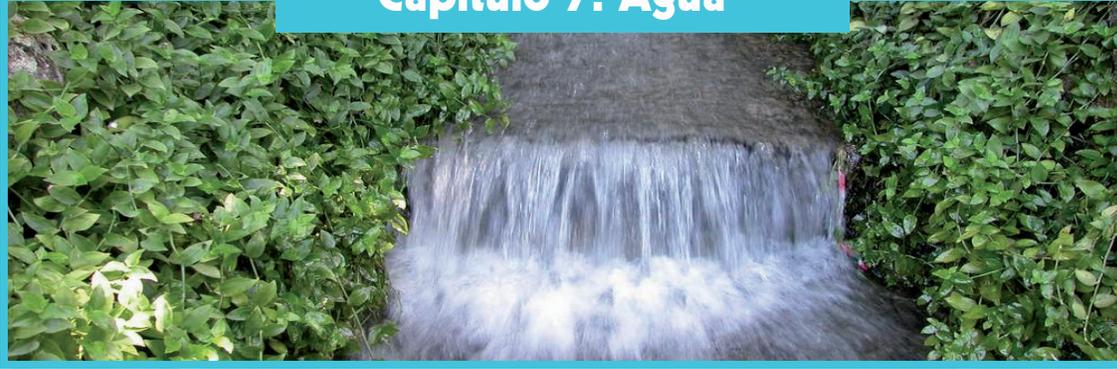




Capítulo 7. Agua

Capítulo 7. Agua

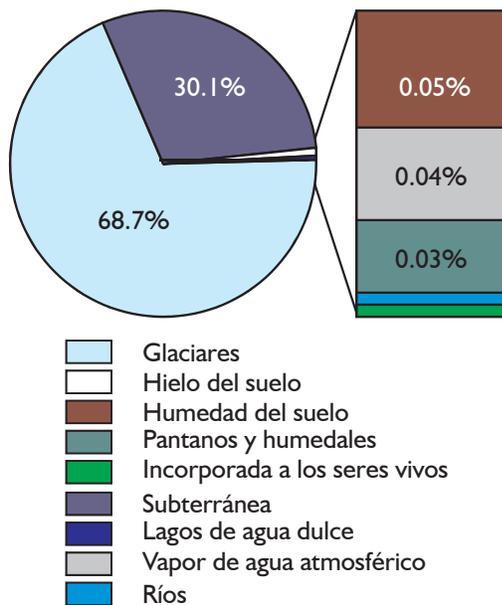


Si bien es cierto que existe una cantidad considerable de agua en el planeta, estimada en 1 400 millones de km³, sólo 2.5% es agua dulce y la mayor parte de ésta se encuentra en forma de hielo o en depósitos subterráneos de difícil acceso (Figura 7.1). De esta manera, el agua disponible para las actividades humanas se reduce, en teoría y en el mejor de los casos, a 0.01% del total. Además, esta mínima porción de agua frecuentemente se localiza en

lugares inaccesibles o está contaminada, lo que dificulta su aprovechamiento (PNUMA, 2002).

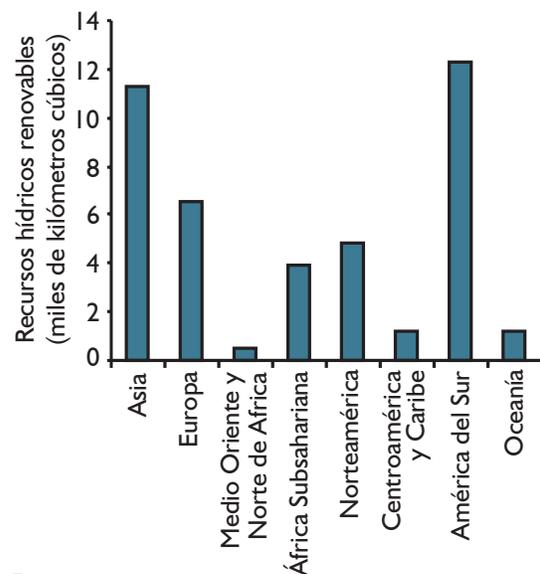
A nivel mundial, existen diferencias notables con respecto a la cantidad de agua disponible en cada región. Las regiones de Asia y América del Sur cuentan con recursos hídricos superiores a los 10 mil km³, en contraste con las de Medio Oriente y Norte de África, Oceanía, Centroamérica y Caribe, cuyos recursos hídricos renovables no alcanzan los 2 mil km³ (Figura 7.2).

