productos no maderables, un conjunto vasto que incluye tierra de monte, resinas, fibras, ceras, frutos y plantas vivas, entre muchos otros (SCBD, 2001b; Semarnat, 2003).

A nivel mundial, la producción de madera es dominada por Estados Unidos (27 por ciento del volumen total), seguido por los países productores de Europa, Asia, Canadá y la ex Unión Soviética, mientras que en México la aportación no alcanza el 1 por ciento del total mundial (Semarnat, 2003). Para el país, desde el punto de vista económico, el aprovechamiento de los recursos forestales representó en 2002 el 1 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), con cerca de 16 mil 900 millones de pesos, para lo cual se empleó una fuerza laboral remunerada de 195 mil trabajadores en 2001 (Semarnat, 2003b).

Desafortunadamente, la riqueza forestal de muchos países en el mundo, incluido México, se encuentra en serio riesgo. A nivel mundial, entre 1990 y 2000 se perdieron anualmente cerca de 9 millones de hectáreas de cubierta forestal, a una tasa anual del 0.2 por ciento (FAO, 2005), que se tradujo en la pérdida irreversible de muchos de los servicios ambientales y de valiosos recursos forestales críticos por su importancia socioeconómica. Aunado a ello, no sólo se ha reducido la extensión de la cubierta forestal, sino también su calidad: se estima que tan sólo un 20 por ciento de la cubierta forestal del planeta tiene un nivel bajo de perturbación (WRI, 1997). Los factores que inciden en la pérdida de la cubierta forestal y, por ende, de los recursos forestales que albergan son complejos. Sin embargo, se reconocen como las principales presiones: la conversión de las tierras forestales a otros usos (agrícolas, ganaderos o urbanos); la extracción tanto legal como ilícita de productos forestales (maderables y no maderables); los incendios, las plagas y las enfermedades forestales (Matthews et al., 2000; SCBD, 2001a; PNUMA, 2003).

El reconocimiento de esta problemática ha generado una creciente preocupación mundial respecto al impacto de las actividades humanas sobre el estado de los recursos forestales y, con ello, se han desarrollado estrategias que permitan la recuperación y el aprovechamiento sustentable de estos recursos. En el caso de México, se han implementado diversas estrategias que pueden agruparse en tres líneas: aquellas encaminadas a reducir la presión sobre los recursos forestales (e.g., Programa de Plantaciones Forestales Comerciales, Prodeplan), las dirigidas a la recuperación de la cubierta forestal (e.g., Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales, Procoref) y, finalmente, las que buscan el manejo sustentable de los recursos forestales (e.g., Programa de Desarrollo Forestal, Prodefor, y el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales, Procymaf). Existen además otros programas (e.g., Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, PSAH, y el Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales; PSA-CABSA), los cuales, a pesar de no buscar un aprovechamiento directo de los recursos forestales, promueven la protección de las zonas forestales del país y, por consiguiente, de los servicios ambientales que brindan. Los indicadores referentes a esta última línea se presentan dentro de los capítulos de "Agua" y "Biodiversidad". Finalmente, en la tercera línea, deben destacarse los esfuerzos en materia de sanidad forestal, a través del diagnóstico y tratamiento de las zonas con problemas de plagas y enfermedades forestales y aquellos de inspección y vigilancia conducidos por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), encaminados al cumplimiento de la normatividad en materia de los recursos forestales.

### **Cambio de uso del suelo**

Una de las presiones más importantes para los recursos forestales en México y el mundo es la conversión de las tierras forestales a otros usos del suelo (Bryant et al., 1997; Matthews et al., 2000; SCBD, 2001a; Groombridge y Jenkins, 2002; FAO, 2003; PNUMA, 2003). Esta pérdida de la cobertura forestal es resultado de la expansión de las zonas agrícolas, ganaderas y urbanas, así como de la construcción de redes de transporte, otro tipo de infraestructura (e.g., redes eléctricas o represas) o por la explotación minera. Este cambio de la cubierta forestal a otra con ausencia de árboles puede ocasionar dos impactos básicos en el estado de los recursos forestales: la reducción del área de las masas forestales (junto con las existencias de sus diversos productos) y el deterioro de la calidad de las áreas remanentes por los efectos de la fragmentación. La contracción de las áreas forestales y su fragmentación puede originar una drástica reducción de los tamaños poblacionales de las especies comerciales, propiciar su aislamiento geográfico, reducir su variabilidad e intercambio genético, así como afectar su éxito reproductivo; todo lo anterior pone en riesgo su viabilidad y explotación comercial en el largo plazo (Templeton et al., 1990; Young et al., 1996; Groombridge y Jenkins, 2002; White et al., 2002). En este sentido, el indicador **cambio de uso del suelo en zonas forestales** denota la intensidad de la presión que sobre los recursos forestales ejerce la expansión de las actividades agrícola y ganadera y el crecimiento de las zonas urbanas. En México se han realizado diversos inventarios de vegetación que permitirían, con base en su comparación, seguir las tendencias de los cambios del uso del suelo en el tiempo, sin embargo, las metodologías empleadas en su elaboración no permiten su comparación directa, por lo que el indicador sólo reporta los cambios entre dos inventarios: la Cartografía de uso del suelo y vegetación series II y III del INEGI de 1993 y 2002, respectivamente. Este indicador también es utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2003).

### **Extracción de productos forestales maderables y no maderables**

Los productos forestales que se extraen de bosques y selvas se clasifican en dos grandes grupos: los maderables, que incluyen la madera para la escuadría, el papel, la chapa, el triplay y la leña; y los no maderables, un vasto conjunto que agrupa a la tierra de monte, resinas, fibras, ceras, frutos y plantas vivas, entre otros (SCBD, 2001b; Semarnat, 2003). La explotación no controlada de estos productos puede tener repercusiones importantes sobre su explotación en el largo plazo. La remoción de los árboles de las especies comerciales puede afectar el potencial reproductivo de los individuos en las poblaciones y, con ello, disminuir la capacidad de regeneración de las poblaciones, principalmente por la remoción de los adultos reproductivos y por el daño que las labores extractivas pueden causar a los individuos en las fases tempranas de la regeneración natural. También puede producir la alteración del hábitat, afectando las condiciones microclimáticas, y promover la invasión de especies exóticas (Groombridge y Jenkins, 2002; Brown y Gurevitch, 2004). Ejemplos de productos forestales maderables y no maderables en los que el aprovechamiento no controlado ha puesto en riesgo de extinción la explotación comercial son la caoba (*Swietenia spp.*), el cedro rojo (*Cedrela odorata*), el pino colonial (*Araucaria cunninghamii*), el pino de Brasil (*Araucaria angustifolia*), la cáscara sagrada (*Rhamnus purshianus*) y el tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*), entre muchos otros (Traffic, 2001; Turner, 2001; CITES, 2005, UNEP-WCMC, 2005). En este sentido, **la producción forestal maderable y no maderable** revela la presión que las actividades extractivas de estos productos ejercen sobre los recursos forestales del país. Estos indicadores son empleados en la Agenda 21 for the Baltic Sea Region (Baltic 21, 2000) y dentro de los Indicadores de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (UN, 1999), así como en los Indicadores Ambientales Clave de la OCDE (OECD, 2004).

## ***Incendios forestales***

Los incendios forestales ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica natural de muchos ecosistemas forestales del mundo, sobre todo en los bosques templados. Debido a ellos, se incrementa la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo y se inician los procesos de sucesión ecológica que ayudan al mantenimiento de la biodiversidad (Matthews et al., 2000; SCBD, 2001c). Sin embargo, en la actualidad y debido en gran parte a las actividades y control humanos, los patrones naturales de ocurrencia de incendios se han modificado. Ahora muchos de los incendios forestales ocurren en zonas que anteriormente no sufrían de fuegos, mientras que en zonas que presentaban regímenes periódicos de fuego, los incendios se han suprimido (SCBD, 2001c; Castillo et al., 2003). Los dos factores que mayormente inciden en el incendio de las masas forestales en muchos países son la tala sostenida de bosques y el empleo del fuego para la habilitación de terrenos cultivables; sin embargo, también los incendios previos, las fogatas y la quema de basura favorecen su ocurrencia (SCBD, 2001c; Cochrane, 2002; Castillo et al., 2003). Sus efectos sobre los recursos forestales pueden observarse en dos niveles: por un lado, sobre el deterioro y pérdida de los mismos recursos y, por otro, en el detrimento de la calidad del ambiente en el que se encuentran. En el caso de los primeros, el calor del fuego induce la muerte de los tejidos y deformaciones en los árboles, reduciendo con ello la calidad de su madera (Castillo et al., 2003). El fuego también puede eliminar por completo los renuevos de las poblaciones de las especies comerciales y propiciar la invasión de plagas y enfermedades forestales (Matthews et al., 2000; Castillo et al., 2003). Los costos económicos que acarrea la pérdida de los recursos forestales pueden ser enormes. Entre 1997 y 1998, por ejemplo, en Indonesia se quemaron cerca de 4.7 millones de hectáreas de bosque tropical, calculándose la pérdida de los productos maderables en cerca de 2 mil millones de dólares y la de los productos no maderables en cerca de 586 millones (SCBD, 2001c). El indicador ***incendios forestales y superficie afectada*** sirve para denotar la presión que estos eventos tienen sobre los recursos forestales del país. Este indicador también es utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2003) y en el Report on Sustainable Development Indicators de Grecia (NCESD, 2003).

## ***Plagas forestales***

Las plagas forestales son insectos o patógenos que ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, tales como deformaciones, disminuciones en el crecimiento, debilitamiento o incluso la muerte, causando un impacto ecológico, económico y social importante (FAO, 1993; Conabio, 1998; Conafor, 2003, 2004; Semarnat, 2003). Son consideradas como una de las principales causas de disturbio en los bosques templados del país, reconociéndose cerca de 250 especies de insectos y patógenos que pueden afectar al arbolado nacional (Semarnat, 2003). Dentro de los factores naturales que facilitan el ataque de plagas están fenómenos meteorológicos como las sequías, huracanes y nevadas, así como otras conflagraciones naturales, como los incendios (Matthews et al., 2000; Castillo et al., 2003; PNUMA, 2003). Sin embargo, las actividades humanas también facilitan el ataque. El aprovechamiento y pastoreo no regulados, el deficiente manejo silvícola, la introducción de especies de plagas y patógenos de otras regiones geográficas, así como los incendios inducidos, predisponen a las masas arboladas al ataque por insectos o patógenos. La ***superficie afectada por plagas forestales*** puede indicar la presión que este factor ejerce sobre el estado de los recursos forestales nacionales. La superficie de bosques afectada por plagas y enfermedades forestales se considera dentro de la lista de indicadores del Proceso de Montreal de la ONU.

### **Tala ilegal**

Uno de los factores que afectan la condición de los recursos forestales en México y el mundo es la tala ilegal en bosques y selvas. La tala ilegal ocurre cuando la madera es cosechada, transportada, comprada o vendida infringiendo las leyes nacionales (RIIA, 2002; Brack, 2005). El procedimiento de cosecha mismo puede ser ilegal e incluir medios ilícitos para lograr el acceso al bosque, realizar la extracción sin permiso, cortar especies protegidas o extraer madera por encima de los límites acordados. Las ilegalidades también pueden ocurrir durante el transporte, el procesamiento y la exportación, la declaración fraudulenta en aduana y la evasión de impuestos. Esta actividad genera pérdidas a los países madereros que el Banco Mundial estima entre los 10 y los 15 mil millones de euros al año (Comisión Europea, 2004). La tala ilegal afecta los recursos forestales tanto por la reducción de sus volúmenes, como por sus efectos en la promoción de la deforestación y la aparición de fuegos y plagas forestales (Comisión Europea, 2004; Brack, 2005). El **volumen de productos forestales maderables aprovechados ilícitamente** es indicador de la presión que esta actividad ejerce sobre los recursos forestales nacionales. Sin embargo, no se poseen a la fecha datos precisos sobre los volúmenes extraídos ilícitamente en el país, por lo que se presenta como indicador alternativo el de **madera decomisada por inspección forestal** como una medida, seguramente inferior al valor real, de los productos que se obtienen de esta manera en los bosques y selvas nacionales.

### ***Extensión de los bosques y selvas***

La abundancia de los recursos forestales de una nación depende en gran medida de la extensión actual de sus bosques y selvas. Otros factores, como la densidad de árboles por unidad de área y su estado de conservación, son también determinantes del volumen de los recursos forestales maderables y no maderables existentes (Semarnat, 2003). En este sentido, la **extensión de bosques y selvas** es indicativa de la superficie actual que ocupa la riqueza forestal nacional. Este indicador también es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2003), por la OCDE en su Key Environmental Indicators (OECD, 2004), en el UK Government's indicators of sustainable development de la Gran Bretaña (DEFRA, 2004), en el Report on Sustainable Development Indicators de Grecia (NCESD, 2003) y dentro de la Denmark's National Strategy for Sustainable Development (Danish Government, 2003). Desde 2004 un nuevo programa de Inventario Nacional Forestal y de Suelos se puso en marcha y conjuntamente con el INEGI, se producirán cifras cada 5 años.

### ***Existencias de madera en bosques y selvas***

Las existencias maderables se refieren básicamente a los volúmenes de madera con los que cuenta una región o país en sus bosques y selvas en forma de árboles vivos. Las existencias de madera difieren entre bosques y selvas, siendo por lo general los bosques tropicales los que tienen mayores existencias por unidad de área (Semarnat, 2003). Además del tipo de vegetación, también el estado de conservación afecta el volumen maderable existente; aquellas áreas que sufren los efectos de la fragmentación tienen un contenido comparativamente menor que los bosques o selvas primarios. El indicador **existencias maderables en bosques y selvas** muestra los volúmenes existentes de los recursos forestales nacionales. En México se han realizado diferentes esfuerzos para determinar las existencias de madera en todo el país. El más reciente, el Inventario Forestal Nacional 2000 contiene sólo la extensión de las zonas arboladas y carece aún de información sobre volúmenes de madera, por lo que el indicador se basa en la información del Inventario Forestal Nacional Periódico de 1994. En 2004 se inició un nuevo programa de Inventario Nacional Forestal que concluirá hasta el 2009, pero que reportará parcialmente los datos del indicador en 2006.

### ***Plantaciones forestales comerciales***

Una de las estrategias empleadas para reducir la presión que sufren los ecosistemas forestales e incrementar la producción forestal, maderable y no maderable, ha sido el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Para ello se creó en 1997 el Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), cuyo objetivo es apoyar el establecimiento de 875 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales en un plazo no mayor a 25 años, a fin de reducir las importaciones de productos forestales y crear, al mismo tiempo, alternativas de desarrollo sustentable, así como promover la diversificación productiva en el país. El programa está basado en la reconversión al uso forestal de terrenos que alguna vez fueron desmontados con fines agropecuarios. En las plantaciones comerciales de México se cultivan sobre todo árboles para producir madera sólida y celulosa, por lo que se prefieren especies como pino, teca, melina, cedro rojo, caoba y eucalipto (Semarnat, 2003). En las regiones tropicales, que es donde se ubica la mayor parte de los proyectos, se plantan principalmente especies de maderas preciosas o decorativas (Semarnat, 2003). El indicador ***superficie plantada, verificada y pagada de plantaciones forestales comerciales*** denota el esfuerzo encaminado a reducir la presión sobre los recursos forestales nacionales e incrementar la producción maderable y no maderable.

### ***Manejo forestal sustentable***

En la segunda mitad de la década de los noventa surgieron iniciativas gubernamentales como el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (Procymaf) para impulsar el manejo de los bosques nativos del país. El Prodefor fue creado en 1997 y desde entonces ha gestionado los recursos económicos con los gobiernos estatales y municipales para promover el aprovechamiento legal, con buen manejo técnico y con justa distribución de los beneficios de los recursos naturales. Por su parte, el Procymaf inició su operación en el mismo año como proyecto piloto enfocado a mejorar el aprovechamiento y la conservación de los recursos naturales por parte de ejidos y comunidades forestales, y a generar y aumentar las opciones de ingreso de dichas comunidades en seis estados forestales prioritarios (Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca). El Procymaf complementa la visión productiva del Prodefor, asistiendo a ejidos y comunidades forestales en regiones prioritarias para mejorar el manejo de sus recursos forestales bajo esquemas de silvicultura comunitaria que generan procesos de desarrollo local. Está orientado a fortalecer las actividades de tres de los actores principales del sector forestal: productores de comunidades y ejidos, prestadores de servicios técnicos y profesionales e instituciones federales y estatales encargadas de las actividades de conservación y desarrollo forestal. El indicador ***superficie incorporada al manejo forestal sustentable***, que incluye los logros alcanzados por ambos programas, señala el esfuerzo gubernamental encaminado al manejo sustentable de la riqueza forestal del país.

### ***Tratamiento de plagas forestales***

Con objeto de proteger los recursos forestales del país, también se han tomado acciones encaminadas al combate de las plagas forestales. De manera periódica, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) realiza recorridos por bosques y selvas con la finalidad de efectuar inspecciones de sanidad forestal. Sin embargo, la extensión de las áreas forestales es tan grande que resulta prácticamente imposible inspeccionarlas en su totalidad, por lo que el diagnóstico se efectúa mediante recorridos aéreos y terrestres en áreas de alto riesgo por la presencia de plagas. Una vez detectadas las zonas afectadas por plagas, se procede a aplicar el tratamiento correspondiente para su eliminación. Entre las plagas y enfermedades que son atendidas, ya sea por su importancia nacional, regional o local destacan el muérdago y otras plantas parásitas, los descortezadores, defoliadores, barrenadores, los insectos de conos y semillas y los chupadores de savia (Conafor, 2003). En este sentido, el indicador ***superficie afectada por plagas forestales que recibió tratamiento*** señala el esfuerzo que en materia de salud forestal se realiza a nivel nacional.

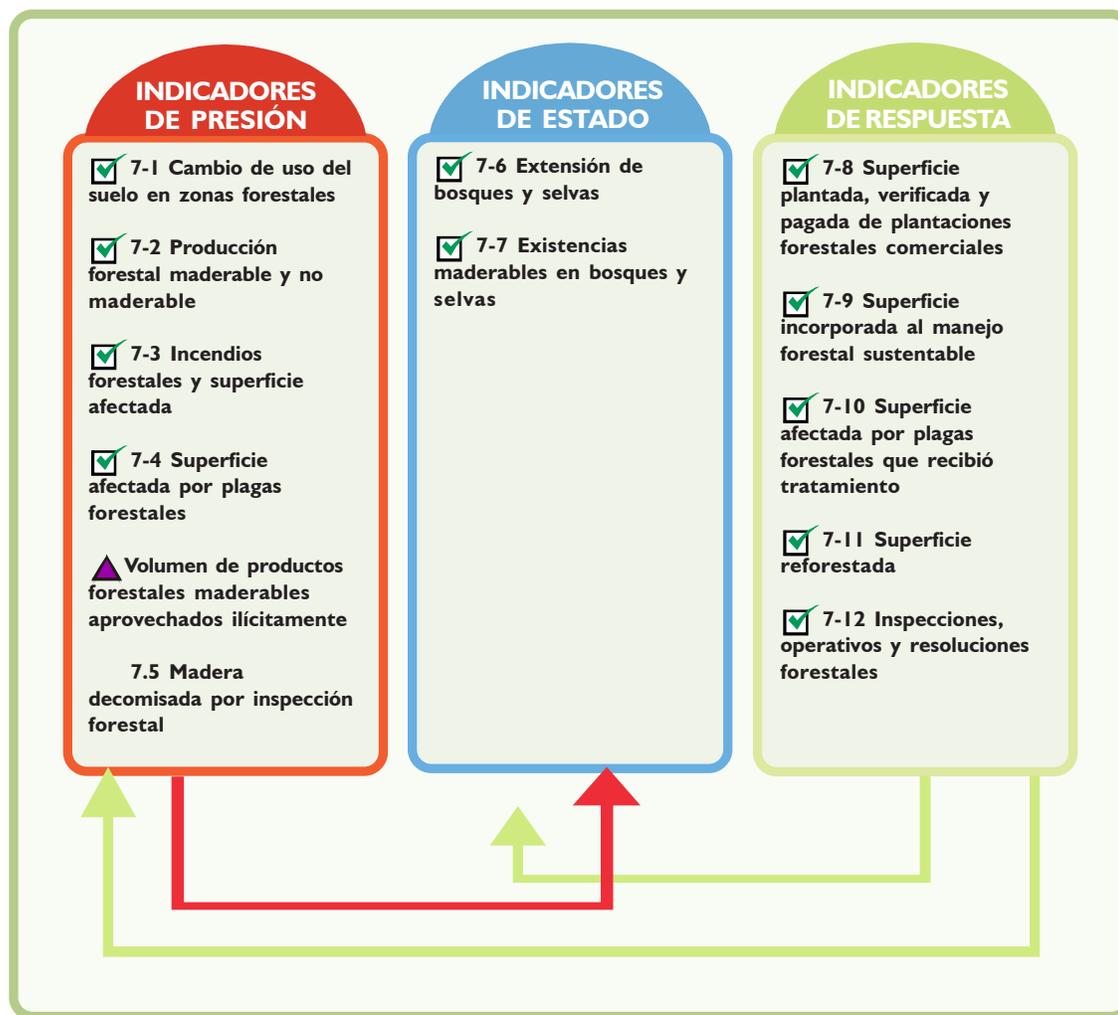
## **Reforestación**

La reforestación es una de las principales acciones para rehabilitar los sitios afectados por los desmontes, cambios de uso del suelo, incendios y plagas forestales. Estas medidas contribuyen a la recuperación de la cubierta vegetal y al mantenimiento de la calidad del ambiente de las zonas forestales. El Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref) tiene ahora a su cargo, entre otras atribuciones, las que desde 1997 y hasta 2004 realizaba el Programa Nacional de Reforestación (Pronare) en relación a la reforestación, siendo su objetivo la restauración de la cubierta vegetal en sitios estratégicos del país con las especies adecuadas. Es importante señalar que aun cuando los objetivos de la reforestación pueden no estar orientados hacia el posterior aprovechamiento forestal, esta actividad contribuye a la salud de las zonas forestales, evitando la degradación del hábitat entre otros efectos. El indicador **superficie reforestada** muestra los esfuerzos nacionales en materia de reforestación y recuperación de la cubierta vegetal. Este indicador está considerado dentro del Report on Sustainable Development Indicators de Grecia (NCESD, 2003) y por el Banco Mundial (WB, 1997).

## **Inspecciones forestales**

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), con el apoyo de la Ley Forestal de 1992, dirige la vigilancia de todas las actividades forestales Instrumenta su fortalecimiento mediante visitas de inspección y auditorías técnicas, realizadas por inspectores distribuidos en los 32 estados del país. El Programa de Inspección y Vigilancia Forestal que lleva a cabo se orienta a la verificación de los aprovechamientos forestales, a los centros de almacenamiento, transformación de los productos y a su transporte. Asimismo, la Profepa realiza acciones de vigilancia sistemática en áreas forestales, operativos especiales en áreas críticas, atiende las denuncias específicas de la ciudadanía y realiza actividades de formación, capacitación y seguimiento de los grupos de vigilancia participativa. El indicador **inspecciones, operativos y resoluciones forestales** revela la labor de vigilancia del cumplimiento de la normatividad forestal que se lleva a cabo en el país. Este indicador es empleado por la OCDE en su Key Environmental Indicators (OECD, 2004) y en la Agenda 21 for the Baltic Sea Region (Baltic 21, 2000).

## Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Recursos Forestales



- Indicador presente en este capítulo*
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación*
- Indicador propuesto pero no presente en esta publicación*

## CAMBIO DE USO DEL SUELO EN ZONAS FORESTALES

7-1

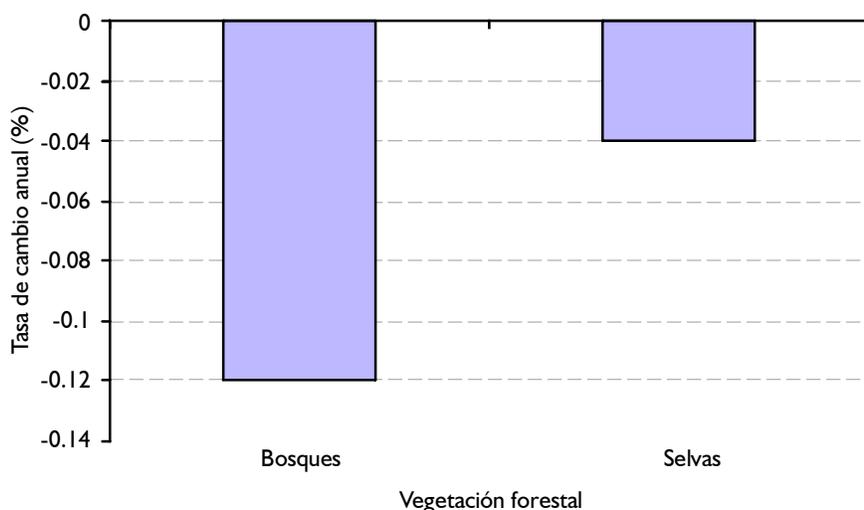
PRESIÓN

### Justificación

Una de las presiones más importantes para los recursos forestales es la conversión de tierras forestales a otros usos del suelo. Esta pérdida resulta de la expansión de las zonas agrícolas, ganaderas y urbanas, así como de la construcción de redes de transporte, redes eléctricas, represas o por la explotación minera. Este cambio ocasiona, por un lado, la reducción del área de las masas forestales (junto con las existencias de sus diversos productos) y, por otro, el deterioro de la calidad de las áreas remanentes por los efectos de la fragmentación.

### Situación / Tendencia

La superficie forestal en el país, tanto en bosques como en selvas, se redujo durante el periodo 1993-2002. La cubierta boscosa que cambió para otros usos durante el periodo fue de cerca de 3 mil 594 kilómetros cuadrados, a una tasa anual de pérdida del 0.12%. En el caso de las selvas, la disminución alcanzó los mil 100 kilómetros cuadrados, a una tasa anual de cambio del 0.04%.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Este indicador es utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

**Datos:** Tabla Indicador 7-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-1

**Fuente:** Elaboración propia con datos de:  
 INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II 1993. México. 1993.  
 INEGI. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie III 2002. México. 2003.

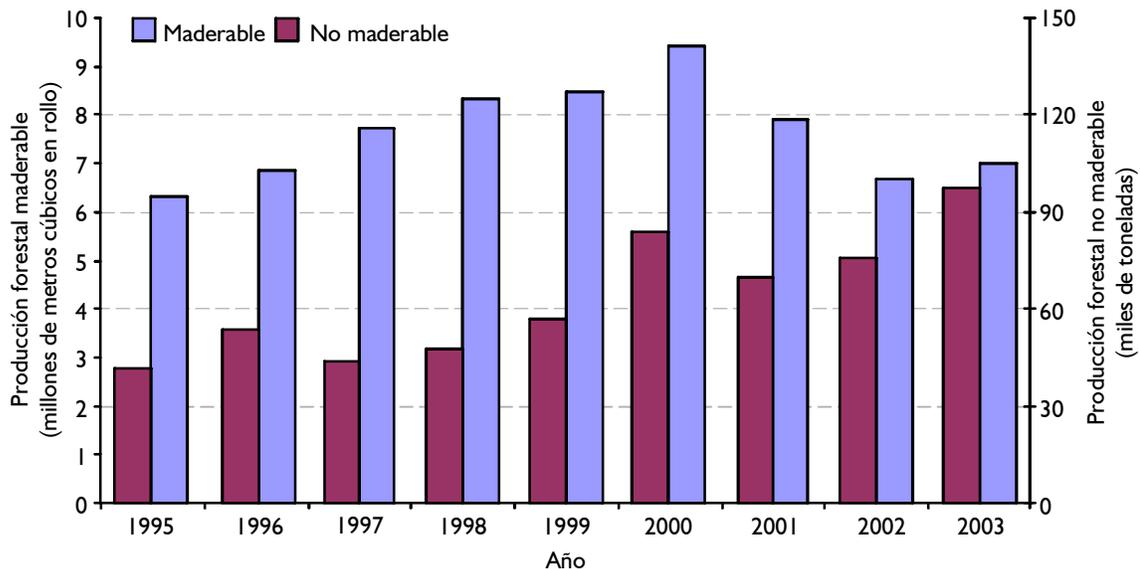
## PRODUCCIÓN FORESTAL MADERABLE Y NO MADERABLE

### Justificación

La explotación no controlada de los productos forestales maderables y no maderables puede tener repercusiones importantes sobre su explotación en el largo plazo. La remoción de los árboles de las especies comerciales puede afectar el potencial reproductivo de los individuos y con ello disminuir la capacidad de regeneración de las poblaciones. También puede producir la alteración del hábitat y promover la invasión de especies exóticas.

### Situación / Tendencia

La producción forestal nacional ha seguido, a pesar de las oscilaciones, una tendencia decreciente durante el periodo 1986-2003. Mientras que en los últimos cuatro años de la década de los años ochentas la producción promedió cerca de 9 millones 250 mil metros cúbicos al año, en los noventas decreció a cerca de 7 millones 400 mil y entre 2000 y 2003 no ha promediado niveles superiores a los 7 millones 750 mil metros cúbicos por año. Los productos no maderables han seguido una tendencia similar. Al final de los años ochenta alcanzaron en promedio cerca de las 78 mil 700 toneladas por año, disminuyendo durante los años noventa a cerca de 60 mil toneladas y entre 2002 y 2003 se recuperó la producción hasta conseguir las 72 mil toneladas.



### Información Complementaria

- Producción forestal maderable por entidad federativa, 1990-2003 (IC 7-2 A)
- Producción forestal maderable por especie, 1997-2003 (IC 7-2 B)
- Consumo nacional de leña, 1994-2003 (IC 7-2 C)
- Producción forestal no maderable por entidad federativa, 1995-2003 (IC 7-2 D)
- Producción forestal no maderable por tipo de producto, 1997-2003 (IC 7-2 E)
- Autorización para la extracción de tierra de monte, 1997-2004 (IC 7-2 F)
- Producción de tierra de monte por entidad federativa, 1997-2003 (IC 7-2 G)

### Comentarios al indicador

Estos indicadores han sido empleados en la *Agenda21 for the Baltic Sea Region*, dentro de los Indicadores de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas y en los Indicadores Ambientales Clave de la OCDE.

**Datos:** Tabla Indicador 7-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-2

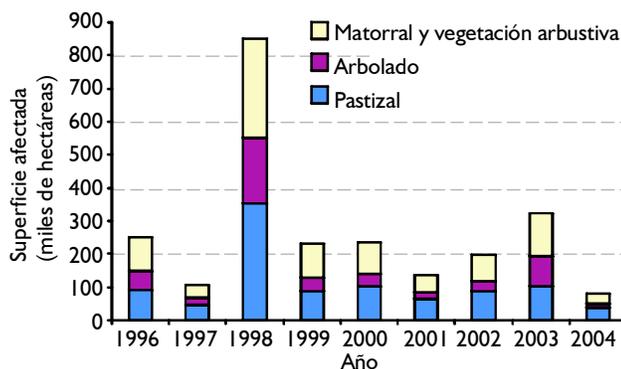
**Fuentes:** Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. México. 2003. Semarnat. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. Años 2002 y 2003. México. 2004 y 2005. Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México. 2005

**Justificación**

Los incendios forestales ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica natural de muchos ecosistemas forestales del mundo, sobre todo en los bosques templados. Sin embargo, debido en gran parte a las actividades y control humanos, muchos de los incendios forestales ocurren en zonas donde anteriormente no ocurrían, e incluso, se han suprimido en zonas que normalmente tenían regímenes periódicos de fuego. Los efectos sobre los recursos forestales pueden observarse en dos niveles: sobre el deterioro y pérdida de los mismos recursos y en el detrimento de la calidad del ambiente en el que se encuentran.

**Situación / Tendencia**

El número de incendios forestales durante el periodo 1996-2004, sin contar al año 1998 (que registró un total de 14 mil 445 incendios), alcanzó las 7 mil 508 conflagraciones por año en promedio. En cuanto a la superficie promedio afectada, de igual modo sin incluir la de 1998 (que ascendió a cerca de 850 mil hectáreas), alcanzó las 195 mil 348 hectáreas por año. En cuanto al tipo de superficie forestal afectada, la mayor parte correspondió a pastizales y matorrales y vegetación arbustiva, mientras que el arbolado en ningún año superó el 27% de la superficie incendiada.



**Información Complementaria**

- Superficie afectada por incendios forestales según tipo de vegetación por entidad federativa, 1996-2004 (IC 7-3 A)

**Comentarios al indicador**

Este indicador es utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y en el *Report on Sustainable Development Indicators* de Grecia.

**Datos:** Tabla Indicador 7-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-3

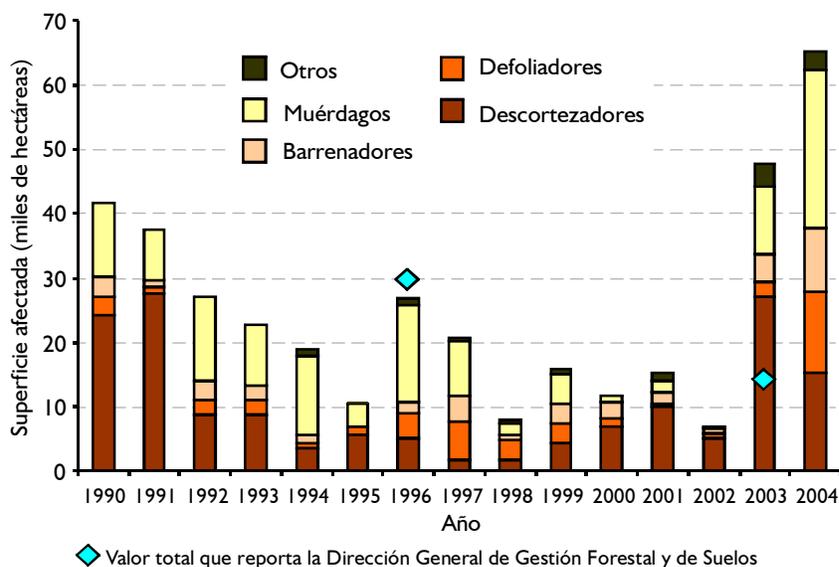
## SUPERFICIE AFECTADA POR PLAGAS FORESTALES

### Justificación

Las plagas forestales son insectos o patógenos que ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, tales como deformaciones, disminuciones en el crecimiento, debilitamiento o incluso la muerte, causando un impacto ecológico, económico y social importante.

### Situación / Tendencia

Durante el periodo 1990-2002, la superficie afectada por plagas forestales siguió una tendencia decreciente, pasando de cerca de 41 mil 700 hectáreas en 1990 hasta casi 7 mil en el año 2002. Entre 2003 y 2004 la superficie aumentó considerablemente respecto a los años anteriores, con un promedio de 56 mil 450 hectáreas por año. De la superficie total afectada durante el periodo, el 41.3% sufrió los efectos de los descortezadores, siguiendo en orden de importancia el efecto del muérdago (33.4%), los defoliadores (11.5%), los barrenadores (10.6%) y finalmente, un pequeño grupo de enfermedades forestales (3.1%).



### Información complementaria

- Superficie afectada por plagas forestales por entidad federativa, 1998-2004 (IC 7-4 A)

### Comentarios al indicador

Los datos son presentados tanto por la Coordinación General de Conservación y Restauración Forestal de la Gerencia de Sanidad Forestal de la Comisión Nacional Forestal, como por la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la Semarnat.

Las plagas y enfermedades que afectan a los bosques se consideran dentro de la lista de indicadores del Proceso de Montreal de la ONU.

Datos: Tabla Indicador 7-4

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 7-4

Fuente: Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. México. 2003. Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Años 1994 a 2003. México. Varios años. Conafor. Coordinación General de Conservación y Restauración Forestal. Gerencia de Sanidad Forestal. México. 2005. Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México. 2005.

**MADERA DECOMISADA POR INSPECCIÓN FORESTAL**

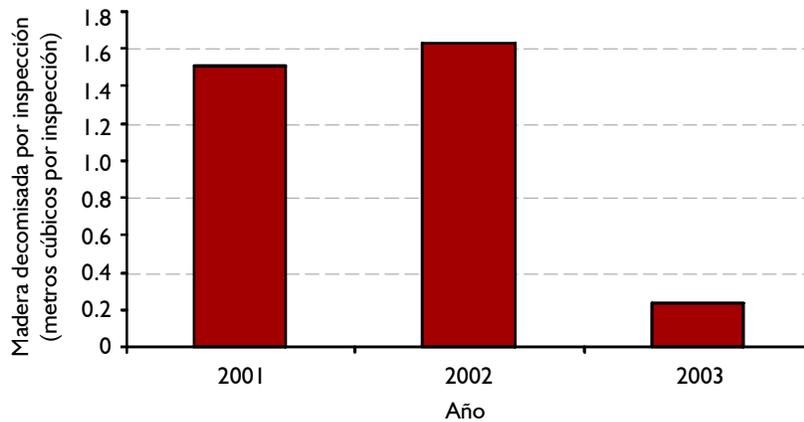
PRESIÓN

**Justificación**

La tala ilegal ocurre cuando la madera es cosechada, transportada, comprada o vendida infringiendo las leyes nacionales. La tala ilegal afecta los recursos forestales tanto por la reducción de sus volúmenes en pie, como por sus efectos en la promoción de la deforestación y la aparición de fuegos forestales.

**Situación / Tendencia**

Durante el periodo 2001-2002, el volumen de madera decomisada por inspección forestal fue de alrededor de 1.5 metros cúbicos de madera por inspección; reduciéndose para el año 2003 a tan sólo 0.23 metros cúbicos por inspección.



**Información Complementaria**

- Áreas críticas sujetas a procesos de deforestación, 2001 (IC 7-5 A)

**Comentarios al indicador**

El indicador representa sólo una fracción del volumen total de madera que se extrae ilegalmente de los bosques del país al año.

**Datos:** Tabla Indicador 7-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-5

Fuente: Profepa. Informe Anual. Años 2002 y 2003. México. 2003 y 2004.

## EXTENSIÓN DE BOSQUES Y SELVAS

7-6

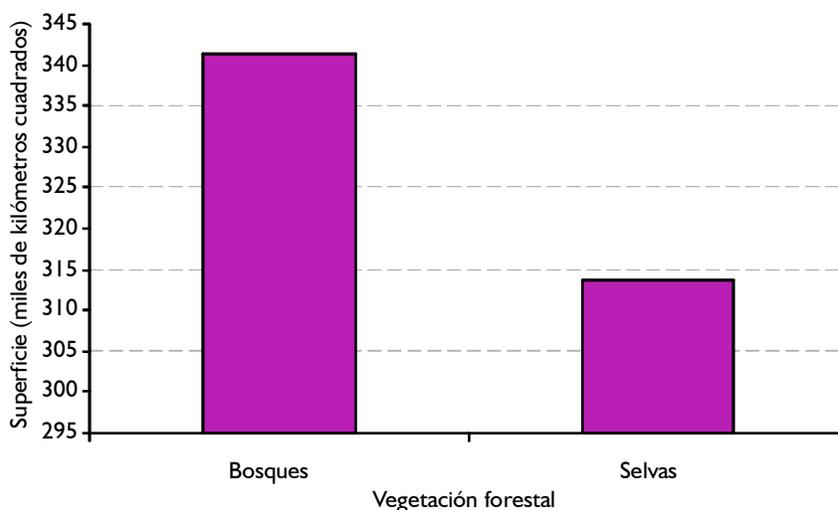
ESTADO

### Justificación

La abundancia de los recursos forestales de una nación depende, en gran medida, de la extensión de sus bosques y selvas. Otros factores, como la densidad de árboles por unidad de área y su estado de conservación son también determinantes del volumen de los recursos forestales maderables y no maderables existentes.

### Situación / Tendencia

La extensión de los bosques en el país en el año 2002 ascendió a cerca de 341 mil 400 kilómetros cuadrados, mientras que las selvas alcanzaron los 313 mil 635 kilómetros cuadrados.



### Información complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Este indicador es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, por la OCDE en su *Key Environmental Indicators*, en el *UK Government's indicators of sustainable development* de la Gran Bretaña, en el *Report on Sustainable Development Indicators* de Grecia y dentro de la *Denmark's National Strategy for Sustainable Development*.

**Datos:** Tabla Indicador 7-6

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-6

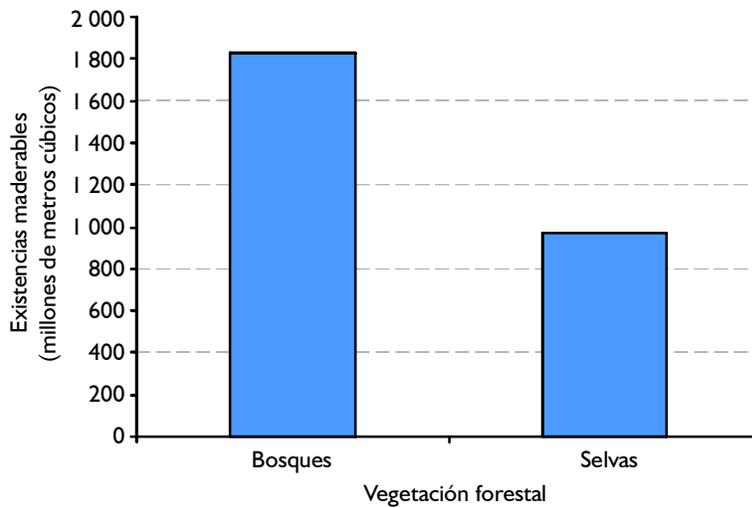
## EXISTENCIAS MADERABLES EN BOSQUES Y SELVAS

### Justificación

Las existencias maderables se refieren a los volúmenes de madera con los que cuenta una región o país en sus bosques y selvas en forma de árboles vivos. Las existencias de madera difieren entre bosques y selvas, siendo por lo general los bosques tropicales los que tienen mayores existencias por unidad de área. Además del tipo de vegetación, también el estado de conservación afecta su volumen maderable existente.

### Situación / Tendencia

Las existencias maderables del país en 1994 ascendieron a 2 mil 803 millones de metros cúbicos de madera. De ellos, las existencias en los bosques registraron cerca de mil 831 millones de metros cúbicos, mientras que las de las selvas para el mismo año alcanzaron los 972 millones 484 mil metros cúbicos.



### Información Complementaria

- Existencias maderables en bosques por tipo de bosque por entidad federativa, 1994 (IC 7-7 A)
- Existencias maderables en selvas por tipo de selva por entidad federativa, 1994 (IC 7-7 B)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 7-7

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-7

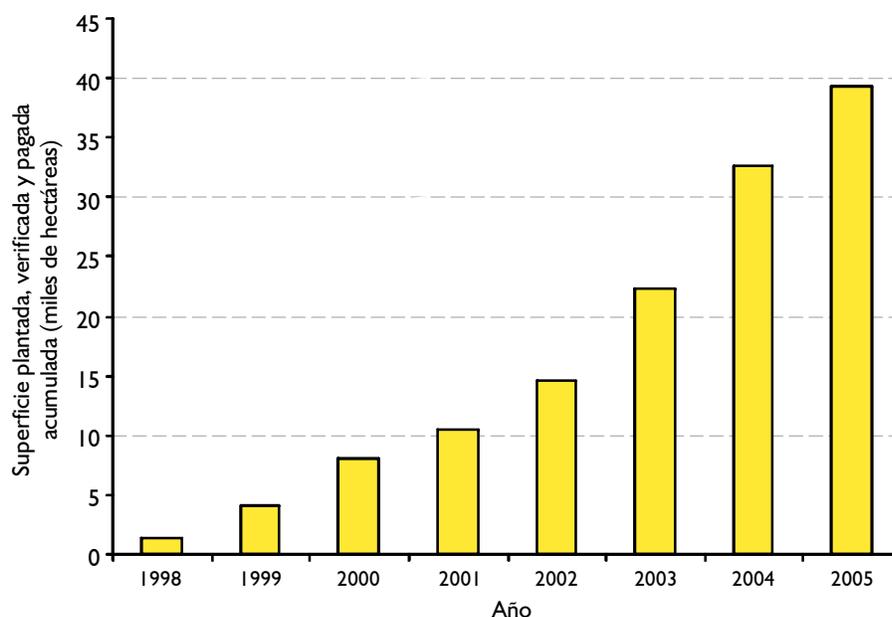
## SUPERFICIE PLANTADA, VERIFICADA Y PAGADA DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES

### Justificación

Una de las estrategias empleadas para reducir la presión que sufren los ecosistemas forestales e incrementar la producción forestal maderable y no maderable ha sido el establecimiento de plantaciones forestales. Para ello se creó el Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan), cuyo objetivo es apoyar el establecimiento de plantaciones forestales comerciales a fin de reducir las importaciones de productos forestales, creando al mismo tiempo alternativas de desarrollo sustentable y promoviendo la diversificación productiva en el país.

### Situación / Tendencia

La superficie plantada, verificada y pagada para plantaciones forestales dentro del Prodeplan alcanzó, durante el periodo 1997-junio de 2005, cerca de 40 mil hectáreas.



### Información Complementaria

- Superficie apoyada de plantaciones forestales comerciales, 1997-2004 (IC 7-8 A)
- Superficie plantada, verificada y pagada en el Prodeplan por entidad federativa, 1997-2005 (IC 7-8 B)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 7-8

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-8

**SUPERFICIE INCORPORADA AL MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE**

7-9

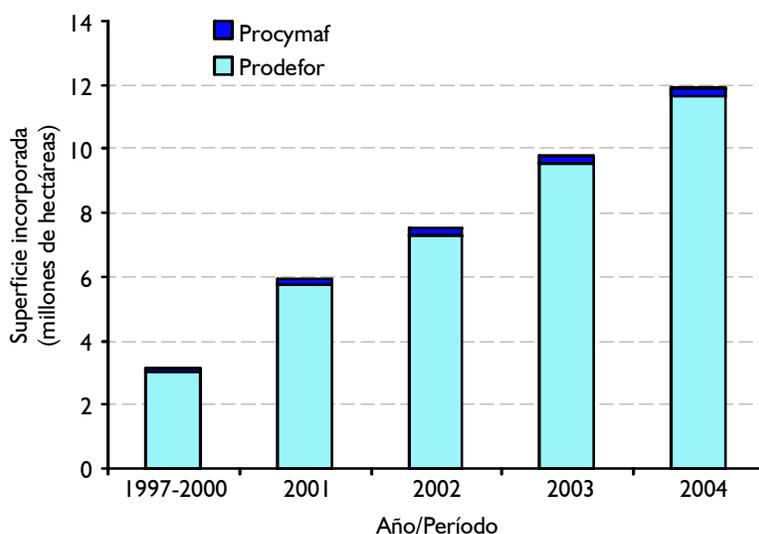
RESPUESTA

**Justificación**

En la segunda mitad de los años noventa surgieron iniciativas como el Programa para el Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Proyecto para la Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (Procymaf) para impulsar el manejo sustentable de los bosques del país. El Prodefor fue creado para promover el aprovechamiento legal, con buen manejo técnico y con justa distribución de los beneficios de los recursos naturales. Por su parte, el Procymaf ha asistido a ejidos y comunidades forestales en regiones prioritarias para mejorar el manejo de sus recursos forestales bajo esquemas de silvicultura comunitaria que producen el desarrollo local.

**Situación / Tendencia**

La superficie incorporada a programas de manejo forestal sustentable creció de manera importante durante el periodo 1997-2004. Pasó de cerca de 2 millones 225 mil hectáreas en el año 2000, a casi 12 millones de hectáreas en el 2004. Para el año 2003, el 97.2% de la superficie incorporada bajo este esquema correspondió al Prodefor, mientras que el restante 2.8% opera mediante el Procymaf.



**Información complementaria**

- Procymaf: principales resultados, 1998-2003 (IC 7-9 A)
- Prodefor: superficie incorporada al manejo forestal responsable por entidad federativa, 2001-2004 (IC 7-9 B)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 7-9

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-9

**Fuentes:** Conafor. Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales en México. Balance de tres años de ejecución. Anexo 2. México. 2000.  
 Conafor. Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales en México. Informe Anual. México. Ediciones 2001 y 2002.  
 Conafor. Gestión comunitaria para el uso sustentable de los bosques: Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales de México-Procymaf. Informe Final. México. 2003.