Figura 7.1 Distribución del agua dulce en el mundo



Fuente:
Elaboración propia con datos de: PNUMA.
Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3.
Grupo Mundi-Prensa. España. 2002.

Figura 7.2 Recursos hídricos renovables internos en el mundo



Fuente:
Elaboración propia con datos de: FAO. *Aquastat Information System on Water and Agriculture.* 2005. Disponible en <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/main/>



Bajo estas circunstancias, el agua es considerada como un factor crítico para el desarrollo de las naciones y, de hecho, quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable (FNUAP, 2001), ya que no sólo es indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad sino también para el funcionamiento de los ecosistemas del planeta. De ahí la importancia de contar con información confiable acerca de la cantidad y calidad de este recurso, en términos de su disponibilidad, usos y grado de deterioro.

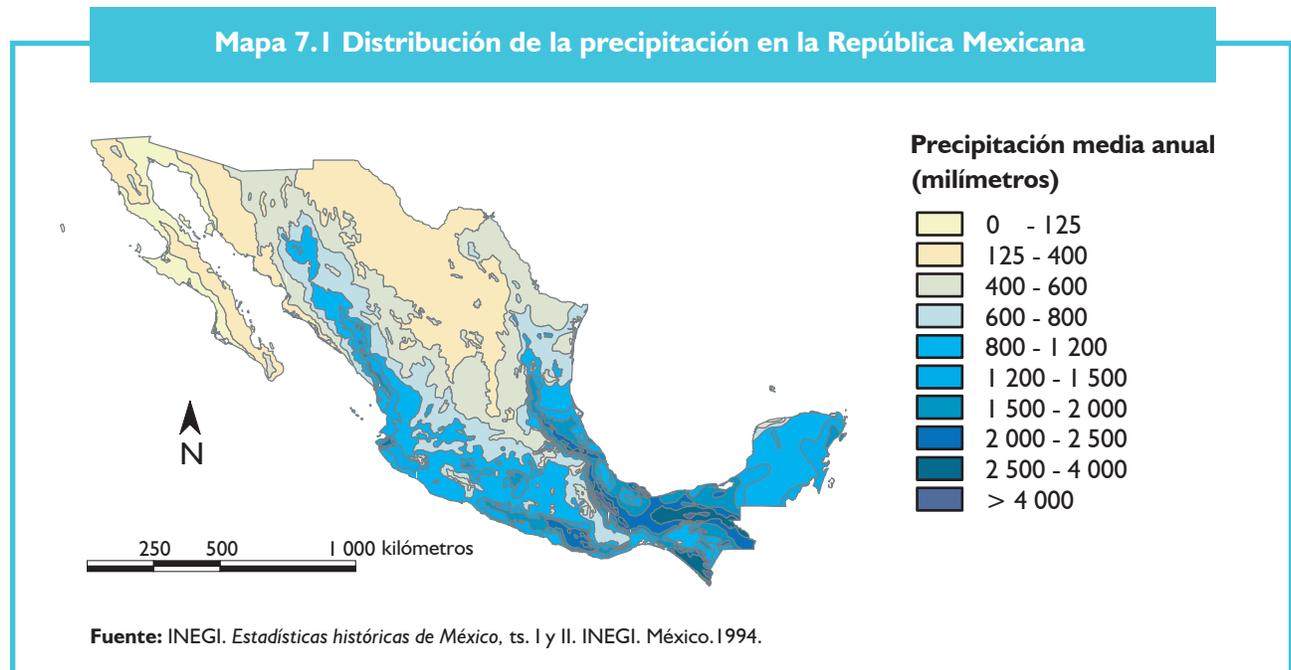
En México, el análisis de la situación del agua puede abordarse a diferentes escalas. Una evaluación global del país puede ser útil para la comparación con otros países o para medir el desempeño y compromisos adquiridos como nación, por ejemplo, con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), de la que México es miembro desde 1994. Sin embargo, un análisis a esta escala resulta de utilidad limitada para identificar los problemas locales y, por consiguiente, diseñar los programas pertinentes al interior del país. La alta heterogeneidad tanto ambiental como social que presenta el país, requiere un análisis a nivel regional o estatal que permita una evaluación más acorde con posibles estrategias de uso y manejo del