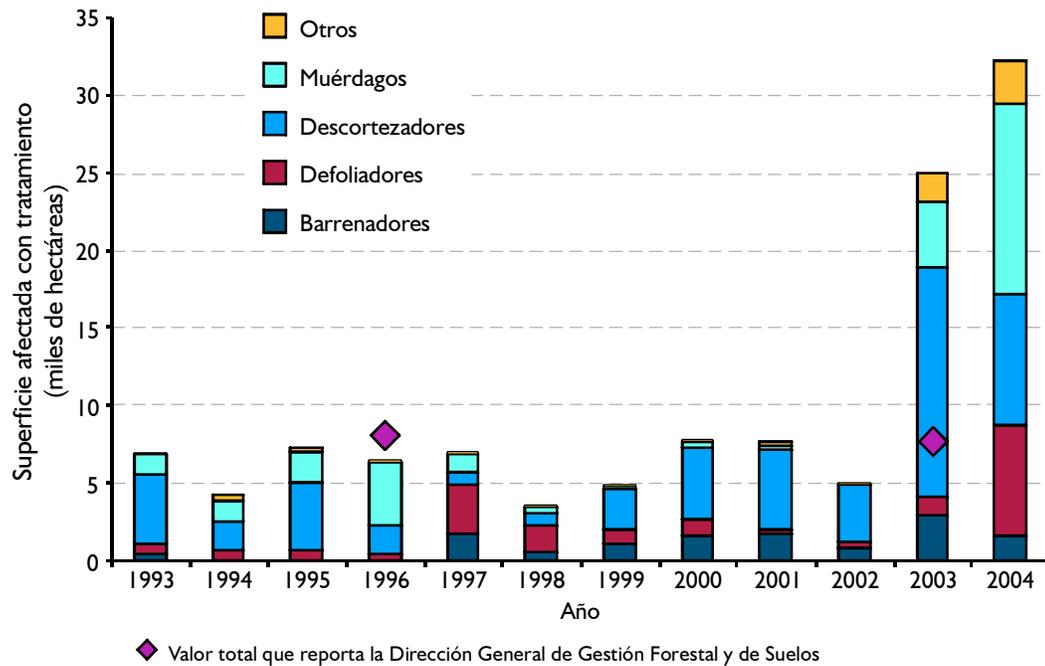
## SUPERFICIE AFECTADA POR PLAGAS FORESTALES QUE RECIBIÓ TRATAMIENTO

### Justificación

De manera periódica, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) realiza recorridos por bosques y selvas con la finalidad de efectuar inspecciones de sanidad forestal. Una vez detectadas las zonas afectadas por plagas, se procede a aplicar el tratamiento correspondiente para su eliminación. Entre las plagas y enfermedades que son atendidas destacan el muérdago y otras parásitas, los descortezadores, defoliadores, barrenadores, los insectos de conos y semillas y los chupadores de savia.

### Situación / Tendencia

La superficie anual promedio afectada por plagas forestales que recibió tratamiento durante el periodo 1993-2002 fue de 6 mil 55 hectáreas. Sin embargo, en 2003 y 2004 las superficies tratadas fueron considerablemente mayores, alcanzando las 25 mil y 32 mil 193 hectáreas, respectivamente. De la superficie total que recibió tratamiento entre 1993 y 2004, el 23.8 % correspondió a zonas afectadas por muérdagos, seguido por zonas con descortezadores (45.4 %), defoliadores (15.3 %), otras enfermedades forestales (5 %; entre las que se incluyen el declinamiento del encino, royas y pudriciones del fuste y la raíz, entre otras) y por barrenadores (10.5 %).



### Información Complementaria

- Superficie con tratamiento de control de plagas forestales según tipo de daño por entidad federativa, 1998-2004 (IC 7-10 A)
- Superficie con diagnóstico sanitario forestal, 1990-2004 (IC 7-10 B)
- Superficie con diagnóstico sanitario forestal por entidad federativa, 1990-2004 (IC 7-10 C)

### Comentarios al indicador

Los datos son presentados tanto por la Coordinación General de Conservación y Restauración Forestal, Gerencia de Sanidad Forestal de la Comisión Nacional Forestal, como por la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la Semarnat.

**Datos:** Tabla Indicador 7-10

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-10

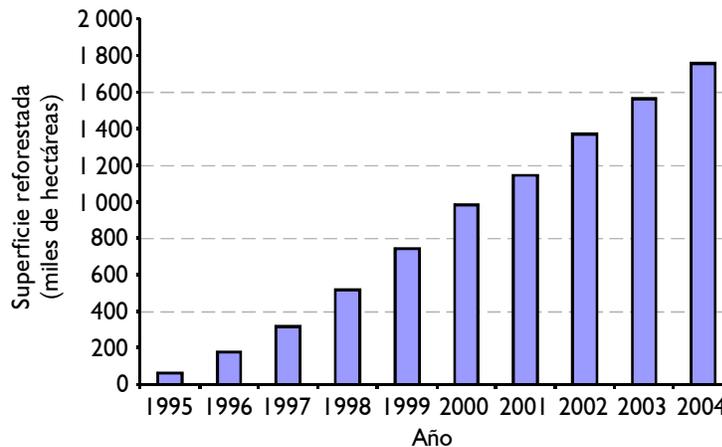
**Fuentes:** Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. México. 2003. Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Años 1994 a 2003. México. Conafor. Coordinación General de Conservación y Restauración Forestal. Gerencia de Sanidad Forestal. México. 2005. Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México. 2005.

**Justificación**

La reforestación es una de las principales medidas que contribuyen a la recuperación de la cubierta vegetal y al mantenimiento de la calidad del ambiente de las zonas forestales.

**Situación / Tendencia**

La superficie del país que se reforestó durante el periodo 1995-2004 fue cercana al millón 752 mil hectáreas. La superficie promedio reforestada por año para dicho periodo alcanzó las 175 mil 200 hectáreas.



**Información complementaria**

- Superficie reforestada por entidad federativa, 1993-2004 (IC 7-11 A)

**Comentarios al indicador**

El Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref) tiene ahora a su cargo, entre otras atribuciones, las que desde 1997 y hasta 2004 realizaba el Programa Nacional de Reforestación (Pronare) en relación a la reforestación, siendo su objetivo la restauración de la cubierta vegetal en sitios estratégicos del país con las especies adecuadas. Este indicador está considerado dentro del Report on Sustainable Development Indicators de Grecia y por el Banco Mundial.

**Datos:** Tabla Indicador 7-11

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-11

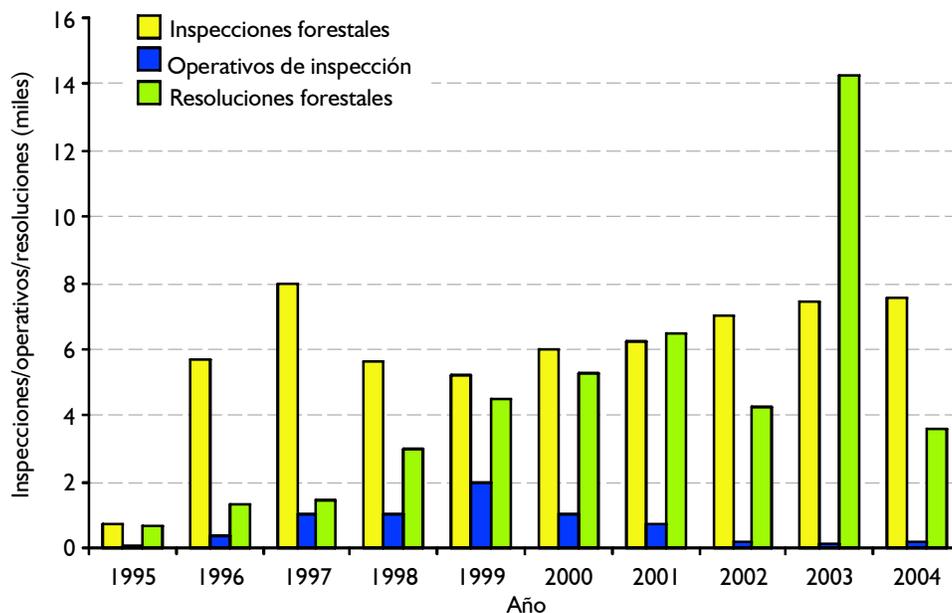
## INSPECCIONES, OPERATIVOS Y RESOLUCIONES FORESTALES

### Justificación

La Profepa dirige la vigilancia de todas las actividades forestales mediante visitas de inspección y auditorías técnicas mediante inspectores en los 32 estados del país. El Programa de Inspección y Vigilancia Forestal que lleva a cabo se orienta a la verificación de los aprovechamientos forestales, los centros de almacenamiento, de transformación de los productos y de su transporte. Asimismo, la Profepa realiza acciones de vigilancia sistemática en áreas forestales, operativos especiales en áreas críticas, atiende las denuncias específicas de la ciudadanía y realiza actividades de formación, capacitación y seguimiento a los grupos de vigilancia participativa.

### Situación / Tendencia

El número de inspecciones forestales creció de manera constante durante el periodo 1995-2004. Las inspecciones realizadas en 1995 contabilizaron las 745, mientras que para el año 2004 alcanzaron un total de 7 mil 570. De igual manera, las resoluciones forestales también crecieron entre 1995 y el año 2003, con un total de en este último año de 14 mil 253 resoluciones, sufriendo un descenso para el año siguiente en el que se acumularon 3 mil 567 resoluciones. Con respecto a los operativos de inspección, el número máximo se registró en 1999, con un total un poco mayor a los 2 mil operativos. A partir de ese año se han contabilizado un número menor de operativos, con 180, 98 y 167 para 2002, 2003 y 2004 respectivamente.



### Información Complementaria

Este indicador no tiene información complementaria.

### Comentarios al indicador

Este indicador es empleado por la OCDE en su *Key Environmental Indicators* y en la *Agenda 21 for the Baltic Sea Region*.

**Datos:** Tabla Indicador 7-12

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 7-12

**Fuentes:** Profepa. *Informe Trienal 1995-1997*. Profepa. Semarnap. México. 1998.  
 Profepa. México, 2002.  
 Profepa. *Sistema Integral de Indicadores Estratégicos*. México. 2005.



1000 PESO

**RECURSOS PESQUEROS**

México se encuentra en una situación geográfica privilegiada que le permite el acceso a una enorme diversidad de recursos marinos en el Océano Pacífico, el Golfo de México y el Mar Caribe. Sus litorales bordean poco más de 11 mil km, posee un mar territorial de 232 mil km<sup>2</sup> y su Zona Económica Exclusiva (ZEE) cubre aproximadamente 3 millones de km<sup>2</sup> (Semarnap, 2000). Se encuentran en estas zonas numerosos ecosistemas: manglares, estuarios, lagunas costeras, arrecifes de coral y praderas de pastos marinos, entre muchos otros, en los cuales coexisten múltiples especies que se explotan como alimento y materia prima para una variada gama de productos para consumo y uso de la población. Estos recursos biológicos están representados por 350 especies de peces, 56 de moluscos, 42 de crustáceos, 12 de equinodermos y 4 de plantas (Conabio, 1998; Sagarpa, 2004).

Por el volumen de su producción pesquera, México es uno de los veinte mayores productores en el mundo, con un equivalente al 1.5 por ciento del total anual de la captura mundial (FAO, 2002). Económicamente ha representado alrededor del 0.7 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) de la nación, y en el año 2000 constituyó la fuente de trabajo para el 1.3 por ciento de la población ocupada registrada.

El aprovechamiento de los recursos pesqueros ha crecido notablemente a nivel mundial en un lapso de 150 años (1950-2000): se elevó la captura de 19 a 130 millones de toneladas. Sin embargo, este crecimiento en la producción ha traído consigo el deterioro de las poblaciones silvestres de muchas especies, tanto en México como en el resto del mundo (Galindo, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002; Godø et al., 2003). Los factores que han incidido directamente en ello son los crecientes volúmenes de captura y de la capacidad pesquera (Groombridge y Jenkins, 2002; EEA, 2003). De manera indirecta, las presiones derivadas de los impactos ambientales asociados a diversas actividades económicas, como la industrial, agrícola, turística y el desarrollo costero también han tenido efectos importantes en la actividad pesquera (Arriaga et al., 2000; Shiva, 2001; Sagarpa, 2002; Collares-Pereira y Cowx, 2004).

Como respuesta a esta problemática, en las últimas décadas ha crecido el interés global en relación a la explotación y la sustentabilidad de los recursos pesqueros. El manejo de las pesquerías se ha orientado a evitar la sobrepesca mediante el establecimiento de tallas mínimas, vedas temporales y espaciales y las cuotas de captura, entre otros mecanismos. Paralelamente, se ha trabajado en el desarrollo y aplicación de un marco legal para las actividades pesqueras, el cual ha tenido por objeto la regulación del uso y manejo de estos recursos que permita el mantenimiento de sus existencias en el tiempo y la satisfacción plena de las necesidades de consumo de la sociedad. Las regulaciones pesqueras establecidas en nuestro país contemplan a la Ley de Pesca (Sepesca, 1992) y su Reglamento (Semarnap, 1999); en apoyo a estos instrumentos jurídicos se ha desarrollado un marco normativo representado por 22 normas de administración de pesquerías, dos para la protección de las especies de interés especial y cuatro para el área de sanidad acuícola (Sagarpa, 2000, 2001, 2002).

### ***Captura, esfuerzo pesquero y descartes en las pesquerías nacionales***

La captura pesquera puede convertirse en una actividad altamente perjudicial para los recursos pesqueros cuando se realiza de manera inadecuada (FAO, 2000). Algunas de las consecuencias de la sobreexplotación pesquera son la pérdida de productividad de la pesquería y su extinción comercial (Goñi, 1998; Jackson et al., 2001). Ello puede resultar del efecto de la captura en tres propiedades básicas de las poblaciones de las especies objetivo: su tamaño poblacional, estructuras de tamaños y condición reproductiva. La pesca excesiva reduce de manera importante la biomasa de la población, al remover ejemplares, esta disminución poblacional provoca a lo largo del tiempo la reducción de su variabilidad genética (Goñi, 1998; García et al., 2003; FAO, 2003; Godø et al., 2003). Los efectos anteriores pueden repercutir en el potencial de recuperación y la viabilidad a largo plazo de las poblaciones de las especies objetivo. Ejemplos de colapsos por la sobreexplotación pesquera son los de la anchoveta *Engraulis ringens* en las costas de Perú y del bacalao *Gadus morua* en Terranova, mientras que aparentes extinciones se han dado en los casos de la raya *Raja batis*, el tiburón *Echinorhinus brucei* y el pez ángel *Squatina squatina* en el mar de Irlanda (Goñi, 1998). El indicador ***captura pesquera nacional*** es empleado por diferentes organizaciones internacionales (FAO y OCDE, por ejemplo) para analizar y evaluar la práctica pesquera y sus posibles afectaciones a las pesquerías.

Aun cuando el acelerado crecimiento de la captura pesquera en el mundo puede atribuirse a distintos factores, uno de los más importantes es el incremento del esfuerzo y poder de pesca, es decir, un mayor número de embarcaciones con artes de pesca cada vez más sofisticadas (Groombridge y Jenkins, 2002). El indicador ***esfuerzo pesquero nacional***, medido a través del número de embarcaciones, denota otro de los componentes de presión que puede ejercer la actividad pesquera sobre las pesquerías nacionales. Este indicador se ha empleado en la evaluación de la gestión y el seguimiento de la actividad, así como en la elaboración de políticas y programas encaminados al manejo sustentable de estos recursos (OECD, 1998; FAO, 2000; CCE, 2003).

El descarte es una operación rutinaria en muchas pesquerías del mundo. Consiste en regresar al mar a todos aquellos organismos no deseados de las especies objetivo u otras, los cuales pueden encontrarse lastimados o muertos (Alverson et al., 1994). Las principales razones para el descarte de organismos son las regulaciones pesqueras (por ser especies protegidas, en veda o ejemplares no permitidos por las disposiciones de tamaño mínimo, entre otras), así como por las condiciones impuestas por los mercados (Goñi, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002). Desde el punto de vista de las pesquerías, uno de los impactos de esta práctica es la reducción del tamaño poblacional de las especies objetivo, lo que conllevaría a que en especies fuertemente explotadas se produjeran reducciones futuras de su productividad o incluso, su extinción comercial. El indicador ***descarte en las principales pesquerías mexicanas*** denotaría la presión que la captura no selectiva de ejemplares de las especies objetivo ejerce sobre sus poblaciones naturales. Sin embargo, a la fecha no se tienen los datos de ninguna pesquería nacional que permitan calcular dicho indicador.

## **Desarrollo costero**

Las zonas costeras se han convertido en áreas social y económicamente importantes en México y el mundo. Su crecimiento demográfico puede impactar a las pesquerías (principalmente las ribereñas) por la creciente demanda de sus productos y el incremento en la generación de residuos municipales e industriales que contaminan las aguas, entre otros factores de presión ambiental que afectan estas regiones (GESAMP, 2001; Groombridge y Jenkins, 2002). Esto se traduce en la sobreexplotación de las poblaciones de especies locales comerciales, la alteración y destrucción del hábitat marino y la contaminación del agua; todo ello con importantes consecuencias en la estructura y función de manglares, estuarios, comunidades de pastos marinos y arrecifes de coral, sitios en los cuales muchas de las especies de interés comercial pasan parte o la totalidad de sus ciclos de vida (Arriaga et al., 1998; GESAMP, 2001; PNUMA, 2003). El **crecimiento poblacional en la zona costera** refleja la magnitud de la presión que el crecimiento demográfico puede ejercer sobre los recursos pesqueros nacionales. El indicador se encuentra desarrollado en la sección de “Ecosistemas costeros y oceánicos”, en el capítulo de “Biodiversidad”. Las tasas de crecimiento poblacional están consideradas como indicadores de presión dentro de la lista de Indicadores de Desarrollo Sustentable de la ONU y de la OCDE, orientándose aquí hacia la zona costera del país.

## **Pesca ilegal**

Uno de los mayores problemas que enfrentan las pesquerías de México y el mundo actualmente es el de la pesca ilegal. Esta actividad puede tener serios impactos, tanto ambientales como de índole social y económica (CEC, 2004). El ejercicio de esta practica se caracteriza por la violación a las medidas técnicas de conservación y de manejo, lo cual repercute en el detrimento de las pesquerías y su medio ambiente, además de que el comercio de los productos obtenidos ilegalmente constituye una competencia injusta para aquellos capturados de manera legal (CEC, 2004; Schmidt, 2004). El indicador **productos pesqueros decomisados por operativo de inspección** puede denotar la presión que esta práctica puede ejercer en las pesquerías nacionales.

### ***Estado de las pesquerías de altura mexicanas***

Uno de los requisitos necesarios para la regulación e implementación de políticas y mecanismos de control pesquero es el conocimiento del estado de estos recursos. Algunos de los métodos más empleados para su monitoreo son los que se basan en los datos de capturas totales y de rendimiento (Semarnat, 2003). El rendimiento pesquero se define como la captura que se obtiene por medio de un esfuerzo estándar por obtenerla (Semarnat, 2003). El indicador **rendimiento relativo de las pesquerías de altura mexicanas** denota, de manera indirecta, el estado de las principales pesquerías mexicanas. Cuando el valor del indicador es superior al 100 por ciento, sugiere que el recurso puede continuar desarrollándose, mientras que un valor inferior puede significar el deterioro de la pesquería. El rendimiento pesquero, expresado en sus diferentes formas, es parte importante del grupo de indicadores de evaluación internacional (e.g., FAO y OCDE) que se emplean para determinar el comportamiento, volumen y tamaño que guardan las pesquerías mundiales. En esta publicación se ha considerado tan sólo la captura marina para fines del indicador, dado los reducidos volúmenes de captura continental nacional, los cuales no exceden el 4 por ciento de la captura total nacional desde 1991.

El indicador de **estado de sustentabilidad de los recursos pesqueros** se obtiene a partir de la relación entre la explotación del recurso y su capacidad de renovación biológica (modulada por las condiciones del medio ambiente y con una visión de equidad intergeneracional), proporcionando así una medida de la situación de las pesquerías a nivel nacional. El aprovechamiento sustentable es aquel que respeta la integridad funcional y la capacidad de carga de los ecosistemas de los que forman parte los recursos por tiempo indefinido. Esto involucra que las cantidades que se extraen no rebasen el rendimiento máximo sostenible (e.g., producción excedente de una población una vez que se han repuesto las pérdidas naturales) (Sagarpa, 2004).

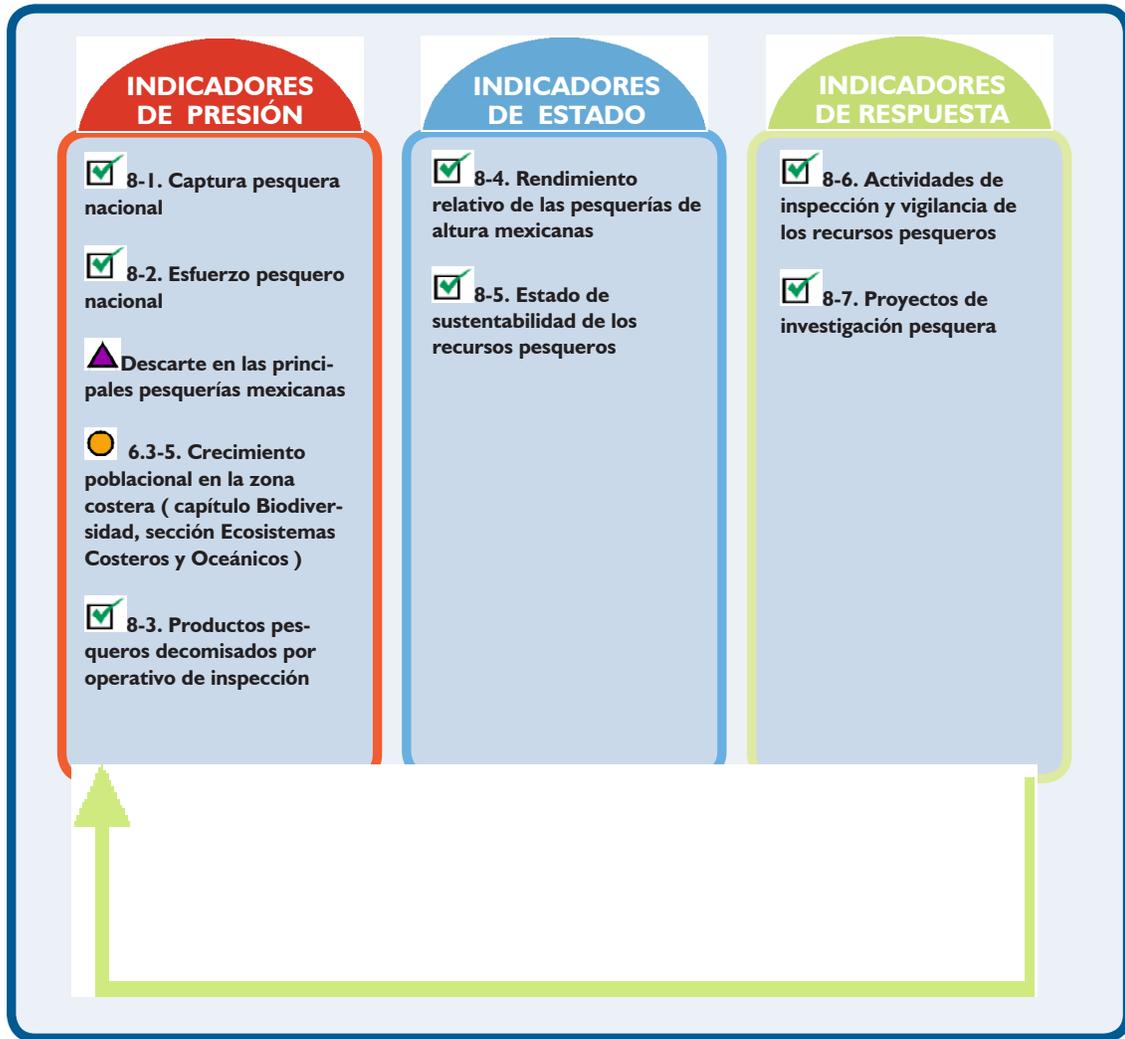
### ***Actividades de inspección y vigilancia de los recursos pesqueros***

La captura ilegal, el uso de artes de pesca prohibidas y la violación a los periodos de veda son algunas de las actividades ilegales que deterioran los recursos pesqueros (FAO, 2002). En este sentido, el objetivo principal de los programas de inspección y vigilancia que lleva a cabo la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) en torno a los recursos pesqueros es asegurar el adecuado cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, así como apoyar la resolución apropiada de los conflictos vinculados con el aprovechamiento de estos recursos (Sagarpa, 2001). El indicador ***actividades de inspección y vigilancia de los recursos pesqueros*** muestra el esfuerzo gubernamental encaminado al cumplimiento de la normatividad vigente en materia de recursos pesqueros.

### ***Investigación pesquera***

La investigación es una actividad fundamental para el establecimiento de una administración eficaz de los recursos pesqueros y el logro de su aprovechamiento racional. La generación de datos e información especializada, por parte de los diversos programas y proyectos de investigación pesquera, contribuye al conocimiento de las características y condiciones de las principales pesquerías y al respaldo en la toma de decisiones en el corto y mediano plazos (FAO, 1997). El conocimiento generado por este medio también resulta útil en la planeación ambiental, sirviendo como soporte y complemento de ciertas herramientas, entre las que destaca el ordenamiento ecológico, cuyo objetivo fundamental es establecer las estrategias de manejo, conservación, aprovechamiento y desarrollo sustentable de los recursos pesqueros. El indicador ***proyectos de investigación pesquera*** demuestra el esfuerzo gubernamental, ejecutado a través del Instituto Nacional de la Pesca, por estimular el conocimiento de los recursos y las actividades pesqueras en el país. Para algunas organizaciones internacionales, como la Comunidad Económica Europea, la investigación sobre el tema, se considera parte integral del indicador de gestión de los recursos pesqueros.

## Esquema Presión-Estado-Respuesta del capítulo Recursos Pesqueros



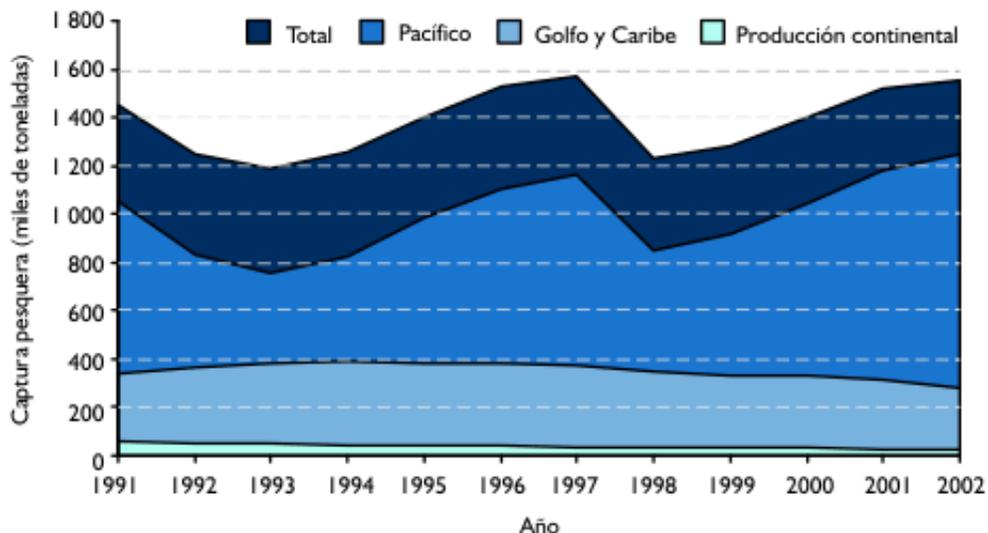
- ✓ Indicador presente en este capítulo
- Indicador presente en otro capítulo de esta publicación
- ▲ Indicador propuesto pero no presente en esta publicación

**Justificación**

La captura pesquera puede convertirse en una actividad altamente perjudicial para los recursos pesqueros cuando se realiza de manera inadecuada. Algunas de las posibles consecuencias de la sobreexplotación pesquera son la pérdida de productividad de la pesquería y su extinción comercial.

**Situación / Tendencia**

A pesar de las fluctuaciones sufridas en la década de los noventa, la captura pesquera nacional se ha mantenido relativamente constante, con un promedio anual cercano a las 1.4 millones de toneladas por año. La producción nacional está fuertemente determinada por la producción del litoral del Pacífico, el que contribuyó en promedio cada año durante el periodo 1991-2002 con el 69% de la captura nacional, seguido por el Golfo y Caribe (24%) y la pesca continental (tan sólo el 3%).



**Información complementaria**

- Captura por especie de importancia pesquera, 1991-2002 (IC 8-1 A)
- Contribución de la acuicultura a la producción pesquera nacional, 1994-2002 (IC 8-1 B)

**Comentarios al indicador**

Este es uno de los indicadores establecidos por diferentes organizaciones internacionales, como la FAO y la OCDE, para analizar y evaluar la práctica pesquera y la afectación a los recursos pesqueros.

**Datos:** Tabla Indicador 8-1

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 8-1

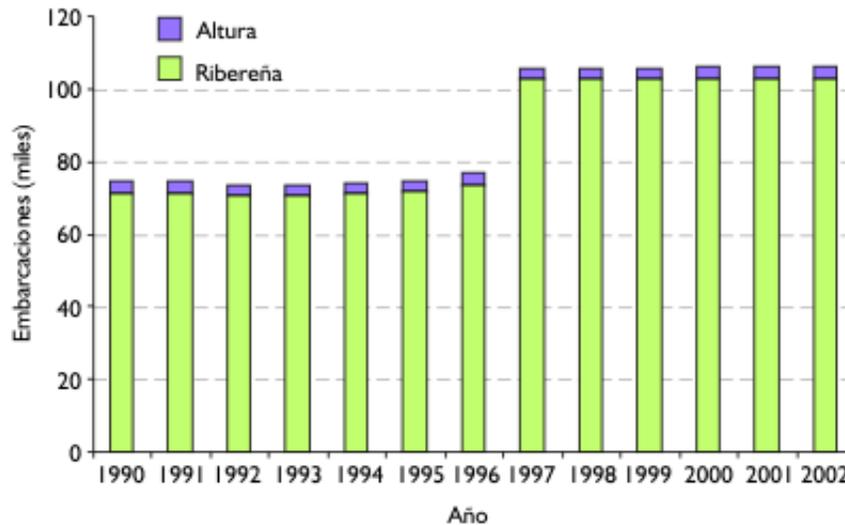
Fuente: Sagarpa. Anuario Estadístico de Pesca. Años 2001 y 2002. México. 2002 y 2003.

**Justificación**

El acelerado crecimiento de la captura pesquera en el mundo puede atribuirse a distintos factores, siendo uno de los más importantes el incremento del esfuerzo y del poder de pesca, es decir, al aumento en el número de embarcaciones con artes de pesca cada vez más sofisticadas.

**Situación / Tendencia**

El número de embarcaciones registradas en el país se ha mantenido relativamente constante alrededor de las 106 mil unidades. La marcada diferencia en el total de embarcaciones entre los años previos a 1997 y los años subsecuentes no se debe a un incremento real en el número de embarcaciones, sino a la actualización de la información pesquera en 1997 en el Inventario Nacional de Embarcaciones. El volumen de la flota de altura creció 21% entre 1997 y el año 2002. La flota pesquera ribereña constituye la mayor parte de la flota pesquera nacional, siendo cerca del 95% o más del total de las embarcaciones para cada uno de los años considerados.



**Información complementaria**

- Antigüedad de las embarcaciones de altura registradas, 1990-2002 (IC 8-2 A)
- Embarcaciones de altura registradas por pesquería, 1980-2002 (IC 8-2 B)

**Comentarios al indicador**

El número de embarcaciones pesqueras es un indicador de seguimiento y gestión de la actividad pesquera. También se ha utilizado en la implementación de políticas y programas para el manejo sustentable de los recursos pesqueros (e.g., en la política pesquera de la Comunidad Europea y en los Indicadores para el Desarrollo Sostenible de la Pesca de Captura Marina de la FAO).

**Datos:** Tabla Indicador 8-2

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 8-2

**Fuentes:** Sagarpa. *Anuarios Estadísticos de Pesca*. Años 2000, 2001 y 2002. México. 2001, 2002 y 2003. Semarnap. *Anuarios Estadísticos de Pesca*. Años 1997, 1998 y 1999. México. 1998, 1999 y 2000. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. México. 2003.

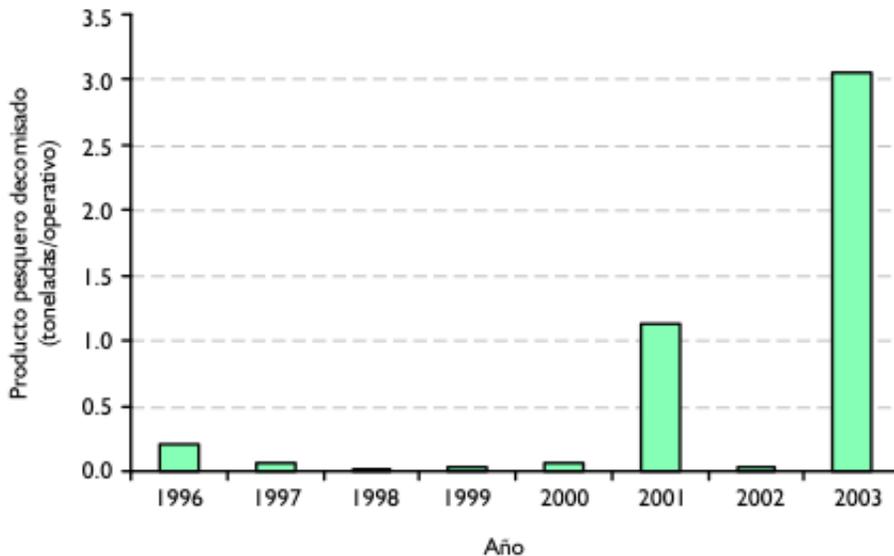
PRODUCTOS PESQUEROS DECOMISADOS  
POR OPERATIVO DE INSPECCIÓN

**Justificación**

Uno de los mayores problemas que enfrentan las pesquerías de México y el mundo es el de la pesca ilegal. Las embarcaciones que la practican no respetan las medidas técnicas, de conservación y de manejo, lo cual repercute en el detrimento de las pesquerías y su medio ambiente.

**Situación / Tendencia**

El volumen de productos pesqueros decomisados por operativo de inspección ha seguido, a pesar de fuertes altibajos. De 1996 al año 2000 se mantuvo alrededor de los 78 kilogramos por operativo. En el año 2001 se incrementó considerablemente y en 2003 alcanzó las tres toneladas por operativo, un valor 172% más alto que el registrado en 2001.



**Información complementaria**

Este indicador no tiene información complementaria.

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 8-3

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 8-3

**Fuentes:** Semarnat-Profepa. *Informe Anual 2003*. México. 2004.  
Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. México. 2003.

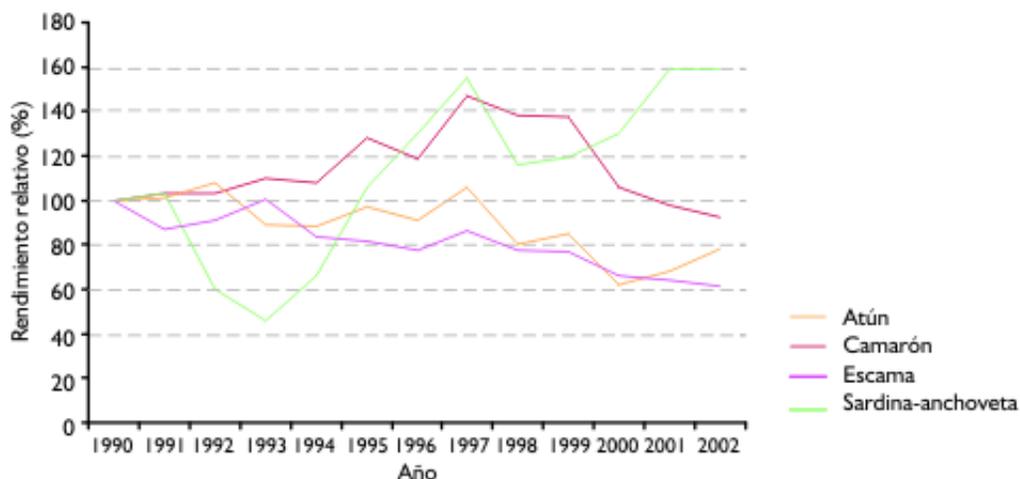
## RENDIMIENTO RELATIVO DE LAS PESQUERÍAS DE ALTURA MEXICANAS

### Justificación

Algunos de los métodos más comunes a nivel internacional para el monitoreo de las pesquerías son los que se basan en los datos de capturas totales y de rendimiento pesquero. Este último se define como la captura que se obtiene por medio de un esfuerzo estándar para su obtención. En el caso del indicador propuesto, cuando su valor es superior al 100% sugiere que el recurso puede continuar desarrollándose, mientras que un valor inferior puede significar el deterioro de la pesquería.

### Situación / Tendencia

Los datos de rendimiento relativo durante el periodo 1990-2002 muestran que las pesquerías de la escama y el atún están en franco deterioro: la escama alcanzó su valor mínimo en el año 2002, con tan sólo el 61% del rendimiento alcanzado en 1990; mientras el atún lo redujo en 20% en el mismo año. En el caso del camarón, la pesquería mostró una tendencia hacia el crecimiento de su rendimiento entre 1990 y 1997 (147% en 1999), sin embargo, desde entonces ha caído progresivamente hasta registrar 93% en 2002. Por el contrario, a pesar de fuertes fluctuaciones temporales, la pesquería de la sardina-anchoveta ha incrementado su rendimiento relativo, llegando al 160% en el año 2002.



### Información complementaria

- Rendimiento relativo de las pesquerías de altura mexicanas por litoral, 1990-2002 (IC 8-4 A)

### Comentarios al indicador

Este indicador no tiene comentarios.

Datos: Tabla Indicador 8-4

Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 8-4

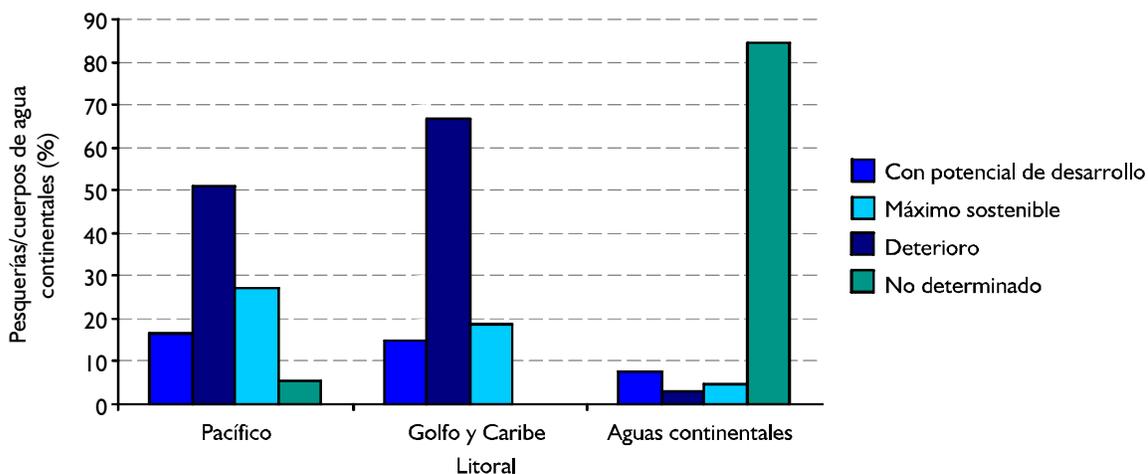
**ESTADO DE SUSTENTABILIDAD  
DE LOS RECURSOS PESQUEROS**

**Justificación**

El estado de sustentabilidad de los recursos pesqueros se obtiene a partir de la relación entre la explotación del recurso y su capacidad de renovación biológica (modulada por las condiciones del medio ambiente y con una visión de equidad intergeneracional). El aprovechamiento sustentable es aquel en el que se respeta la integridad funcional y la capacidad de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por tiempo indefinido.

**Situación / Tendencia**

Para el año 2004, el 51 y 67% de las unidades pesqueras de manejo (UPM) en el Pacífico y el Golfo y Caribe, respectivamente, se encontraban en aprovechamiento máximo sostenible. El porcentaje de UPM con posibilidades de desarrollo fue de 16% en el Pacífico y 15% en el Golfo y Caribe, mientras que los signos de deterioro se encontraron en el 27 y 19% de las UPM en los mismos litorales. En el caso de los cuerpos de agua continentales, en 84% de ellos no se ha definido su estado de sustentabilidad, mientras que 8% se encuentra con potencial de desarrollo, 3% a su máximo aprovechamiento sostenible y 5% en condiciones de deterioro.



**Información complementaria**

- Impactos antropogénicos y naturales en los principales sistemas lagunares costeros del país, 2004 (IC 8-5 A)
- Impactos antropogénicos y naturales en las provincias acuáticas continentales del país, 2004 (IC 8-5 B)

**Comentarios al indicador**

El conocimiento del estado de explotación y viabilidad de la pesca es un indicador importante para el manejo de las pesquerías y forma parte del grupo de Indicadores para el Desarrollo Sostenible de la Pesca de Captura Marina de la FAO.

**Datos:** Tabla Indicador 8-5

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 8-5

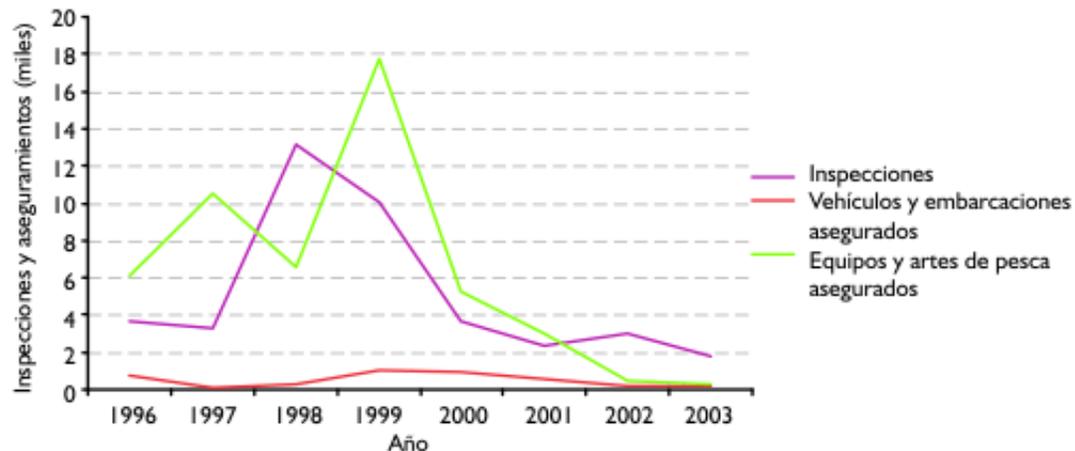
## ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LOS RECURSOS PESQUEROS

### Justificación

La captura ilegal, el uso de artes de pesca prohibidas y la violación a los periodos de veda son algunas de las actividades ilegales que deterioran los recursos pesqueros. El objetivo de los programas de inspección y vigilancia de la Profepa en torno a los recursos pesqueros es asegurar el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, así como apoyar la resolución apropiada de los conflictos vinculados con el aprovechamiento de estos recursos.

### Situación / Tendencia

Durante el periodo 1996-2003, el número de inspecciones a los recursos pesqueros registró su nivel máximo en 1998, alrededor de las 13 mil inspecciones. A partir de ese año el número de inspecciones se redujo a cerca de 2 mil 700 inspecciones por año. El aseguramiento de equipos y artes de pesca alcanzó su valor máximo de 17 mil 700 unidades en 1999, mostrando a partir de entonces una reducción importante, registrado en el año 2003 sólo 271 unidades. La tendencia de los vehículos y embarcaciones asegurados fue similar a las anteriormente mencionadas, alcanzando un valor máximo en 1999 con un poco más de mil unidades y reduciéndose en el 2003 a tan sólo 155 unidades.



### Información complementaria

- Productos pesqueros asegurados, 1996-2003 (IC 8-6 A)
- Actividades de inspección y vigilancia de la Conapesca, 2004 (IC 8-6 B)

### Comentarios al indicador

El régimen de aplicación de la normatividad y legalidad pesquera se encuentra dentro de la iniciativa de Indicadores para el Desarrollo sostenible de la Pesca de Captura Marina de la FAO y de Indicadores de cumplimiento de la política pesquera común de la Comisión Europea.

Datos: Tabla Indicador 8-6

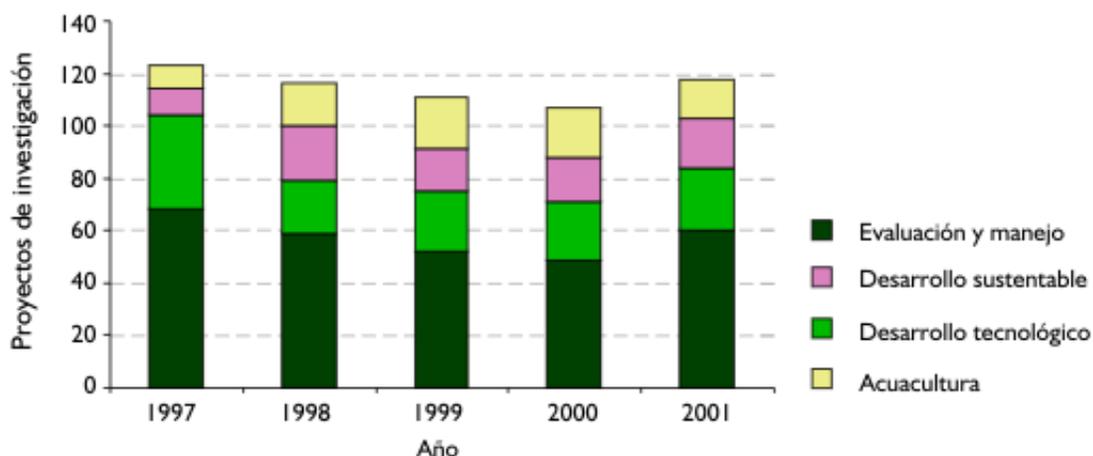
Metadato del Indicador: Metadato del Indicador 8-6

**Justificación**

La investigación es una actividad fundamental para el establecimiento de una administración eficaz y para lograr el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros. La generación de información especializada, por parte de los diversos programas y proyectos de investigación pesquera, contribuye al conocimiento de las características y condiciones por las principales pesquerías y respalda la toma de decisiones en el corto y mediano plazos.

**Situación / Tendencia**

El número de proyectos de investigación pesquera en el país se mantuvo relativamente constante en el periodo 1997-2001, con 115 proyectos en promedio por año. El mayor número de proyectos por año correspondió al área de evaluación y manejo, con cerca del 50% del total, porcentaje que se mantuvo constante durante el periodo. Le siguieron el área de desarrollo tecnológico, que mostró una tendencia a la reducción en el número de proyectos respecto a 1997; y las áreas de desarrollo sustentable y acuicultura, cada una con cerca del 15% de los proyectos por año.



**Información complementaria**

- Proyectos de investigación pesquera por Centro Regional de Investigación Pesquera según área de trabajo, 1997-2001 (IC 8-7 A)
- Ordenamientos ecológicos relacionados con la pesca (IC 8-7 B)

**Comentarios al indicador**

Este indicador no tiene comentarios.

**Datos:** Tabla Indicador 8-7

**Metadato del Indicador:** Metadato del Indicador 8-7

Fuentes: Sagarpa. INP. Información del Instituto Nacional de la Pesca. México. 2002  
Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. 2002. México.

## PUBLICACIONES RECOMENDADAS

Adriaanse A. *Environmental Policy Performance Indicators. A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands*, Ministerio de Vivienda, Planeación Física y Medio Ambiente. Netherlands. 1993.

Bakkes, J. A., G. J. van der Bon, J. C. Helder, R. J. Swart, C. W. Hope, y J. D. E. Parker, An Overview of Environmental Indicators: State of Art and Perspectives. *Environment Assessment Technical Reports UNEP/ RIVM*. 1994.

Bossel H. Deriving indicators of sustainable development. *Environmental Modeling and Assessment* 1 No.4 193-218- 1996.

CEPAL. *Indicadores de Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y Perspectivas*. Santiago de Chile. 2001.

INEGI, Semarnap. *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*. Aguascalientes. México. 2000.

OCDE. *Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Energy Policies. Environment Monographs No 79*. Paris 1993

OCDE. *Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. OCDE Environment Monographs. No.83*. Paris 1993.

OECD. *Environmental Indicators. Towards Sustainable Development*. Paris. 1998.

OECD. *Environmental Indicators. Towards Sustainable Development 2001*. Paris. 2001.