líquido. En este contexto, a continuación se examina la situación del agua en México considerando los niveles de país, región y estado, en función de la información disponible y su relevancia.

Las características físicas del territorio nacional producen condiciones hidrológicas muy particulares; su tamaño relativamente grande (casi dos millones de kilómetros cuadrados), la influencia que tienen los 11 208 km de costa tanto en el Pacífico como en el Atlántico, su ubicación geográfica, en particular en relación con los grandes cinturones de vientos y la trayectoria de los huracanes, su complicada topografía —en gran parte resultado de la actividad tectónica ocurrida durante el Cenozoico— y su relieve sumamente accidentado con grandes variaciones altitudinales, ocasionan intensos contrastes en la disponibilidad de agua en el país. Así, más de la mitad del territorio está ocupado por zonas áridas y semiáridas, donde las lluvias son escasas, aunque también existen amplias zonas húmedas y subhúmedas en el sureste (Mapa 7.1).

La mayor parte del territorio mexicano (66%) presenta régimen de lluvias de verano, donde la precipitación se concentra marcadamente en los meses de junio a septiembre, mientras que en

Mapa 7.1 Distribución de la precipitación en la República Mexicana



la temporada de invierno las lluvias son escasas (menores a 10% del total). El régimen de lluvias intermedio cubre 31% del país y corresponde a la frontera norte y a las zonas de mayor precipitación en el trópico mexicano. Finalmente, una pequeña porción ubicada en la parte norte de la vertiente del Pacífico de la Península de Baja California tiene régimen de lluvias de invierno, que se concentran en los meses fríos del año.

Variación espacial y temporal

La precipitación promedio anual en México durante el periodo 1941-2004 fue de 773 mm, la que se considera abundante (OCDE, 1998). Sin embargo, esta cifra promedio resulta poco representativa de la situación hídrica del país, ya que existe una alta heterogeneidad espacial y temporal. Así, en estados como Baja California Sur, apenas se registran 177 mm de lluvia en promedio, mientras que en Tabasco la precipitación es más de 13 veces superior (Cuadro D3 AGUA01 01). Los estados localizados en la zona norte ocupan cerca de 50% de la superficie del país y contribuyen con sólo un poco más de 25% del agua que ingresa al país por lluvia, mientras que los estados localizados en la parte sur (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán y Guerrero), con sólo 24% de la superficie nacional, reciben 45% de la lluvia (Tabla 7.1).

A nivel de regiones hidrológicas administrativas –una división del país que establece la Comisión Nacional del Agua (CNA) con base en criterios hidrológicos (Mapa 7.2) –, las diferencias también son muy claras. Las regiones I, II, III y VI, localizadas en la parte norte del país y que comprenden 45% del territorio nacional, reciben 26.2% de la precipitación, en contraste con las regiones administrativas IV, V, X, XI y XII, situadas en la parte sur del país, que ocupan 27.5% del territorio y reciben en promedio 49.6% de la lluvia (Tabla 7.2).