OECD. *Key Environmental Indicators*. Paris. 2001.

OCDE. *Aggregated Environmental Indices. Review of Aggregation Methodologies in Use*. Paris. 2002.

Semarnap. *Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación Ambiental en México 1997*. México.1998.

Semarnat. *Indicadores para la Evaluación del desempeño Ambiental*. México. 2000.

UNCDS. *Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies*. New York.1996.

The Center for Sustainable Transportation, IBI Group and Metropole Consultants. *Sustainable Transportation Performance Indicators Project*. USA. 2002.

Winograd M. *Indicadores Sustentables para Latinoamérica y el Caribe: hacia la sustentabilidad en el uso de tierras, en colaboración con: Proyecto IICA/GTZ, Organización de los Estados Americanos, Instituto de Recursos Mundiales*. San José, C.R. 1995.

## INSTITUCIONES Y PÁGINAS DE INTERNET PARA CONSULTA

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)  
[www.ciat.cgiar.org/indicators/indicadores/index.htm](http://www.ciat.cgiar.org/indicators/indicadores/index.htm)

CEPAL. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
<http://www.eclac.cl/dmaah/proyectos/esalc/>

Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago de Chile.  
<http://www.sinia.cl/portal/index.php>

Division for Sustainable Development, UN Department of Economic and Social Affairs <http://www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/isd.htm>

-Programa de la CSD en Indicadores [www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/isd.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/isd.htm)

-List of Indicators of Sustainable Development [www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/worklist.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/worklist.htm)

-Marco y Metodologías [www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/indisd/spanish/espanol.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/indisd/spanish/espanol.htm)

### **Environment Canada :**

<http://www.ec.gc.ca/soer-ree/English/Indicators/default.cfm>

*Environmental Protection Agency*

<http://www.epa.gov/indicate/>

Environmental Sustainability Index (Davos)

[www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI/](http://www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI/)

European Environmental Agency: Signals 2002  
[reports.eea.eu.int/environmental\\_assessment\\_report\\_2002\\_9/en](http://reports.eea.eu.int/environmental_assessment_report_2002_9/en)

Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible, ILAC. Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. PNUMA.  
<http://www.rolac.unep.mx/>

International Institute for Sustainable Development  
[isd.iisd.ca/measure/compendium/searchinitiatives.aspx](http://isd.iisd.ca/measure/compendium/searchinitiatives.aspx)

Ministerio de Medio Ambiente, Colombia  
[www.minambiente.gov.co/sisa/](http://www.minambiente.gov.co/sisa/)

Comisión Nacional de Medio Ambiente, Chile  
[www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, Costa Rica  
[www.mideplan.go.cr/sides/index.html](http://www.mideplan.go.cr/sides/index.html)

*Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE:*

<http://www.oecd.org/EN/about/0,,EN-about-567-nodirectorate-no-no-no-8,FF.html>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) México Información Ambiental

[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

World Bank

<http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/44ByDocName/EnvironmentalEconomicsandIndicators>

**Acuicultura:** cultivo de la fauna y flora acuáticas, mediante el empleo de métodos y técnicas para su desarrollo controlado en todo estadio biológico y ambiente acuático y en cualquier tipo de instalaciones. De acuerdo con lo anterior, debe considerarse como acuicultura a la producción controlada de postlarvas, crías, larvas, huevos, semillas, cepas algales y esporas en laboratorio, o el desarrollo y engorda de éstos en estanques artificiales, lagos, presas, así como en instalaciones ubicadas en bahías, estuarios y lagunas costeras, en el medio marino.

**Acuífero:** formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (DOF, 2004).

**Agroforestal:** sistema de uso de la tierra en el que plantas leñosas perennes se siembran en el mismo terreno con cultivos agrícolas en combinaciones espaciales o en secuencia temporal. Genéricamente agrupa también las combinaciones de plantas perennes con especies forrajeras conocidas como sistemas silvopastoriles, y la combinación de plantas destinadas al uso forestal, agrícola y pecuario conocidas como sistemas agrosilvopastoriles

**Agua congénita:** agua contenida en condiciones naturales en algunos yacimientos. Se presenta asociada al petróleo crudo producido.

**Agua potable:** agua para uso y consumo humano que no contiene contaminantes objetables (según la NOM-127-SSA1-1994), ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud.

**Aguas residuales:** aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y, en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

**Aseguramiento:** resguardo que realiza la autoridad de bienes, productos, equipos o materiales incautados, empleados en actividades irregulares y/o ilícitas, derivadas de los operativos efectuados en el proceso de inspección y vigilancia.

**Auditoría ambiental:** examen de las operaciones de una empresa respecto a la contaminación y el riesgo que generan, así como el grado de cumplimiento de la normatividad ambiental, de parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables. Se utiliza para definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger el medio ambiente.

**Bentónico:** referido al fondo de un cuerpo de agua continental o marino. Los organismos bentónicos son aquellos que habitan y se desarrollan por lo menos en una etapa de su ciclo de vida sobre un sustrato o fondo de un río, lago o mar.

**Blanqueamiento del coral:** padecimiento en el cual las algas simbiotas que viven en los tejidos coralinos son expulsadas, lo cual puede causar el debilitamiento y muerte de los corales.

**Cambio de uso del suelo:** remoción total o parcial de la vegetación para destinarlos a otras actividades.

**Captura incidental:** captura de organismos distintos a los que se había programado capturar.

**Ciclo biogeoquímico:** proceso mediante el cual los elementos químicos circulan en la biosfera por las vías de asimilación, aprovechamiento y reutilización de los elementos más importantes para los organismos en un ecosistema.

**Ciclo hidrológico:** proceso que sigue el agua al pasar de un estado físico a otro, desplazándose entre el océano, el aire, la tierra y los organismos vivos. Los procesos principales en este ciclo, son la *evaporación* (conversión del agua en vapor), *condensación* (conversión del vapor de

agua en gotas de agua líquida), *transpiración* (proceso en el cual es absorbida por los sistemas de raíces de las plantas y pasa a través de los poros (estomas) de sus hojas u otras partes, para evaporarse luego en la atmósfera), *precipitación* (rocío, lluvia, aguanieve, granizo, nieve) y *escurrimiento*.

**Coliformes fecales:** microorganismos provenientes de los tractos digestivos de animales de sangre caliente, por lo que su presencia está relacionada con descargas muy recientes de aguas residuales no tratadas, generalmente de tipo doméstico.

**Comités Técnicos de Aguas Subterráneas:** organizaciones auxiliares de los Consejos de Cuenca, formadas por los usuarios de las aguas subterráneas de cada acuífero y representantes de la sociedad organizada y gubernamentales.

**Confinamiento controlado:** obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos que garantice su aislamiento definitivo.

**Consejos de Cuenca:** instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua, dependencias y entidades de las instancias federal, estatal, municipal y representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica. Su objeto es formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración del agua, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

**Consumo final de energía:** energía y materia prima que se destinan a los distintos sectores de la economía.

**Contingencias ambientales:** situaciones de riesgo derivadas de actividades humanas o fenómenos naturales que pueden poner en peligro la integridad de las especies, incluida la humana y/o los ecosistemas.

**Cuenca hidrológica:** territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien, territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. La cuenca, junto con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico.

**Degradación física del suelo:** deterioro de las propiedades físicas; densidad aparente, textura, estructura, estabilidad de los agregados y porosidad.

**Degradación química del suelo:** alteración de las propiedades químicas del suelo, por modificaciones en la concentración original de elementos, sustancias o iones, derivadas de procesos de acumulación, lixiviación y arrastre.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días.

**Disponibilidad natural media:** volumen total de agua renovable superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región.

**Dispositivo excluidor de tortugas (DET):** aditamento cuyo objetivo es incrementar la selectividad de las redes de arrastre camarónicas, para evitar la captura incidental de tortugas marinas en la pesca comercial de camarón.

**Distritos de riego:** áreas geográficas donde se proporciona el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola, tales como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.

**Embalse:** cuerpo de agua creado de forma artificial, encerrado por una represa. Se utiliza para suministro de agua potable, generación de electricidad, irrigación o para cultivo de organismos acuáticos.

**Embarcación artesanal o ribereña:** nave inferior a 10 toneladas de capacidad que realiza la extracción de los recursos cerca de la costa (hasta 5.6 km a partir de la línea costera).

**Embarcación industrial o de altura:** barco con capacidad igual o superior a 10 toneladas, que puede realizar la captura en aguas oceánicas.

**Erosión eólica:** remoción de la masa superficial del suelo originada por la acción del viento, la cual se acelera por la pérdida de la capa protectora de la vegetación.

**Erosión hídrica:** proceso de desagregación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial.

**Escurrimiento natural medio superficial:** parte de la precipitación media histórica que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.

**Esfuerzo pesquero:** cualquier medida que indique simultáneamente el grado de actividad pesquera y su efecto en las unidades de población en consideración. Dichas medidas pueden ser: número de días de pesca, días de caladero, tipos de arte, dimensiones de las mismas, número o características de las embarcaciones o cualquier otra circunstancia o característica que influya en la efectividad de la explotación pesquera.

**Especie invasora:** especie que habita una zona distinta a su área de distribución natural histórica como resultado de la dispersión intencional o accidental por actividades humanas.

**Especies en riesgo:** especies que por el estado de sus poblaciones pueden estar extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o bajo protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2001.

**Especies prioritarias:** especies que se encuentran en categoría de riesgo, que son factibles de recuperar y

manejar a corto plazo, producen un efecto de protección indirecta a otras especies y sus hábitats, son carismáticas o bien, poseen un alto grado de interés cultural o económico.

**Eutrofización:** proceso que consiste en el incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses que provoca un exceso de fitoplancton.

**Gasto de consumo final privado:** valor total de todas las compras en bienes y servicios de consumo, individuales y colectivos, realizados por los hogares residentes, las instituciones sin fines de lucro residentes y el gobierno federal. Incluye los bienes duraderos y bienes y servicios no duraderos, tanto el gasto en el mercado interior como las compras netas directas en el mercado exterior.

**Lixiviado:** en el contexto de los residuos sólidos municipales se le llama así al líquido resultante de la descomposición y deshidratación natural de la basura (desechos sólidos) que se forma por reacción, arrastre o percolación, y que contiene componentes disueltos o en suspensión, característicos de los desechos de los cuales proviene.

**Ordenamiento Ecológico:** instrumento de planeación diseñado para regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas.

**Peso vivo:** peso total del producto en el momento de obtenerse de su medio natural, previo a la realización de algún procesamiento.

**Petrolífero:** derivado del petróleo. Incluye gas licuado, gasolinas, querosenos, diesel, combustóleo y coque de petróleo.

**Plagas forestales:** insectos o patógenos que ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, tales como deformaciones, disminuciones en el crecimiento, debilitamiento e, incluso, la muerte del arbolado.

**Plaguicida:** insumo destinado a prevenir, repeler, combatir y destruir a los organismos biológicos nocivos. Dentro de los plaguicidas se incluyen los insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, molusquicidas, nematocidas y rodenticidas.

**Potencial de agotamiento de ozono:** medida que representa la capacidad de cada sustancia para destruir el ozono. Utiliza como valor de referencia el efecto de los CFC-11 y 12.

**Producto forestal maderable:** bien obtenido del resultado de un proceso de transformación de materias primas.

**Recarga media de acuíferos:** volumen medio anual de agua que se infiltra a un acuífero.

**Recurso forestal no maderable:** productos no leñosos tales como semillas, resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas, hojas, pencas y tallos.

**Región Hidrológico Administrativa:** área territorial definida por la Comisión Nacional del Agua, de acuerdo a criterios hidrológicos en la que se considera a la cuenca como la unidad básica más apropiada para el manejo del agua y al municipio como la unidad mínima administrativa del país. La República Mexicana se ha dividido en 13 de éstas regiones.

**Rehabilitación del suelo:** actividades encaminadas a recuperar las condiciones fisicoquímicas de los suelos afectados por contaminación y degradación.

**Reintroducción:** liberación planificada al hábitat natural con el objeto de restituir una población desaparecida o mejorar las condiciones de las poblaciones existentes.

**Relleno de tierra controlado:** sitio destinado para la disposición final de residuos sólidos municipales, que cuenta parcialmente con inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

**Relleno sanitario:** sitios donde se aplican técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los rellenos sólidos municipales; comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

**Remediación de sitios contaminados:** medidas a las que se someten los suelos y sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes.

**Rendimiento relativo:** cantidad de producto obtenido en un período determinado de tiempo de una unidad de población o de un conjunto de ellas, a través de cualquier tipo de esfuerzo.

**Servicios ambientales hidrológicos:** los servicios que brindan los bosques y selvas y que inciden directamente en procesos tan importantes como la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, el mantenimiento de la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo y la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación.

**Sistemas controlados:** para el caso de actividades pesqueras, instalaciones creadas para el cultivo de especies acuícolas mediante la aplicación de un modelo tecnológico que incluye diversas rutinas de trabajo (bombeo de agua, alimentación de animales, fertilización, control de densidades, entre otras).

**Sucesión ecológica:** proceso direccional de desarrollo en una comunidad que involucra cambios en la estructura y composición de especies así como de sus procesos básicos a través del tiempo.

**Tiraderos a cielo abierto:** sitios en donde son depositados los residuos sólidos municipales sin ningún control o protección al ambiente.

**Transporte de altura:** transporte marítimo de carga y pasajeros entre puertos de diferentes países.

**Transporte de cabotaje:** transporte marítimo de carga y pasajeros entre puertos de un mismo país.

**Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre:** unidades de producción o exhibición en un área delimitada claramente bajo cualquier régimen de propiedad (privada, ejidal, comunal, federal, etc.), donde se permite el aprovechamiento de ejemplares, productos y subproductos mediante la utilización directa o indirecta de los recursos de la vida silvestre y que requieren un manejo.

**Usos consuntivos del agua:** son aquellos que hacen uso fuera del cuerpo de agua, en los cuales el agua es transportada a su lugar de uso y la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de agua.

### INTRODUCCIÓN

Environment Canada. Environmental Signals. Headline Indicators 2003. Canada. 2003.

EPA. Protect your family and yourself from carbon monoxide poisoning. U.S.A. 1997.

EPA. Sulfur Dioxide Nature and Sources of the Pollutant. 2004. Disponible en: <http://www.epa.gov/air/airtrends/sulfur.html>

INE-Semarnat. México: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 2001.

IPCC. Climate Change 2001: the scientific basis. Cambridge University Press. United Kingdom. 2001.

Lacasaña-Navarro M., C. Aguilar-Garduño y I. Romieu. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud Pública de México*. 41:203-215. 1999.

NASA. *Earth's Atmosphere*. 2004. Disponible en: <http://www.nasa.gov>

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

SE, GEM, SMAGDF, Semarnat y SS. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. México. 2003.

Semarnat, INE. Segundo almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en seis ciudades mexicanas. México. 2003.

UNEP y WMO. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002.

UNEP. Global Environment Outlook 2000. Earthscan Publications. United Kingdom. 1999.

WB. Improving Air Quality in Metropolitan Mexico City. An Economic Valuation. The Mexico Air Quality Management Team. Policy Research Dissemination Center. 2002.

WRI. World Resources 1998-99. A Guide to the Global Environment. Oxford University Press. U.S.A. 1998.

EC. *SERIEE - European system for the collection of economic information on the environment*. 2002. Disponible en: <http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/page>

GEJ, Semarnat y SS. Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001. México. 1997.

INEGI y Semarnat-INE. Indicadores de desarrollo sustentable en México. México. 2000.

Lacasaña-Navarro M., C. Aguilar-Garduño e I. Romieu. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud Pública de México*. 41:203-215. 1999.

Lvovsky, K. y G. Hughes. *Environmental challenges of fuel use. Pollution Management in focus*. World Bank. Discussion note number 7. 1999.

Molina, M. *Propuesta para limpiar el aire en México en 10 años. Reporte del taller sobre la contaminación del aire en México*. México. 2004.

OECD. Towards Sustainable Development. Environmental Indicators. France. 1998.

OECD. Environmental Data. Compendium 2002. France. 2002.

OECD. Pollution Abatement and control expenditure in OECD countries. France. 2003.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

Quadri, T. G. *Gasto ambiental*. México. 2002.

SEEMM, SMAGDF, Semarnat y SS. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. México. 2002.

Semarnat-INE. Tercer informe sobre la calidad del aire en ciudades mexicanas 1998. México. 1999.

Semarnat-INE. Gestión de la calidad del aire en México. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. México. 2000.

Semarnat-INE. Estimación del valor económico de reducciones en el riesgo de morbilidad y mortalidad por exposiciones ambientales. México. 2003.

Semarnat, INE. Inventario de emisiones de los estados de la frontera norte de México, 1999. México. 2005.

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

Semarnat. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. México. 2005.

Semarnat-INE, GEG, GMS. Programa para mejorar la calidad del aire en Salamanca. México. 2004.

UN, European Comisión, FMI, OECD y World Bank. Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. Final draft circulated for information prior to official editing. 2003.

## CAPÍTULO I. ATMÓSFERA

### I.1 CALIDAD DEL AIRE

ATSDR. *Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, bióxido de nitrógeno, etc.)*. 2002. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>

Environment Canada. Environmental signals: Canada's national environmental indicator series 2003. Canada. 2003.

EPA. EPA's Draft Report on the Environment Technical Document. U.S.A. 2003.

EPA. *Acid Rain*. 2004. Disponible en: <http://www.epa.gov/airmarkets/acidrain/index.html>.

WB. Urban Air Quality Management. En: World Bank. Pollution Prevention and Abatement Handbook. World Bank Group U.S.A. 1998.

WB. Improving Air Quality in Metropolitan Mexico City. An Economic Valuation. The Mexico Air Quality Management Team. U.S.A. 2002.

## I.2 CAMBIO CLIMÁTICO

CBD. Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto Protocol. CBD Technical Series No. 10. Montreal. 2003.

Cifuentes, L., V. H. Borja-Aburto, N. Gouveia, G. Thurston y D. Lee. Hidden Health Benefits of Greenhouse Gas Mitigation. *Science* 293: 1257-1259. 2001.

Conabio. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. *Biodiversitas* 44: 1-15. 2002

DOF. Acuerdo por el que se crea con carácter de permanente la Comisión intersecretarial denominada Comité Mexicano para Proyectos de Reducción y Captura de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero. México. 2004.

EEA. *Climate Change Indicators*. 2002. Disponible en [http://themes.eea.eu.int/Environmental\\_issues/climate/indicators](http://themes.eea.eu.int/Environmental_issues/climate/indicators)

EIA. Official Energy Statistics from the U.S. Government. *International Energy Annual 2002*. 2004. Disponible en: [www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html](http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html)

Environment Canada. Environmental Signals: Canada's National Environmental Indicator Series 2003. Canada. 2002.

EPA. Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values. U.S.A. 2002.

EPA. *Environmental Indicators Initiative. Indicator Review Results*. 2003. Disponible en: <http://www.epa.gov/indicators/keydocs.htm>

EPA. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 – 2001*. 2003. Disponible en: <http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/ResourceCenterPublicationsGHGEmissionsUSEmissionsInventory2003.html>

Government of Canada. Canada's Perspective on Climate Change. Science, Impacts and Adaptation. Canada. 1999.

Hendriks, C. A., E. Worrell, D. de Jager, K. Blok y P. Riemer. *Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry*. IEA Greenhouse Gas R&D Programme. 1998. Disponible en: <http://www.ieagreen.org.uk/index.htm>

Houghton, R. A., D. L. Skole, C. A. Nobre, J. L. Hackler, K. T. Lawrence y W. H. Chomentowski. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature* 403: 301-304. 2000.

IPCC. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. 2000. Disponible en: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum\\_es.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.htm)

IPCC. *Climate Change 2001: the scientific basis*. Cambridge University Press. United Kingdom. 2001.

Ledley, T. S., E. T. Sundquist, S. E. Schwartz, D. K. Hall, J. D. Fellows, y T. L. Killeen. *Climate Change and Greenhouse Gases*. *EOS American Geophysical Union*. 39:453. 1999.

Magaña, V. O. (ed.). *Los impactos de El Niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, Segob. México. 1999.

Magaña, V. O. y C. Gay. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica* 65: 7-23. 2002.

NAS. *Climate Change Science. An Analysis of some key questions*. National Academy Press. U.S.A. 2001.

OCDE. *Towards Sustainable Development. Environmental Indicators*. Paris, France. 1998.

Schwartz, S. E. Does Fossil Fuel Combustion Lead to Global Warming? *Energy* 12:1229-1248. 1993.

Semarnap, INE. *Estrategia Nacional de Acción Climática*. México. 1999.

Semarnat, INE. *Cambio climático: una visión desde México*. México. 2004.

Semarnat, INE. México: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 2001.

Semarnat, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2002.

Townsend, P. A., M. A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R. H. Buddemeier y D. R. Stockwell. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629. 2002.

UNEP. UNFCCC Convention on Climate Change. Climate Change Secretariat. France. 2002.

UNFCCC. *Caring for climate. A guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol*. Climate Change Secretariat. Germany. 2003.

UNFCCC. *Press release. Kyoto Protocol to enter into force 16 February 2005*. 2004. Disponible en: <http://unfccc.int/press/items/2794.php>

WRI. *Climate and Atmosphere Searchable Database EarthTrends. The Environmental Information Portal*. 2004. Disponible en: [http://earthtrends.wri.org/searchable\\_db/index.cfm?theme=3](http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.cfm?theme=3)

WRI. *News Release: Mexico adopts standards to measure global warming gases*. 2004. Disponible en: <http://newsroom.wri.org>.

WRI. *Pilot analysis of global ecosystems. Forest ecosystems*. U.S.A. 2000.

## I.3 OZONO

Department of Trade and Industry. *Refrigeration and air conditioning CFC and HCFC phase out: advice on alternatives and guidelines for users*. United Kingdom. 2000.

EEA. *Europe's environment: the third assessment Summary*. Copenhagen. 2003.

Environment Canada. *The State of Canada's Environment*. Canadá. 1991.

Environment Canada. *Environmental signals: Canada's national environmental indicator series 2003*. Canada. 2003.

EPA. EPA's Draft Report on the Environment Technical Document. U.S.A. 2003.

EPA. Ozone Science: *The Facts Behind the Phaseout*. 2004. Disponible en: [http://www.epa.gov/docs/ozone/science/sc\\_fact.html](http://www.epa.gov/docs/ozone/science/sc_fact.html)

NASA. 2003 Ozone 'Hole' Approaches, But Falls Short Of Record. 2003. Disponible en <http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/2003/0925ozonehole.html>

NOAA. Science: *The Antarctic Ozone Hole*. 2001. Disponible en <http://www.ozonelayer.noaa.gov/science/ozhole.htm>

OCDE. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A synthesis report by the Group on the state of the environment. Environment monographs No. 83. France. 1993.

OCDE. Towards Sustainable Development. Environmental Indicators. Paris, France. 1998.

OCDE. Evaluación del desempeño ambiental México. Francia. 2003.

PNUMA. Secretaría del Ozono. Acción por el ozono. Kenya. 2000a.

PNUMA. Secretaría del Ozono. Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono en su forma ajustada y/o enmendada en Londres, 1990; Copenhague, 1992; Viena, 1995; Montreal, 1997 y Beijing, 1999. Kenya. 2000b.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. México. 2004.

UNEP. Environmental effects of ozone depletion: 1998 Assessment. Kenya. 1998.

UNEP. Protecting the Ozone Layer. Volume I Refrigerants. Malta. 2001.

UNEP. Environmental effects of ozone depletion and its interaction with climate change: 2003 progress report. Nairobi. 2003.

UNEP. *Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol*. 2003. Disponible en <http://www.multilateralfund.org/>.

UNEP. Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol. Policies, procedures, guidelines and criteria. The Multilateral Fund Secretariat. 2004.

UNEP. The Vienna Convention and the Montreal Protocol. Consultado en septiembre 2004. Disponible en <http://www.undp.org/seed/eap/montreal/montreal.htm>.

UN. Indicators of sustainable development framework and methodologies. Commission on Sustainable Development. United States of America. 1996.

WMO y UNEP. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 47*. Geneva. 2003.

## CAPÍTULO 2. AGUA

### INTRODUCCIÓN

Baron, J. S., N. L. Poff, P. L. Angermeier, C. N. Dahm, P. H. Gleick, N. G. Hairston, Jr., R. B. Jackson, C. A. Johnston, B. D. Richter y A. D. Steinman. Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. *Ecological Applications*, 12(5), pp. 1247–1260. 2002.

Gleick, P. H. Water in Crisis: Paths to sustainable water use. *Ecological Applications* 8(3): 571-579. 1998.

Jackson, R. B., S. R. Carpenter, C. N. Dahm, D. M. McKnight, R. J. Naiman, S. L. Postel y S. W. Running. 2001. Water in a Changing World. *Issues in Ecology*. No. 9.

PNUMA. GEO. *Anuario 2003*. Nueva York. 2004.

Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger, R. Payne, y K. Kassem. *Pilot analysis of global ecosystems: Freshwater systems*. WRI. Washington, D.C. 2000.

UN. Water for People-Water for Life. The United Nations World Water Development Report. UNESCO Publishing / Berghahn Books. Paris. 2003a.

WRI. *Water: Critical shortages ahead?* En WRI, UNEP, UNDP, and WB., World Resources 1998-99: Environmental change and human health. 1999. p.188-193. Disponible en: [http://pubs.wri.org/pubs\\_content\\_text.cfm?ContentID=1030](http://pubs.wri.org/pubs_content_text.cfm?ContentID=1030).

### 2.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA

AEMA. El agua en Europa: una evaluación basada en indicadores. Copenhague. 2003.

Baron, J. S., N. L. Poff, P. L. Angermeier, C. N. Dahm, P. H. Gleick, N. G. Hairston, Jr., R. B. Jackson, C. A. Johnston, B. D. Richter y A. D. Steinman. Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. *Ecological Applications*, 12(5), pp. 1247–1260. 2002.

Beecher, J. A. y P. E. Shanaghan. *Sustainable Water Pricing*. 1999. Disponible en <http://www.epa.gov/water/infrastructure/pricing/Articles.htm>.

Bird, J. y P. Wallace. Dams and Water Storage. En R. S. Meinzen-Dick and Mark W. Rosegrant (Eds.). *Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints*. 2020 Focus 9. Brief 7 of 14. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. 2001.

CNA. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. México. 2001.

CNA. Estadísticas del Agua en México 2004. México. 2004.

DOF. Ley de Aguas Nacionales. México. 29 de Abril de 2004.

Dudley, N. y S. Stolton. *Running Pure: The importance of Forest Protected Areas to Drinking Water*. WB and WWF for Nature Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. Gland, Switzerland. 2003.

EEA. *Indicators*. 2005. Disponible en: <http://themes.eea.eu.int/indicators/>.

- FitzHugh, T.W. y B.D. Richter. Quenching urban thirst: growing cities and their impacts on freshwater ecosystems. *Bioscience* 54 (8): 741-754. 2004.
- FNUAP. El Estado de la Población Mundial 2001. Huellas e hitos: Población y cambio del medio ambiente. New York. 2001.
- Fry, A. y W. Rast. *Industry, Freshwater and Sustainable Development*. World Business Council for Sustainable Development and United Nations Environment Programme. Geneva, Switzerland. 1998.
- Gleick, P.H.. Water in Crisis: Paths to sustainable water use. *Ecological Applications* 8(3): 571-579. 1998.
- GWP. Technical Advisory Committee (TAC). Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership TEC Background Papers No. 4. Denmark. 2000.
- Hinrichsen, D. *A Human Thirst*. Worldwatch Institute. Washington, DC. 2003.
- IMF, OECD, UN y WBG. A better world for all. International Monetary Fund, Organization for Economic Co-operation and Development, UN and WB. Washington. DC. 2000.
- Jackson, R. B., S. R. Carpenter, C.N. Dahm, D. M. McKnight, R. J. Naiman, S. L. Postel y S. W. Running. 2001. Water in a Changing World. *Issues in Ecology*. No. 9.
- Llamas, R. y E. Custodio. Intensively exploited aquifers. *IHP-VI, Series on Groundwater* No. 4. UNESCO. Paris. 2002.
- Mejía-Saénz, E., E. Palacios Vélez, A. E. García y A. L. Santos Hernández. Problemas operativos en el manejo del agua en Distritos de Riego. *TERRA* Vol. 20 No. 2:217-225, 2002.
- OCDE. Análisis del Desempeño Ambiental, México. France. 1998.
- OECD Environmental Indicators. Towards Sustainable Development. France. 2001.
- OECD. Environmental Performance Reviews. WATER. Performance and Challenges in OECD Countries. France. 2003.
- OECD. OECD Key Environmental Indicators 2004. France. 2004.
- PNUMA. GEO. *Anuario 2003*. Nueva York. 2004.
- Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger, R. Payne, y K. Kassem. *Pilot analysis of global ecosystems: Freshwater systems*. WRI. Washington, D.C. 2000.
- Ryszkowski, L. (Ed.) *Landscape Ecology in Agroecosystems Management*. CRC Press. Boca Ratón, Florida. 2001.
- Saleth, R. M. 2001. Water Pricing: Potential and Problems. En Meinzen-Dick & M W. Rosegrant. *Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints*. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. Focus 9. October 2001.
- Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002. México. 2003.
- Smakhtin, V., C. Revenga, P. Döll y R. Tharme. *Giving Nature Its Share: Reserving Water for Ecosystems. Putting the Water Requirements of Freshwater Ecosystems into the Global Picture of Water Resources Assessment*. Technical paper. 2003. Disponible en <http://earthtrends.wri.org/features/index.cfm?theme=2>.
- Stromberg, J.C., R. Tiller, and B.D. Richter. Effects of groundwater decline on riparian vegetation of semiarid regions: the San Pedro, Arizona. *Ecological Applications* 6:113-131. 1996.
- UN. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Division for Sustainable Development. New York. 2001.
- UN. *A Framework for Action on Water and Sanitation*. WEHAB Working Group. 2002. Disponible en: [http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/wehab\\_papers.html](http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/wehab_papers.html).
- UN. Water for People-Water for Life. The United Nations World Water Development Report. UNESCO Publishing / Berghahn Books. Paris. 2003a.
- UN. *Indicators of Sustainable Development: CSD Theme Indicator Framework*. 2003b. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isd.htm>.
- UNEP. *Encyclopedia of Urban Environment Related Indicators*. 2004. Disponible en: <http://www.ceroi.net/ind/indicat.htm>.
- WMO. *Groundwater: The invisible resource*. 1998. Disponible en <http://www.wmo.ch/web-en/Wdwfea.html>.
- WRI. Water: Critical shortages ahead? En WRI, United Nations Environment Programme, United Nations Development Programme, and WB, World Resources 1998-99: Environmental change and human health, p.188-193. 1999. Disponible en: [http://pubs.wri.org/pubs\\_content\\_text.cfm?ContentID=1030](http://pubs.wri.org/pubs_content_text.cfm?ContentID=1030).
- Zektser, I. S. y L. G. Everett (Eds). *Groundwater Resources of the World and their Use*. *IHP-VI, Series on Groundwater*. No. 6. UN-UNESCO. Paris. 2004.

## 2.2 CALIDAD DEL AGUA

- Baselice, A., R. García, I. Saavedra, G. Giner. Análisis de la distribución y el transporte del mercurio en ríos bajo explotación minera con aplicación a la cuenca del Caroní. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V.* 17(2): 83-95. 2002.
- Ben-Hur, M., F. H. Li, R. Keren, I. Ravina y G. Shalit. Water and Salt Distribution in a Field Irrigated with Marginal Water under High Water Table Conditions. *Soil Science Society of America Journal* 65:191-198. 2001.
- Bianchi, M. y T. Harter. Nonpoint Sources of Pollution in Irrigated Agriculture. *Regents of the University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. FWQP. Reference Sheet 9.1, Publication 8055*. 2002.
- Cabrera, A. y M. Blarasin. Contamination in the Phreatic Aquifer of an Agroecosystem of the Chacopampeana Plain, Cordoba, Argentina. *Journal of Environmental Hydrology* Volume 7, Paper 17: 1-11 October 1999. Disponible en: <http://www.hydroweb.com/jeh/jeh1999/blara.pdf>.
- Carpenter, S., N. F. Chair, D. L. Caraco, Correll, R. W. Howarth, A.N. Sharpley y V.H. Smith. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Issues in Ecology*. 3: 1-12. 1998.
- Chadwick, D.R. y S. Chen. Manures. En: P.M. Haygarth y S.C. Jarvis (Eds.). *Agriculture, Hidrology and Water Quality*. CAB International. 57-81. 2002.

- CNA. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. México. 2001a.
- CNA. Indicadores Ambientales de Calidad del Agua. Volumen 1: Organismos Coliformes Fecales. Subdirección General Técnica. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México. 2001b.
- CNA. *Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua*. Comisión Nacional del Agua. México. 2002.
- CNA. *Estadísticas del agua en México 2004*. Comisión Nacional del Agua. México. 2004.
- Culp, J.M., J. Ciborowski, M.G. Dubé, K.R. Munkittrick y W.R. Parker. *Industrial point source discharges*. Environment Canada. 2003. Disponible en: <http://www.nwri.ca/threatfull/ch10-1-e.html>.
- Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* Número 2: 1-16. 1997.
- Delzer, G.C. y S.W. McKenzie. *Five-day biochemical oxygen demand* (3d ed.): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A7. section 7.0. noviembre 2003. Disponible en: [http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter7/NFMChap7\\_2\\_BOD.pdf](http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter7/NFMChap7_2_BOD.pdf).
- Dingman, S.L. *Physical Hydrology*. Prentice Hall. Nueva Jersey. 2002.
- DOF, Semarnap. 1997. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. 6 de enero de 1997.
- Dudley, N. y S. Stolton. *Running pure: The importance of forest protected areas to drinking water*. A research report for the World Bank / WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. 2003.
- EEA. Indicators. 2005. Disponible en: <http://themes.eea.eu.int/indicators>
- EEA. Europe's environment: the third assessment. Environmental assessment report. No. 10. 2003.
- EPA. Draft Report on the Environment. Environmental Protection Agency. EUA. 2003.
- EPA. *Managing Nonpoint Source Pollution from Agriculture*. Pointer No. 6 EPA841-F-96-004F. EUA. 2004. Disponible en: <http://www.epa.gov/owow/nps/facts/point6.htm>.
- EPA-South Australia. South Australia State of the Environment Report. Australia. 2003.
- ESA. *Water Purification: An Essential Ecosystem Service*. Fact Sheet. 2005. Disponible en: <http://www.esa.org/ecoservices/water/body.wate.fact.html>.
- Fatta, D., C. Naoum, P. Karlis and M. Loizidou. Numerical Simulation Of Flow And Contaminant Migration At A Municipal Landfill. *Journal of Environmental Hydrology*, Paper 16, Volume 8, December 2000: 1-11. 2000. Disponible en: <http://www.hydroweb.com/jeh/jeh1999/zim2.pdf>.
- Fetter C.W. *Applied Hydrogeology*. Prentice Hall. Nueva Jersey. 2001.
- Folke, J. Future directions for environmental harmonization of pulp mills. En: Servos, M.R., K.R. Munkittrick, J.H. Carey y G.J. Van Der Kraak (eds.). *Environmental fate effects of pulp and paper mill effluents*. St. Lucie Press. Florida. 1996.
- Gevao B. y K.C. Jones. Pesticides and Persistent Organic Pollutants. En: P.M. Haygarth y S.C. Jarvis (Eds.). *Agriculture, Hydrology and Water Quality*. CAB International. 2002.
- Gordon, B. J. Bredehoeft, L.H. Motz. Peer Review: Saltwater Intrusion And The Minimum Aquifer Level In The Southern Water Use Caution Area: Hydrologic Evaluation Section, Southwest Florida Water Management District, 21 August 2002 (draft). Disponible en: <http://www.swfwmd.state.fl.us/ppr/reports/files/Peer%20Review.pdf>
- Howarth, R., D. Anderson, J. Cloern, Ch. Elfring, Ch. Hopkinson, B. Lapointe, T. Malone, N. Marcus, K. McGlathery, A. Sharpley y D. Walker. Nutrient Pollution of Coastal Rivers, Bays, and Seas. *Issues in Ecology*. 7: 1-15. 2000.
- Ibe, K.M. y J.C. Njoku. Migration of Contaminants In Groundwater At A Landfill Site, Nigeria. *Journal of Environmental Hydrology*, Paper 8, Volume 7, August 1999: 1-9. 1999. Disponible en: <http://www.hydroweb.com/jeh/jeh1999/ibe.pdf>.
- IFEN. Environmental Performance Indicators in France. Francia. 1997.
- Jackson, R. B., S. R. Carpenter, C.N. Dahm, D. M. McKnight, R. J. Naiman, S. L. Postel & S. W. Running. Water in a Changing World. *Issues in Ecology*. No. 9. 2001.
- Lanvon, L.E. Symposium: Dairy Manure And Waste Management. Dairy Manure and Plant Nutrient Management Issues Affecting Water. Quality and the Dairy Industry. *Journal of Dairy Science* Vol. 77, No. 7. 1994.
- Leinweber, P., B.I. Turner, R. Meissner. The role of phosphorus in agriculture and environmental pollution. En: P. M. Haygarth and S. C. Jarvis (eds). *Agriculture, Hydrology and Water Quality*, CAB International, Wallingford, Inglaterra. 29-55. 2002.
- Mansour, S. A. Pesticide Exposure-Egyptian scene. *Toxicology*. 198(1-3), 91-115. 2004.
- Meybeck, M., E. Kuusisto, A. Mäkelä y E. Mäilki. Water Quality. En: UNEP/WHO. *Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. 1996. Disponible en: [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/wqmonitor/ch04.htm#TopOfPage](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/wqmonitor/ch04.htm#TopOfPage).
- Morris, B L, Lawrence, A R L, Chilton, P J C, Adams, B, Calow R C y Klinck, B A. *Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problem and Options for Management*. Early Warning and Assessment Report Series, RS. 03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 2003.

MPCA. *Aquaculture and Water Pollution Control*. 2004. Disponible en: <http://www.pca.state.mn.us/water/pubs/fishfarm.pdf>.

Myers, D.N., y F. D. Wilde (Eds.). *Biological indicators* (3d ed.): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A7. 2003. Disponible en: <http://pubs.water.usgs.gov/twri9A7/>.

Myers, D.N. *Fecal indicator bacteria* (3d ed.): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A7, section 7.1. 2003. Disponible en: [http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter7/7.1\\_ver1.1.pdf](http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter7/7.1_ver1.1.pdf)

Naylor, R.L., R. J. Goldberg, J. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, y M. Troell. Effects of Aquaculture on World Fish Supplies. *Issues in Ecology* 8: 12pp. 2001.

Oren, O., Y. Yechieli, J. K. Böhlke, y A. Dody. Contamination of groundwater under cultivated fields in an arid environment, central Arava Valley, Israel. *Journal of Hydrology* 290, Issues 3-4: 312-328. 25 mayo de 2004.

OECD. Core set of indicators for environmental performance reviews. A Synthesis report by the Group on the state of the Environment. Environment Monographs No. 83. Paris. 1993.

OECD. OECD Environmental Outlook. Francia. 2001.

OCDE. Key Environmental Indicators. Environment Directorate. Paris. 2004.

OMS. European Standards for Drinking-Waters. Ginebra. 2ª. Ed. 1970.

OMS. Guidelines for Drinking-water Quality. Recommendations. Tercera edición. Vol. I. Ginebra. 2004.

ONU. Department of Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development *Indicators of Sustainable Development*. 2004. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sistdev/latinfo/indicators/isd.htm>.

Ramsar Convention. ¿Qué son los humedales? Documento Informativo Ramsar No. 1 Gland, Suiza. Ramsar Convention. 2004. Disponible en: [http://.ramsar.org/about\\_infopack\\_1s.htm](http://.ramsar.org/about_infopack_1s.htm)

Revenga, C. J. Brunner, N. Henninger, K. Kassem, y R. Payne. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems*. World Resources Institute, Washington D.C. 2000.

Schuyt, K. Y. L. Brander. *The Economic Values of the World's Wetlands*. WWF. Gland/Amsterdam. 2004.

Semarnat. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, 2002. México. 2003a.

Semarnat. 2003b. Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. DOF, 3 de octubre de 2003.

Semarnat. Introducción a los servicios ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 2003c.

Shekwolo, P. D. y M. O. Brisbe. Properties of Groundwater in Parts of Niger State, Nigeria. *Journal of Environmental Hydrology*, 7(12): 1-9. septiembre de 1999. Disponible en: <http://www.hydroweb.com/jeh/jeh1999/shek.pdf>.

Shortle, J.S., D.G. Abler y M. Ribardo. Agriculture and water quality: the issues. En: Shortle, J.S. y D. Abler (eds.). *Environmental policies for agricultural pollution control*. Inglaterra. 2001.

Silk, N. Y. K. Ciruna (eds.). *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 2004.

Socolow, R. H. Nitrogen Management and the future of food: Lessons from the management of energy and carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 96 pp. 6001-6008. 1999.

Stournaras, G. Groundwater and Nitrates in Greece - an Overview. *Journal of Environmental Hydrology*, 6(4): 1-8. mayo de 1998. Disponible en: <http://www.hydroweb.com/jeh/jeh1998/stournaras.pdf>.

Swackhamer, D.L., H. W. Paerl, S. J. Eisenreich, J. Hurley, K. C. Hornbuckle, M. McLachlan, D. Mount, D. Muir y D. Schindler. Impacts of Atmospheric Pollution on Aquatic Ecosystems. *Issues in Ecology* 12: 1-24. 2004. Disponible en: <http://www.esa.org/science/issues>.

Tanwar, B.S. (comp.). *Saline Water Management for Irrigation (3rd Revised Draft)*. Work Team on Use of Poor Quality Water for Irrigation (WT-PQW) International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) New Delhi, India. 2003.

Vitousek, P.M., J. Aber, R. W. Howart, G. E. Likens, P. A. Matson, D. W. Schindler, W. H. Schlesinger y G. D. Tilman. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Causes and Consequences, *Issues in Ecology* 1: 16pp. 1997.

WRI. Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems. E.U.A. 2000.

## CAPÍTULO 3. SUELOS

Aguilar, C., E. Martínez y L. Arriaga. *Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿qué tan grave es el problema en México?* 2002. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/deforestacion.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/deforestacion.html)

Becerra-Moreno, A. Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿Utopía o posibilidad en México? *Terra*. 16 (2): 173-179. 1998.

Bennet, A. J. Environmental consequences of increasing production: some current perspectives. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 82(1-3): 89-95. 2000.

Betancourt- Yáñez, P., J. L. Oropeza- Mota, B. Figueroa-Sandoval, V. Ordaz-Chaparro, C. Ortiz-Solorio, y A. Hernández-Garay. Pérdidas de suelo y potencial hidrológico en parcelas con coberturas vegetativas de especies forrajeras. *Terra*. 18(3): 263-271. 2000.

CEPAL. *Indicadores Biofísicos de Desertificación en la Puna*. 2003. Disponible en: [http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/suelo/programas/pan/cepal\\_indicadores/actividades/03\\_taller\\_jujuy/indicadores\\_bio.PDF](http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/suelo/programas/pan/cepal_indicadores/actividades/03_taller_jujuy/indicadores_bio.PDF)

Chauvet, M. Los nuevos retos de la ganadería. En: Hernández, L. (Comp.). *Historia ambiental de la ganadería en México*. IDR-Instituto de Ecología A. C. México. 227-232. 2001.

CIAT. *Indicadores de sustentabilidad rural*. 2001. Disponible en: [www.ciat.cgiar.org/indicadores/indicadores/campuj.htm](http://www.ciat.cgiar.org/indicadores/indicadores/campuj.htm)

Comisión de las Comunidades Europeas. Indicadores para la integración de las consideraciones medioambientales en la Política Agrícola Común. Bruselas. 2000.

Comisión de las Comunidades Europeas. Hacia una estrategia temática para la protección del suelo. *Edafología*. 9(2): 213-250. 2002.

Conanp. III Aniversario. Logros 2003. México. 2003.

Concheiro-Bórquez, L. y R. Robles-Berlanga. Territorios y pueblos indios en México. Presentación en: *Taller Latinoamericano "Territorio y Desarrollo Sostenible"*. Cali, Colombia 17-20 de junio de 2003.

Cotler, H. El uso de la información edáfica en los estudios ambientales. *Gaceta Ecológica*. 68: 33-42. 2003.

DOF. Decreto por el que se aprueban los programas sectoriales de mediano plazo denominados Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 y Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. México. 2002 (13 de febrero de 2002).

Dumanski, J. y C. Pieri. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 18(2): 93-102. 2000.

FAO. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación del suelo. Roma. 2000.

FAO. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Roma. 2001.

FAO. Tenencia de la Tierra y Desarrollo Rural. Roma. 2003.

García-Salazar, A. Efecto de PROCAMPO sobre la producción y saldo de comercio exterior de maíz. *Agrociencia*. 35 (6): 671-683. 2001.

Gross, P. y E. Hajek. *Degradación el suelo por mal manejo de actividades agrícolas y forestales*. Chile. 1998.

Guevara-Sanginés, A. y C. Muñoz-Piña. *Manual para la Evaluación de Impactos sobre el abatimiento de la pobreza a partir de la inversión en proyectos ambientales en pequeñas poblaciones rurales*. Universidad Iberoamericana. México. 2000.

Gutiérrez-Castillo, J. y A. García-Jurado Aplicación de la tecnología de agricultura de precisión para la reducción del consumo de agua en México, *Transferencia (Revista Digital)*. 65. 2003. Disponible en: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/65/65-III.01.html>

Haberl, H., M. Wackernagel y T. Wrbka. Land use and sustainability indicators. An introduction. *Land use Policy*. 21(3): 193-198. 2004.

Hamblin, A. Environmental indicators for national state of the environment reporting – The Land. Australia: State of the Environment. *Environmental Indicator Report*. Australia. 1998.

Hamilton, C. The sustainability of logging in Indonesia's Tropical Forest: A dynamic input-output analysis. *Ecological Economics*. 21(3): 183-195. 1997.

Hernández, Z. J. S. La caprinocultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción. *Archivos de Zootecnia*. 49: 341-352. 2000.

Hitzhusen, F. J. Land degradation and sustainability of agricultural growth: some economic concepts and evidence from selected developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 46(1-4): 69-79. 1993.

Hodge, I. Beyond agri-environmental policy: towards and alternative model rural environmental governance. *Land use policy*. 18(2): 99-111. 2001.

Huffman, E., R. G. Eilers, G. Padbury, G. Wall y K. B. MacDonald. Canadian agri-environmental indicators related to land quality: integrating census and biophysical data to estimate soil cover, wind erosion and soil salinity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 81(2): 113-123. 2000.

INE-Semarnap. Características de peligrosidad ambiental de plaguicidas. México. 2000.

INEGI, Semarnap. Estadísticas del Medio Ambiente, México 1997. México. 1998.

ISRIC. Mapa de áreas en riesgo por la degradación del suelo. Wageningen, Holanda. 1990.

IUGS. *Introducción a los geoindicadores*. 2000. Disponible en: [http://www.lgt.lt/geoin/files/spanish\\_flyer.pdf](http://www.lgt.lt/geoin/files/spanish_flyer.pdf).

Kammerbauer, J., B. Cordoba, R. Escolán, S. Flores, V. Ramírez y J. Zeledón. Identification of development indicators in tropical mountainous regions and some implications for natural resource policy designs: an integrated community case study. *Ecological Economics*. 36(1): 45-60. 2001.

LEAD. *Pastoreo y ramoneo excesivo*. 2003. Disponible en: <http://lead.virtualcenter.org/es/dec/toolbox/Grazing/overgraz.htm>

Lilburne, L.R.; A. E. Hewitt; G. P. Sparling y N. Selvarajah. Soil quality in New Zealand: Policy and the science response. *Journal of Environmental Quality*. 31: 1768-1773. 2002.

MARENA-SINIA. *Indicadores Ambientales de Nicaragua*. 2003. Disponible en: <http://www.sinia.net.ni/indicadores/IndicadorDatos.aspx?f=71>

Menke, J y E. Bradford. Rangelands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 42 (2):141-163. 1992

MIDEPLAN-SIDES, *Indicadores Ambientales Agroquímicos*. 2002. Disponible en: <http://www.mideplan.go.cr/sides/ambiental/agroquim.htm>.

MMA. *Memorias "Medio Ambiente en España" 2000. Capítulo IV. Introducción en otras políticas y acciones preventivas. Integración y medio ambiente*. 2000. Disponible en: [http://www.mma.es/info\\_amb/estado\\_ma/memor/memoria00/cap4a1.pdf](http://www.mma.es/info_amb/estado_ma/memor/memoria00/cap4a1.pdf).

MMA-IDEAM-SINA. *Degradación de los suelos por erosión, remoción en masa y sedimentación*. 2001. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/suelos2.htm#>.

Mora-Alfaro, J. Modelos del sector público para la extensión y la asistencia técnica (presentación). En: *Conferencia ministerial sobre el uso de la ciencia y la tecnología para incrementar la productividad de la agricultura*. San José, Costa Rica, Mayo 10 – 11. 2004.

NRCS (US Department of Agriculture). *Land Degradation and Desertification*. 2003. Disponible en: <http://www.soils.usda.gov/use/worldsoils/landdeg/>.

## CAPÍTULO 4. RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

OECD. Environmental Indicators for Agriculture. Methods and Results. Volume 3. Paris. 2001.

OECD. Environmental Data, Agriculture. Compendium 2002. Paris. 2002.

OCDE. Evaluación del desempeño ambiental: México. París. 2003.

ONU. Departamento de Desarrollo Sustentable. Indicadores de Desarrollo Sostenible. *Capítulo 10: Enfoque integrado de la planificación y la ordenación de los recursos de tierra*. 2004a. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/indisd/spanish/capitulo10.htm>.

ONU. Departamento de Desarrollo Sustentable. Indicadores de Desarrollo Sostenible. *Capítulo 14: Fomento de la agricultura y del desarrollo rural sostenible*. 2004b. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/indisd/spanish/capitulo14.htm>.

ONU-Programa 21. *Capítulo 10. Enfoque integrado de la planificación y la ordenación de los recursos de tierras*. 2003. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21spchapter10.htm>.

Pierr, H.P. Environmental policy, agri-environmental indicators and landscape indicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 98(1-3):17-33. 2003.

PNUMA. GEO América latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

PNUMA-EEA. Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa. Problemas ambientales. 16. Copenhague. 2002.

PNUMA - Earthscan. Global environment outlook 3. PNUMA. Nairobi, Kenia. 2002.

Pugh, C. Methodology, political economy and economics in land studies for developing countries. *Land Use Policy*. 13(3) 165-179. 1996.

Ramírez Juárez, J. La globalización y el sector agropecuario en México. *Ciencia Administrativa*. 1: 74-83. 2001.

Sánchez-Colón, S. Evaluation of human-induced soil degradation in Mexico. En: OECD, *Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis*, Paris, France. 2004. Disponible en: <http://www.oecd.org/agr/env/indicators.htm>.

Semarnap, CP, INEGI. Mapa de suelos dominantes de México. México. 1999.

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

Semarnat. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002. México. 2003.

SINIA-CONAMA. *Indicadores ambientales*. 2004. Disponible en: [www.conama.cl/sinia/indicadores](http://www.conama.cl/sinia/indicadores).

WBG. *Environmental Economics and Indicator, Institutional Capacity*. 2004. Disponible en: <http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/envext.nsf/44ByDocName/InstitutionalCapacity>.

BID-OPS. *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. 1997. Disponible en: <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf>.

Cortinas de Nava, Cristina. *Legislación Mexicana sobre Planes de Manejo de Residuos y de Productos de Consumo que al Desecharse se Convierten en Residuos*. Ponencia en el Taller de Trabajo Orientado a la Formulación de una Propuesta a Nivel Técnico de "Política Centroamericana sobre Residuos y Desechos Sólidos y de una Propuesta Regional Sobre Depósitos y Retornos". 2004. Disponible en: <http://www.cristinacortinas.com/>.

DOF. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. 2003 (8 de octubre).

EPA. State and Local Solutions to Solid Waste Management Problems. Recyclig Works. EPA530-K-99-003. Estados Unidos. 1999.

Fatta, D. C., P. Naoum, P. Karlis y M. Loizidou. Numerical simulation of flow and contaminant migration at a municipal landfill. *Journal of Environmental Hydrology*. 8:1-11. 2000.

Fetter, C. W. *Applied Hidrogeology*. Prentice Hall. Nueva Jersey. 2001.

FEMA-DESA. Manual de saneamiento e proteção ambiental para os municípios. Fundação Estadual do Meio Ambiente- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasil. 1995. En BID-OPS. *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. 1997. Disponible en: <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf>.

Hardoy, J. E., D. Mitlin y D. Satterthwaite, Environmental Problems in Third World Cities Earthscan. London, Reino Unido. 1992. En UNEP. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002*. United Nations Environmental Program. Reino Unido. 2002.

ILAC. Reunión de Expertos en Estadísticas e Indicadores Ambientales del grupo del Foro de Ministros del Ambiente de Latino América y el Caribe. Costa Rica. 2003.

IMO. Global waste survey. 1995. En BID-OPS. *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. 1997. Disponible en: <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf>.

INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de bienes y servicios, Metodología. 2004. Disponible en [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx).

Kunisue T., M. Watanabe, H. Iwata, A. Subramanian, I. Monirith, T. B. Minh, R. Baburajendran, T. S. Tana, P. H. Viet, M. Prudente y Y S. Tanabe. Dioxins and Related Compounds in Human Breast Milk Collected Around Open Dumping Sites in Asian Developing Countries: Bovine Milk as a Potential Source. *Environmental Contamination and Toxicology*. 47(3): 414 - 426. 2004.

OCDE. Environmental Indicators: Towards Sustainable Development. París. 1998.

OCDE. Towards More Sustainable Household Consumption Patterns, Indicators: to Measure Progress. París. 1999.

PNUMA. *GEO América Latina y el Caribe: Perspectivas del Medio Ambiente* 2003. Costa Rica. 2003.

Sedesol-INE. *Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Serie Monográfica No.4.* México 1993.

Semarnat. *Cruzada Nacional México Limpio.* 2004. Disponible en: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx).

Semarnap-INE. *Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en México* 1997, México. 1997.

Semarnap-INE. *Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental, Reporte* 2000. México. 2000.

Semarnat-INE. *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos en México.* Primera reedición. México. 2001.

Semarnat-INE. *Contaminación por pilas y baterías en México.* México. 2004.

UNCSD. *Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies.* UNCSD. New York. 1996.

UNEP. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial* 2002. United Nations Environmental Program. Earthscan Publications Ltd. London. 2002.

## CAPÍTULO 5. RESIDUOS PELIGROSOS

ATSDR. *Tox FAQs.* Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004. Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_toxfaqs.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_toxfaqs.html).

Bueno, J., H. Alexander, M. Mazari y D. Piñero. *Los Residuos Peligrosos y su Impacto en los Ecosistemas.* En: Rivero, O., G. Ponciano y S. González. *Los Residuos Peligrosos en México.* Programa Universitario del Medio Ambiente-UNAM. México. 1996.

CMPL. *Mesa Redonda para la Prevención de la Contaminación en México.* Centro Mexicano para la Producción más Limpia. 2004. Disponible en: <http://www.pcmexico.org/>.

DOF. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.* México. 2003 (8 de octubre).

Díaz-Barriga, F. *Los Residuos Peligrosos en México. Evaluación del Riesgo para la Salud.* *Salud Pública de México.* 38: 280-291. 1996.

EPA. *Removes Love Canal From Superfund List.* 2004. Disponible en: [www.epa.gov.mx](http://www.epa.gov.mx).

EPA-Sedesol. *Minimización de residuos en la industria del acabado de metales.* CEPIS Publicaciones. 1993. 2004. Disponible en: <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/epa/minimeta/minisecl.html>.

FIPREV. 2004. Disponible en: <http://www.acsmedioambiente.com/LoNuevo/agosto2.htm>.

GTZ. *"Public Private Partnership (PPP).* 2004. Disponible en: <http://www.gtz.org.mx/>.

Masters, G. M. *Introduction to Environmental Engineering and Science.* Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. 1991.

NEC. *Annual Environmental Report 2004.* 2004. Disponible en: <http://www.nec.co.jp>.

OCDE. *Environmental Indicators. Towards Sustainable Development.* Paris, France 1998.

OCDE. *Main Economic Indicators.* París, France. 2004.

Ostrosky P, R. Rodríguez, H. Gutierrez y T. Fortoul. *Efectos de los Residuos Peligrosos sobre la Salud* En Rivero O, G. Ponciano y S. González. *Los Residuos Peligrosos en México.* PNUMA. México. 55-80. 1996.

Sedesol-INE. *Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. Serie Monografías No. 3.* México. 1993.

Semarnat-Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental (SGPA), Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. *Programa para la Identificación y Evaluación de Sitios Contaminados por Materiales Y Residuos Peligrosos.* 2003. Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/wps/portal/cmd/cs.ce/155/s/4822/\\_s.155/4819](http://www.semarnat.gob.mx/wps/portal/cmd/cs.ce/155/s/4822/_s.155/4819).

Semarnat-GTZ. *Marco Conceptual de la Remediación de Sitios Contaminados.* Proyecto Desarrollo Institucional para la Gestión de Sitios Contaminados PN:99.21.34.3. México. 2002.

Semarnap-Profepa. *Informe* 1995-2000. México. 2000.

Semarnat-Profepa. *Informe Anual Profepa* 2002. México. 2003.

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

Semarnat. *Legislación Ambiental.* 2004a. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.

UNCSD. *Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies.* United Nations Commission on Sustainable Development. New York, U.S.A. 1996.

Vrijheid, M. *Health Effects of Residence Near Hazardous Waste Landfill Sites: A Review of Epidemiologic Literature.* *Environmental Health Perspectives.* 108(S1). 2000.

## CAPÍTULO 6. BIODIVERSIDAD

### INTRODUCCIÓN

Arriaga C., L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez R., E. Muñoz L. y V. Aguilar S. *Regiones Prioritarias Marinas de México.* Conabio. México. 1998.

Arriaga C., L., V. Aguilar S. y J. Alcocer D. *Aguas continentales y diversidad biológica de México.* Conabio. México. 2000.

Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Coastal Ecosystems.* WRI. Washington, D. C. 2000.

Conabio. *La diversidad biológica de México. Estudio de país.* México. 1998.

Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell. 1997. *Ecosystem Services: Benefits Supplied to*

Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* 2: 1- 16. 1997.

Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec. *Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The WB/WWF. Washington, D. C. 1995.

Mittermeier, R. y C. Goettsch. La importancia de la biodiversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (Comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. Conabio. México. 1992.

Rzedowski, J. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. UNAM. México. 1998.

Schuyt, K. y L. Brander. *The Economic Values of the World's Wetlands*. WWF. Gland/Amsterdam. 2004.

UNDP, UNEP, WB y WRI. *World Resources 2000-2001*. 2000.

## 6.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES

Castillo, M., P. Pedernera y E. Peña. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*. XIX (3 y 4). 2003.

CBD. *Status and trends of Global biodiversity*. 2002. Disponible en: <http://www.biodiv.org/gbo/gbo-pdf.asp>

CE, DFID, UICN. *Infraestructura Vial y Biodiversidad*. Biodiversidad en Breve 8. Biodiversidad en el Desarrollo. 2001. Disponible en: <http://www.iucn.org/themes/wcpa/pubs/biodiversityproject.htm#spanish>

Cochrane, M. *Se extienden como un reguero de pólvora. Incendios en bosques tropicales en América Latina y el Caribe: prevención, evaluación y alerta temprana*. PNUMA. Distrito Federal, México. 2002.

Conabio. *La diversidad biológica de México. Estudio de país*. México. 1998.

Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec. *Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The WB/WWF. Washington, D. C. 1995.

EPA. *Indicators of the Environmental Impacts of Transport*. Washington. 1999

EPA. *EPA's Draft Report on Environment 2003*. U.S.A. 2003.

EPA. *State of the Environment Report for South Australia 2003*. Adelaide. 2003.

FAO. *Global Forest resources assessment 2000*. Roma. 2001.

Forman, R. T. y L. E. Alexander. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231. 1998.

GESAMP. *Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment*. Reports and Studies 55. 1995.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

IPCC. *Climate change and biodiversity*. Technical Paper V. IPCC. 2002.

IUGS. *Introducción a los geoindicadores*. 2000. Disponible en: [http://www.igt.lt/geoin/files/spanish\\_flyer.pdf](http://www.igt.lt/geoin/files/spanish_flyer.pdf)

Magaña, V. O. y C. Gay. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*. 65: 7-23. 2002.

Matthews, E., R. Payne, M. Rohweder y S. Murray. *Pilot Analysis of Global Ecosystems*. Forest Ecosystems. WRI. Washington, D. C. 2000.

Money, H. Invasive alien species- the nature of the problem. En: SCBD. *Assessment and management of alien species that threaten ecosystems, habitats and species*. Abstracts of keynote addresses and posters presented at the sixth meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Montreal, Canada. SCBD, CBD Technical Paper no. 1. 2001.

NCESD. *Environmental signals, a report on sustainable development indicators*. Greece. 2003.

Pagiola, J., J. Bishop y N. Landell-Mills. *La venta de servicios ambientales forestales*. INE-Semarnat. México. 2003.

OCDE. *Evaluación del Desempeño Ambiental en México*. Paris Francia. 2003

ONU. Departamento de Desarrollo Sustentable. *Indicadores de Desarrollo Sustentable*. 2004. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/indisd/spanish/capitulo10.htm>

PNUMA. *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente 2003*. Costa Rica. 2003.

Rzedowski, J. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 1998.

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

Semarnat. *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002*. México. 2003.

Townsend P., A. M. A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R. H. Buddemeier y D. R. B. Stockwell. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*. 416: 626-629.

UICN y PNUMA. *Manejo de áreas protegidas en los trópicos*. Gland, Suiza. 1990.

UNCSD. *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies*. 1995.

Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco y J. M. Melillo. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*. 277:494-499. 1997.

Walker, B. y W. Steffen. An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. *Conservation Ecology*. 1(2): 2. 1997.

WRI. *Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystems*. 2000.

## 6.2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

- Allen-Diaz, B., R. Barret, W. Frost, L. Huntsinger y K. Tate. *Sierra Nevada Ecosystems in the Presence of Livestock*. Preparado para Pacific Southwest Station and Region. USDA Forest Service. 1999.
- Arriaga C., L., V. Aguilar S. y J. Alcocer D. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.
- Baillie, J. E. M., C. Hilton-Taylor y S. N. Stuart (Eds.). 2004. *IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment*. IUCN. Gland, Switzerland y Cambridge, UK. 2004.
- Baltic 21. 2000. Agenda 21 for the Baltic Sea Region. Development in the Baltic Sea Region towards the Baltic 21 Goals -an indicator based assessment. Series No. 2/2000. Estocolmo.
- Baron, J. S., N. L. Poff, P. L. Angermeier, C. N. Dahm, P. H. Gleick, N. G. Hairston Jr., R. B. Jackson, C. A. Johnston, B. D. Richter y A. D. Steinman. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. *Issues in Ecology* 10. 2003.
- Belsky, A. J., A. Matzke y S. Uselman. Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the Western United States. *Journal of Soil and Water Conservation*. 54(1): 419-431. 1999.
- Berkamp, G., M. McCartney, P. Dugan, J. McNeel y M. Acreman. *Dams, Ecosystem Functions and Environmental Restoration*. Thematic Review II.1 Preparado para World Commission on Dams. Cape Town. 2000.
- Bjorkland, R. y C. Pringle. Overharvesting and Fisheries Management. En: Silk, N. y K. Ciruna (Eds.). *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 2004.
- Busch, D. E. y S. D. Smith. Mechanisms associated with decline of woody species in riparian ecosystems of the Southwestern US. *Ecological Monographs*. 65: 347-370. 1995.
- Carpenter, S., N. F. Caraco, D. L. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley y V. H. Smith. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Issues in Ecology* 3. 1998.
- Ciruna, K. Invasive Alien Species. En: Silk, N. y K. Ciruna (Eds.). *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 2004.
- CSD. Overall Progress Achieved Since the United Nations Conference on Environment and Development. Report of the Secretary-General. Addendum-Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to Development, Management and Use of Water Resources. United Nations Economic and Social Council. 1997.
- Culp, J. M., R. B. Lowell y K. J. Cash. Integrating *in situ* community experiments with field studies to generate weight-of-evidence risk assessments for large rivers. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 19: 1167-1173. 2000.
- Culp, J. M., J. Ciborowski, M. G. Dubé, K. Liber, K. R. Munkittrick y W. R. Parker. *Industrial point source discharges*. *Environment Canada*. 2003. Disponible en: <http://www.nwri.ca/threatsfull/ch10-1-e.html>.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs. Sustainable development Indicators pocket, a selection of the UK Government's indicators of sustainable development. UK. 2004.
- Doran, J. W., J. S. Schepers y N. P. Swanson. Chemical and bacteriological quality of pasture runoff. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1981: 166-171. 1981.
- E&P Forum y UNEP. Environmental management in oil and gas exploration and production. United Kingdom. 1997.
- EEA. Europe's Environment: the Third Assessment. Copenhagen. 2003.
- EPA. The Quality of Our Nation's Water. Office of Water. Washington D.C. 1992.
- EPA. Understanding Oil Spills and Oil Spill Response. U.S.A. 1999.
- EPA. *Environmental Indicators Initiative. Indicator Review Results*. 2003. Disponible en: <http://www.epa.gov/indicators/keydocs.htm>
- Folke, J. 1996. Future directions for environmental harmonization of pulp mills. En: Servos, M.R., K. R. Munkittrick, J. H. Carey y G. J. Van Der Kraak (Eds.). *Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents*. St. Lucie Press. Florida. 1996.
- García, S. M., A. Zerbi, C. Aliaume. T. Do Chi y G. Lasserre. *The ecosystem approach to fisheries*. FAO Fisheries Technical Report. Rome. 2003.
- Gevao, B. y K. C. Jones. Pesticides and persistent organic pollutants. En: Haygarth, P. y S. Jarvis (Eds.). *Agriculture, Hydrology and Water Quality*. London. 2002.
- GESAMP. Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment. Reports and Studies 55. 1995.
- Gitay, H., S. Brown, W. Easterling, B. Jallow. Chapter 5. Ecosystems and Their Goods and Services. En: McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, K. S. White (Eds.). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change. IPCC-Cambridge University Publication Press. 2001.
- Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.
- Harvey, B. Synthesis Report. Primer for Planners. En: UNEP y IDRC. *Blue Millennium: Managing Global Fisheries for Biodiversity*. Victoria, Canada. 2001.
- IPCC. Climate change 2001: synthesis report. IPCC. 2001.
- IPCC. Climate change and biodiversity. IPCC Technical Paper V. IPCC. 2002.
- Miller, R. R., J. D. Williams y J. E. Williams. Extinctions of North American fishes during the past century. *Fisheries*. 14:22-38. 1989.
- NCESD. NCESD. Environmental signals, a report on sustainable development indicators. Greece. 2003.
- OECD. OECD Key Environmental Indicators 2004. France. 2004.
- Ongley, E. D. *Control of water pollution from agriculture*. FAO irrigation and drainage paper 55. Roma. 1996.

- Petr, T. *Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review.* FAO Fisheries Technical Paper. No. 396. Rome, FAO. 2000.
- Platts, W. S. Livestock grazing. En: Meehan, W. R. (Ed.) Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. *American Fisheries Society*. Special Publication 19, Bethesda, Maryland. 1991.
- PNUMA. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Informe sobre los Indicadores Ambientales y de la Sustentabilidad en América Latina y el Caribe. México. 2001.
- PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Costa Rica. 2003.
- Poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks y J. C. Stromberg. The natural flow regime. *Bioscience*. 47(11): 769- 784. 1997.
- Ramsar Convention. *¿Qué son los humedales?* Documento Informativo Ramsar No. 1. Ramsar Convention. 2004. Disponible en: [http://www.ramsar.org/about\\_infopack\\_1s.htm](http://www.ramsar.org/about_infopack_1s.htm)
- Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger, K. Kassem y R. Payne. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Freshwater Systems.* WRI. Washington, D. C. 2000.
- Revenga, C., y Y. Kura. *Status and trends of biodiversity of inland water ecosystems.* CBD Technical Series 11. SCBD. Montreal. 2003.
- Richter, B. D., D. P. Braun, M. A. Mendelson y L. L. Master. Threats to Imperiled Freshwater Fauna. *Conservation Biology*. 11(5): 1081-1093. 1997.
- Ross, S. T. y J. A. Baker. The response of fishes to periodic spring floods in a southeastern stream. *Midland American Naturalist*. 109: 1-14. 1983.
- Schuyt, K. y L. Brander. *The Economic Values of the World's Wetlands.* WWF. Gland/Amsterdam. 2004.
- Shortle, J. S., D. G. Abler y M. Ribaudó. Agriculture and water quality: the issues. En: Shortle, J. S. y D. Abler. *Environmental policies for agricultural pollution control.* Inglaterra. 2001.
- SCBD. Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. Technical Series 10. Montreal. 2003.
- Silk, N. y K. Ciruna (Eds.). *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation.* The Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 2004.
- Statistical Office of Estonia. Indicators of Sustainable development. 2004.
- Tarras-Wahlberg, N. H., A. Flachier, S. N. Lane y O. Sangfors. Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of the total Environment*. 278(1-3):239-61. 2001.
- UN. Division for Sustainable Development Indicators of Sustainable Development. 1999. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/indisd/English/worklist.htm>
- UNDP, UNEP, WB y WRI. World Resources 2000-2001. WRI. 2000.
- UNCS. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies. 1995.
- Vitousek, P. M., J. Aber, R. W. Howarth, G. E. Likens, P. M. Matson, D. W. Schindler, W. H. Schlesinger y D. G. Tilman. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Causes and Consequences. *Issues in Ecology* 1. 1997.
- Welcomme, R. L. River conservation- future prospects. En: Boon, P. J., P. Calow, G. E. Petts (Eds.). *River conservation and management.* John Wiley and Sons. New York. 1992.
- Williams, J. E., J. E. Johnson, D. A. Hendrickson, S. Contreras-Balderas, J. D. Williams, M. Navarro-Mendoza, D.E. McAllister y J. E. Deacon. Fishes of North America endangered, threatened, or of special concern: 1989. *Fisheries* 14(6): 2-20. 1989.
- WCMC. Freshwater Biodiversity: a preliminary global assessment. By Brian Groombridge and Martin Jenkins. World Conservation Press, Cambridge, UK. 1998.

## 6.3 ECOSISTEMAS COSTEROS Y OCEÁNICOS

- Alverson, D. L., M. H. Freeberg, S. A. Murawski y J. G. Pope. *A global assessment of fisheries bycatch and discards.* FAO Fisheries Technical Report 339. FAO. Rome. 1994.
- Arriaga C., L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez R., E. Muñoz L. y V. Aguilar S. *Regiones Prioritarias Marinas de México.* Conabio. México. 1998.
- Barg, U.C. *Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera.* FAO Documento técnico de pesca 328. FAO. Roma. 1995.
- Bryant, D., L. Burke, J. McManus y M. Spalding. *Reefs at Risk. A Map - Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs.* WRI, ICLARM, WCMC y UNEP. U.S.A. 1998.
- Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Coastal Ecosystems.* WRI. Washington, D. C. 2000.
- Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* 2: 1- 16. 1997.
- E&P Forum y UNEP. Environmental management in oil and gas exploration and production. United Kingdom. 1997.
- EEA. Europe's Environment: the Third Assessment. Copenhagen. 2003.
- EPA. Understanding Oil Spills and Oil Spill Response. U.S.A. 1999.
- EPA. State of the Environment Report for South Australia 2003. Adelaide. 2003.
- FAO. Environmental impact of fisheries. Fisheries and Aquaculture Issues Fact Sheet. 2003.
- Freiwald, A., J. H. Fosså, A. Grehan, T. Koslow y J. M. Roberts. *Cold-water Coral Reefs.* UNEP-WCMC. England. 2004.
- García, S. M., A. Zerbi, C. Aliaume. T. Do Chi y G. Lasserre. *The ecosystem approach to fisheries.* FAO Fisheries Technical Report. Rome. 2003.

GESAMP. Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment. Reports and Studies 55. 1995.

GESAMP. A sea of troubles. Reports and Studies 70. 2001.

Gitay, H., M. Lovera, A. Suarez, Y. Tsubaky y R. Watson. Climate change and biodiversity: observed and projected impacts. En: SCBD. Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. Montreal, CBD Technical Series no. 10. 2003.

Godø, O. R., A. Rijnsdorp, U. Dieckmann y M. Heino. *The effects of fishing on the genetic composition of living marine resources*. ICES Annual Report for 2002. Copenhagen. 2003.

Goñi, R. Ecosystems effects of marine fisheries: an overview. *Ocean & Coastal Management* 40:37-64. 1998.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

IPCC. Climate change 2001: synthesis report. 2001.

IPCC. Climate change and biodiversity. Technical Paper V. IPCC. 2002.

Lang, J., P. Alcolado, J. P. Carricart-Ganivet, M. Chiappone, A. Curran, P. Dustan, G. Gaudian, F. Gerales, S. Gittings, R. Smith, W. Tunnell y J. Wiener. Status of the coral reefs of the wider Caribbean. En: Wilkinson, C. (ed.). *Status of coral reefs of the world: 1998*. AIMS. Australia. 1998.

Lewison, R. L., S. A. Freeman y L. B. Crowder. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. *Ecology Letters*. 7: 221-231. 2004.

Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout y F. Bazzaz. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. *Issues in Ecology*. 5: 1- 20. 2000.

NOAA. Oil spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations. U.S.A. 2001.

NOAA. Oil Spills in Mangroves: Planning and Response Considerations. U.S.A. 2002.

NOAA. Oil and Sea Turtles: Biology, Planning and Response. U.S.A. 2003.

Patin, S. *Environmental impact of offshore oil and gas industry*. Ecomonitor Publishing. New York. 1999.

PNUMA. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO 3. Mundi-Prensa. Madrid. 2002.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. PNUMA. Costa Rica. 2003.

Pretch, W. F. y R. B. Aronson. Climate flickers and range shifts of reef corals. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(6): 307-314. 2004.

Roberts, S. y M. Hirshfield. Deep-sea corals: out of sight, but no longer out of mind. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(3): 123-130. 2004.

Rogers, A. *The Biology, Ecology and Vulnerability of Deep-Water Coral Reefs*. IUCN. 2004.

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

Spalding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. *World Atlas of Coral Reefs*. World Conservation Monitoring Centre-UNEP. University of California Press. Berkeley. USA. 2001.

UICN y PNUMA. Manejo de áreas protegidas en los trópicos. Gland, Suiza. 1990.

UNCSD. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies. 1995.

UNDP, UNEP, WB y WRI. World Resources 2000-2001. WRI. 2000. UNEP. *Cold Water Coral Reefs*. 2004. Disponible en: [http://www.unep.org/cold\\_water\\_reefs/comparison.htm](http://www.unep.org/cold_water_reefs/comparison.htm).

UNEP. *Tourism's three main impact areas*. 2002. Disponible en: <http://www.unep.org/pc/tourism/sust-tourism/env-3main.htm>.

Verhulst, S., K. Oosterbeek, A. L. Rutten y B. J. Ens. Shellfish Fishery Severely Reduces Condition and Survival of Oystercatchers Despite Creation of Large Marine Protected Areas. *Ecology and Society* 9(1): 17-26. 2004.

Wilkinson, C. (Comp.). The 1997-1998 mass bleaching event around the world. En: Wilkinson, C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world: 1998*. AIMS. Australia. 1998.

Wilkinson, C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world: 2000*. AIMS. Australia. 2000.

Wilkinson, C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world: 2002*. AIMS. Australia. 2002.

### 6.3.1 ARRECIFES CORALINOS

Bryant, D., L. Burke, J. McManus y M. Spalding. *Reefs at risk. A Map-Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs*. WRI, ICLARM, WCMC y UNEP. U.S.A. 1998.

Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Coastal Ecosystems*. WRI. Washington, D. C. 2000.

GESAMP. Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment. Reports and Studies 55. 1995.

GESAMP. A sea of troubles. Reports and Studies 70. 2001.

Lang, J., P. Alcolado, J. P. Carricart-Ganivet, M. Chiappone, A. Curran, P. Dustan, G. Gaudian, F. Gerales, S. Gittings, R. Smith, W. Tunnell y J. Wiener. Status of the coral reefs of the wider Caribbean. En: Wilkinson, C. (ed.). *Status of coral reefs of the world: 1998*. AIMS. Australia. 1998.

NOAA. Oil spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations. U.S.A. 2001.

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

Spalding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. *World Atlas of Coral Reefs*. World Conservation Monitoring Centre-UNEP. University of California Press. Berkeley. USA. 2001.

UICN y PNUMA. Manejo de áreas protegidas en los trópicos. Gland, Suiza. 1990.

UNCSD. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies. 1995.

UNEP. *Tourism's three main impact areas*. 2002. Disponible en: <http://www.unep.org/pc/tourism/sust-tourism/env-3main.htm>.

Wilkinson, C. (Comp.). The 1997-1998 mass bleaching event around the world. En: Wilkinson, C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world: 1998*. AIMS. Australia. 1998.

Wilkinson, C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world: 2000*. AIMS. Australia. 2000.

Wilkinson, C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world: 2002*. AIMS. Australia. 2002.

## 6.4 ESPECIES

Arriaga C., L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez R., E. Muñoz L. y V. Aguilar S. *Regiones Prioritarias Marinas de México*. Conabio. México. 1998.

Arriaga C., L., V. Aguilar S. y J. Alcocer D. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.

CBD. *Status and trends of Global biodiversity*. Convention on Biological Diversity. 2002. Disponible en: <http://www.biodiv.org/gbo/gbo-pdf.asp>.

Conabio. La diversidad biológica de México: Estudio de país. México. 1998.

Culp, J. M., J. Ciborowski, M. G. Dubé, K. Liber, K. R. Munkittrick y W. R. Parker. *Industrial point source discharges*. *Environment Canada*. 2003. Disponible en: <http://www.nwri.ca/threatsfull/ch10-1-e.html>.

DOF. Ley General de Vida Silvestre. México. 2000 (3 de julio).

EEA. *Europe's Environment: the Third Assessment*. Copenhagen. 2003.

Ehrlich A. H. y P. R. Ehrlich. Causes and consequences of the disappearance of biodiversity. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (Comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. 1992. Conabio. México.

EPA. *The Quality of Our Nation's Water*. Office of Water. Washington D.C. 1992.

EPA. *Understanding Oil Spills and Oil Spill Response*. U.S.A. 1999.

E&P Forum y UNEP. *Environmental management in oil and gas exploration and production*. United Kingdom. 1997.

GESAMP. *Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment*. Reports and Studies 55. 1995.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP WCMC. University of California Press. USA. 2002.

IDNR. *Wildlife management*. 2005. Disponible en: <http://www.iowadnr.com/education/wldmang.html>

Mittermeier, R. y C. Goettsch. La importancia de la biodiversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (Comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. Conabio. México. 1992.

NOAA. *Oil spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations*. U.S.A. 2001.

NOAA. *Oil Spills in Mangroves: Planning and Response Considerations*. U.S.A. 2002.

NOAA. *Oil and Sea Turtles: Biology, Planning and Response*. U.S.A. 2003.

OCDE. *Evaluación del Desempeño Ambiental en México*. Paris. 2003.

PNUMA. GEO 3. *Perspectivas del medio ambiente mundial*. 2002. Disponible en: <http://www.unep.org>.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. *Perspectivas del medio ambiente* 2003. Costa Rica. 2003.

Profepa. *Informe Trienal 1995-1997*. México. 1998.

Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger, K. Kassem y R. Payne. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Freshwater Systems*. WRI. Washington, D. C. 2000.

Semarnap. *Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural, 1997-2000*. México. 1997.

Semarnap. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. *Gaceta ecológica México*. N° 52. México. 1999.

Semarnat. *Ley General de Vida Silvestre*. *Gaceta ecológica N° 55*. México. 2000.

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

Silk, N. Y K. Ciruna (Eds.). *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 2004.

UE. *El esfuerzo de la UE en material de protección de la naturaleza*. Dirección General del Medio Ambiente. 2002.

UNCSD. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies. 1995.

UNDP, UNEP, WB y WRI. *World Resources 2000-2001*. Washington DC, 2000.

UNEP. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press. Cambridge. 1995.

WWF. *Conservación y tráfico de especies*. 2004. Disponible en: [http://www.adena.es/especies\\_trafico.php](http://www.adena.es/especies_trafico.php).

### 6.4.1 CETÁCEOS

Arriaga C., L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez R., E. Muñoz L. y V. Aguilar S. *Regiones Prioritarias Marinas de México*. Conabio. México. 1998.

Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Coastal Ecosystems*. WRI. Washington, D. C. 2000.

CCA. *Avances en la promoción del turismo sustentable en áreas naturales de América del Norte*. Montreal. 2000.

CCC. *Contaminación en carne de cetáceos e impactos negativos a la salud humana*. 2003. Disponible en: [http://www.ccc-chile.org/cd/html/files/ccc\\_contcarnecetaceos.pdf](http://www.ccc-chile.org/cd/html/files/ccc_contcarnecetaceos.pdf).

Constantine, R. Effects of tourism on marine mammals in New Zealand. *Science for Conservation*: 106. Wellington, New Zealand. 1999.

Farmer, T. Whales. UN Atlas of the Oceans. 2002. Disponible en: <http://www.oceansatlas.org>

Fleischer, L. Diagnóstico del recurso vaquita, *Phocoena sinus*. INP-SEMARNAP. *Ciencia pesquera* 13: 83- 85. 1996.

GESAMP. Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment. Reports and Studies 55. 1995.

GESAMP. *A sea of troubles*. Aspects of Environmental Protection. 1995.

GESAMP *A sea of troubles*. Reports and Studies 70. 2001.

INP. Sustentabilidad y Pesca responsable en México evaluación y manejo 1999-2000. México. 2001.

Lusseau, D. The Hidden Cost of Tourism: Detecting Long-term Effects of Tourism Using Behavioral Information. *Ecology & Society*. 9(1): 2. 2004.

Medrano, G. L. y R. J. Urbán. *La ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-2001*. Informe final del Proyecto W024. Conabio. México. 2002.

NOAA. Oil spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations. U.S.A. 2001.

Parsons, C. y S. Dolman. Noise as a problem for cetaceans. En: Simmonds, M., S. Dolman y L. Weilgart (Eds.). *Oceans of Noise 2004*. WDCS Science Report. United Kingdom. 2004.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

Ross, A. y S. Isaac. *The Net Effect? A review of cetacean bycatch in pelagic trawls and other fisheries in the north-east Atlantic*. WDCS Report. United Kingdom. 2004.

SECTUR. Estudio estratégico de viabilidad del segmento de ecoturismo en México. México. 2001.

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

UNCSD. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies. 1995.

UNEP. *Tourism's three main impact areas*. 2002. Disponible en: <http://www.unep.org/pc/tourism/sust-tourism/env-3main.htm>.

Urbán, R. J. *Ecología y genética poblacional de la ballena gris Eschrichtius robustus en la Península de Baja California*. Informe final del Proyecto L229. Conabio. México. 2000.

Urbán, R. J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta y L. T. Findley. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: Cartron, E., G. Ceballos y R. Felger (Eds.). *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern México*. En prensa. 2004.

Varanasi, U., J. E. Stein, K. L. Tilbury, J. P. Meador, C. A. Sloan, D. W. Brown, S. L. Chan y J. Calambokidis. Chemical contaminants in gray whales (*Eschrichtius robustus*) stranded in Alaska, Washington, and California, U.S.A. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-11. 1993.

WDCS. *Chemical Pollution*. Whale and Dolphin Conservation Society. 2005. Disponible en: <http://www.wdcs.org/dan/publishing.nsf/allweb/BI17236C9DE5962980256890005770A0>.

WWF. *La vaquita marina (Phocoena sinus)*. Programa Golfo de California. 2000. Disponible en: <http://www.vaquitamarina.org> y <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/index.php>.

WWF. *New Threats Endanger Great Whales*. 2001. Disponible en: <http://www.actionbioscience.org/biodiversity/wwf.html>.

## 6.4.2 TORTUGAS MARINAS

AIDA. *Pesca incidental*. 2003. Disponible en: <http://www.aida-americas.org/aida.php?page=turtles.bycatch>.

Alverson, D. L., M. H. Freeberg, S. A. Murawski y J. G. Pope. *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. FAO Fisheries Technical Report 339. FAO. Rome. 1994.

Brady, S. L. y J. Boreman. Distribution and Fishery Bycatch of Sea Turtles off the Northeastern United States Coast. En: *Fisheries Bycatch: Consequences and Management*. Alaska Sea Grant College Program Report No. 97-02. University of Alaska. Fairbanks. 1997.

Bouchard, S. y K. A. Bjorndal. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. *Ecology*. 81(8): 2314–2330. 2000.

CITES. *Situación del comercio de la tortuga Carey: un examen del comercio mundial y regional del gran Caribe, incluso el comercio nacional y el comercio de productos distintos de las conchas*. 2001. Disponible en: [http://www.cites.org/esp/prog/HBT/bg/trade\\_status.shtml](http://www.cites.org/esp/prog/HBT/bg/trade_status.shtml).

CITES. *Apéndice I, II y III*. 2003. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/append/index.shtml>.

Conabio. Tortugas marinas en México. *Biodiversitas*. 1(1). México. 1995.

FAO. Environmental impact of fisheries. Fisheries and Aquaculture Issues Fact Sheet. 2003.

García, M. A. y M. A. Hall. Spatial and seasonal distribution of bycatch in the purse seine tuna fishery in the eastern Pacific Ocean. En: *Fisheries Bycatch: Consequences and Management*. Alaska Sea Grant College Program Report No. 97-02, University of Alaska. Fairbanks, 1997.

GESAMP. Biological indicators and their use in the measurement of the condition of the marine environment. Reports and Studies 55. 1995.

Hays, G. C., A. C. Broderick, B. J. Godley, P. Luschi y W. J. Nichols. Satellite telemetry suggests high levels of fishing-induced mortality in marine turtles. *Marine Ecology Progress Series*. 262: 305–309. 2003.

IATTC. *Interacciones de tortugas marinas con pesquerías atuneras y otros impactos sobre poblaciones de tortugas*. 2004. Disponible en: <http://www.iatcc.org/>.

IUCN. *La lista Roja de Especies Amenazadas*. 2002. Disponible en: <http://www.redlist.org/>.

INP. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo 1999-2000. México. 2001.

Lewison, R. L., L. B. Crowder y D. J. Shaver. The impact of turtle excluder devices and fisheries closures on loggerhead and kemp's ridley strandings in the western Gulf of Mexico. *Conservation Biology* 17: 1089-1097. 2003.

Lewison, R. L., S. A. Freeman y L. B. Crowder. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. *Ecology Letters*. 7: 221-231. 2004.

NOAA. NOAA Fisheries. Office of Protected Resources. 2004. Disponible en: <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/>.

PNUMA. *Las tortugas del Caribe, próximas a extinción, alerta estudio*. 2004. Disponible en: <http://www.pnuma.org/maillinglist.html>.

Semarnap. Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural, 1997-2000. México. 1997.

Semarnap-INE. Estrategia Nacional de Vida Silvestre logros y Metas del Desarrollo Sustentable, 1995-2000. México. 2000.

Semarnat-Profepa. Programa de inspección y vigilancia para la protección y conservación de la tortuga marina. México. 2003.

Semarnat. Dirección General de Vida Silvestre. *Campamentos tortugueros que operan en el país*. 2004. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/>.

Traffic. *Priority Species: Marine Turtles*. 2004. Disponible en: <http://www.traffic.org/seaturtlesfile.html>.

UICN y PNUMA. Manejo de áreas protegidas en los trópicos. Gland, Suiza. 1990.

UNCSD. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies. 1995.

## CAPÍTULO 7. RECURSOS FORESTALES

Baltic 21. Agenda 21 for the Baltic Sea Region. Development in the Baltic Sea Region towards the Baltic 21 Goals - an indicator based assessment. Series No. 2/2000. Estocolmo. 2000.

Brack, D. *Illegal logging*. The Royal Institute of International Affairs. 2005.

Brown, K. A. y J. Gurevitch. Long-term impacts of logging on forest diversity in Madagascar. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 10(16): 6045-6049. 2004.

Bryant, D., D. Nielsen y L. Tangle. *Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge*. Research Report. World Resources Institute. Washington, DC. 1997.

Castillo, M., P. Pedernera y E. Peña. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*. XIX (3 y 4). 2003.

CITES. *Bigleaf Mahogany Swietenia macrophylla*. Species Survival Network. 2005. Disponible en: [www.specieessurvivalnetwork.org](http://www.specieessurvivalnetwork.org).

Cochrane, M. *Se extienden como un reguero de pólvora. Incendios en bosques tropicales en América Latina y el Caribe: prevención, evaluación y alerta temprana*. PNUMA. Distrito Federal, México. 2002.

Comisión Europea. Significado de FLEGT para los Países Miembros de la UE. FLEGT. EU Action Plan for Forest Law Enforcement, Governance and Trade (FLEGT), Nota informativa número 2. 2004.

Conabio. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. México. 1998.

Conafor. *Programa Nacional de Sanidad Forestal 2003*. Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/sanidad/](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/sanidad/)

Conafor. *México implementa una técnica avanzada para monitorear al insecto descortezador*. 2004. Disponible en [http://www.conafor.gob.mx/revista\\_forestal/pdf%20articulos/Vol%207/Enero\\_Febrero/22%20a%2025%20CONAFOR.pdf](http://www.conafor.gob.mx/revista_forestal/pdf%20articulos/Vol%207/Enero_Febrero/22%20a%2025%20CONAFOR.pdf).

Danish Government. Key Indicators 2003. Denmark's National Strategy for Sustainable Development, a shared future – balanced development. Copenhagen. 2003.

DEFRA. Sustainable development Indicators pocket, a selection of the UK Government's indicators of sustainable development. United Kingdom. 2004.

EPA. EPA's Draft Report on Environment 2003. U.S.A. 2003.

FAO. The Challenge of Sustainable Forest Management. What future for the world's forests?. Rome, Italy. 1993.

FAO. Situación de los Bosques del Mundo. Parte I Situación y Acontecimientos Recientes en el Sector Forestal. 2003.

FAO. Situación de los Bosques del Mundo. Situación y acontecimientos recientes en el sector forestal. Estudio FAO. Roma, Italia. 2003.

FAO. Situación de los Bosques del Mundo. Los Bosques y la Reducción de la Pobreza. 2003.

FAO. *State of the World's Forests 2005*. Rome, Italy. 2005.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press. USA. 2002.

Matthews, E., R. Payne, M. Rohweder y S. Murray. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Forest Ecosystems*. WRI. Washington, D. C. 2000.

NCESD. Environmental signals, a report on sustainable development indicators. Greece. 2003.

OECD. OECD Key Environmental Indicators. France. 2004.

PNUMA GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Oficina regional para América Latina y el Caribe. México. 2003.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

RIIA. El control de la importación de madera ilegal: opciones para Europa. 2002.

SARH. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. *Inventario Forestal Nacional Periódico 1994*. Memoria Nacional. México. 1994.

## CAPÍTULO 8. RECURSOS PESQUEROS

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

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

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

Semarnat. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002. México. 2003.

Semarnat, Conafor, Conanp, Conabio, INE, C. P. Chapingo, Inifap e INEGI. Proceso de Montreal. Aplicación de los Criterios e Indicadores para el manejo forestal sustentable. Informe de México. México. 2003.

Semarnat. *Anuario Estadístico de Producción Forestal 2002*. México. 2003b.

Templeton, A. R., K. Shaw, E. Routman y S. Davis. The genetic consequences of habitat fragmentation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 77: 13–27. 1990.

TRAFFIC. Big-leafed Mahogany and CITES. Briefing for CITES Mahogany Working Group, Santa Cruz, Bolivia. Since this paper was completed, the 12th Conference of TRAFFIC Network, October 2001, Quito, Ecuador. 2001.

Turner, N. J. "Doing it right": Issues and practices of sustainable harvesting of non-timber forest products relating to First Peoples in British Columbia. *B.C. Journal of Ecosystems and Management*. 1(1): 1–11. 2001.

UN. *Indicators of Sustainable Development*. 1999. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/indis/english/worklist.htm>.

UNEP-WCMC. *Tree Conservation Information Service*. 2005. Disponible en: <http://www.unep-wcmc.org/trees/index.html>.

WB. Expanding the measure of wealth indicators of environmentally sustainable development. Environmentally sustainable development studies and monographs series No. 17. U. S. A. 1997.

White, G. M., D. H. Boshier y W. Powell. Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: An example from *Swietenia humilis* Zuccarini. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99(4): 2038–2042. 2002.

WRI. Las últimas fronteras forestales: Ecosistemas y economías en el límite. E.U.A. 1997.

WWF. *Tala ilegal y crímenes forestales*. 2004. Disponible en [http://www.wwfperu.org.pe/que\\_hacemos/bosques/manejar/Talallegal.htm](http://www.wwfperu.org.pe/que_hacemos/bosques/manejar/Talallegal.htm).

Young, A., T. Boyle y T. Brown. The population genetics of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology and Evolution*. 11: 413–418. 1996.

Alverson, D. L., M. H. Freeberg, S. A. Murawski y J. G. Pope. *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. FAO Fisheries Technical Report 339. FAO. Rome. 1994.

Arriaga C., L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez R., E. Muñoz L. y V. Aguilar S. *Regiones Prioritarias Marinas de México*. Conabio. México. 1998.

Arriaga, C., L., V. Aguilar S. y J. Alcocer D. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.

CEC. Community action plan for the eradication of illegal, unreported and unregulated fishing. Bruselas, Bélgica. 2002.

CEE. Comisión de Pesca. *Tabla de indicadores sobre el cumplimiento de la política pesquera común*. 2003. Disponible en: [http://europa.eu.int/comm/fisheries/scoreboard/index\\_es.htm](http://europa.eu.int/comm/fisheries/scoreboard/index_es.htm).

Collares-Pereira, M. J. e I. G. Cowx. The role of catchment scale environmental management in freshwater fish conservation. *Fisheries Management & Ecology*. 11(3–4): 303–312. 2004.

Conabio. *La Diversidad Biológica de México: Estudio de País*. México. 1998.

EEA. *Europe's Environment: the Third Assessment*. Copenhagen. 2003.

FAO. Orientaciones técnicas para la pesca responsable: Enfoque precautorio para la pesca de captura y la introducción de especies 2. 1997. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/003/W3592S/W3592S00.HTM>.

FAO. Indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. N.º. 8. Roma, Italia. 2000.

FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2002*. Roma. 2002.

FAO. Environmental impact of fisheries. Fisheries and Aquaculture Issues Fact Sheet. 2003.

Galindo, I. Dinámica de población y desarrollo sustentable. En: Toledo, G. y M. Leal (Eds.). *Destrucción del hábitat*. UNAM-Programa Universitario del Medio Ambiente. México. 1998.

García, S. M., A. Zerbi, C. Aliaume, Do Chi, T. y G. Lasserre. *The ecosystem approach to fisheries*. FAO Fisheries Technical Report. Rome. 2003.

GESAMP. *A sea of troubles*. Reports and Studies 70. 2001.

Godø, O. R., A. Rijnsdorp, U. Dieckmann y M. Heino. *The effects of fishing on the genetic composition of living marine resources*. ICES Annual Report for 2002. Copenhagen. 2003.

Goñi, R. Ecosystems effects of marine fisheries: an overview. *Ocean & Coastal Management*. 40: 37–64. 1998.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

Jackson, J. B. C., M. X. Kirby, W. H. Berger, K. A. Bjorndal, L. W. Botsford, B. J. Bourque, R. H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J. A. Estes, T. P. Hughes, S. Kidwell, C. B. Lange, H. S. Lenihan, J. M. Pandolfi, C. H. Peterson, R. S. Steneck, M. J. Tegner y R. R. Warner. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*. 293: 629-638. 2001.

OECD. Towards Sustainable Development. Environmental Indicators. Paris, France. 1998.

PNUMA. *GEO América Latina y el Caribe*. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Costa Rica. 2003.

Sagarpa. Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006. México. 2001.

Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca*. México. 2000, 2001 y 2002.

Sagarpa. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación (15 de marzo de 2004). México. 2004.

Schmidt, C. C. *Addressing Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing*. International Fisheries Compliance Conference. Brussels. 2004. Disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/0/21/34029751.pdf>.

Sepesca. Ley de Pesca. Diario Oficial de la Federación (25 de junio de 1992). México 1992.

Semarnap. Reglamento de la Ley de Pesca. Diario Oficial de la Federación (29 de septiembre de 1999). México 1999.

Semarnap. La Gestión Ambiental en México. México. 2000.

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

Shiva, V. Impactos ambientales nocivos. *World Rainforest Movement*. 51: 1-2. 2001.

Esta publicación consta de 3 000 ejemplares  
y se terminó de imprimir en Agosto de 2005  
en

México.