De la misma manera que el valor de 773 mm de precipitación promedio no refleja la heterogeneidad al interior del país, tampoco muestra las altas variaciones que ocurren entre los años. Por ejemplo, de 1990 a 1993 la precipitación fue casi 14% superior al promedio, mientras que en 1994, 1996 y 1997 estuvo muy por debajo de los 773 mm (7.1, 14 y 10.5%, respectivamente). De hecho, considerando a todo el país entre 1994 y 2002, la precipitación promedio estuvo por debajo de la media histórica, mientras que en los años 2003 y 2004 fue superior a la media (3 y 13 % respectivamente) (Figura 7.3).

No obstante esta tendencia general, existen diferencias importantes entre los estados de la República Mexicana con respecto al agua que han

Tabla 7.1 Superficie y contribución proporcionales de la precipitación de los estados del norte y sur de la República Mexicana, 1941-2004

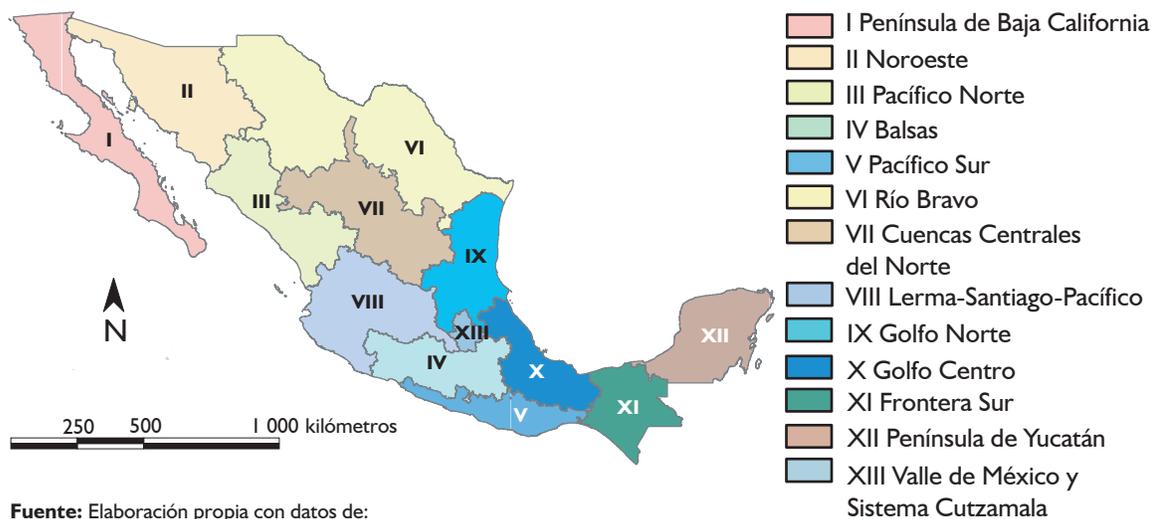
Norte	Superficie	Precipitación	Sur	Superficie	Precipitación
Estado	(%)	(%)	Estado	(%)	(%)
Baja California	3.65	0.96	Campeche	2.91	4.41
Baja California Sur	3.77	0.86	Chiapas	3.76	9.56
Coahuila	7.69	3.25	Oaxaca	4.75	9.34
Chihuahua	12.55	6.91	Quintana Roo	2	3.53
Nuevo León	3.3	2.53	Tabasco	1.26	3.93
Sinaloa	2.98	2.93	Veracruz	3.68	7.06
Sonora	9.22	5.02	Yucatán	2.22	2.86
Tamaulipas	4.07	4.07	Guerrero	3.31	4.64
Total	47.23	26.53	Total	23.89	45.34

Fuente:

Elaboración propia con datos de: CNA. *Sistema Meteorológico Nacional*. CNA. México. 2005.



Mapa 7.2 Regiones hidrológicas administrativas



Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. México. 2005.

Tabla 7.2 Superficie y precipitación media anual por región hidrológica administrativa, 1941-2004

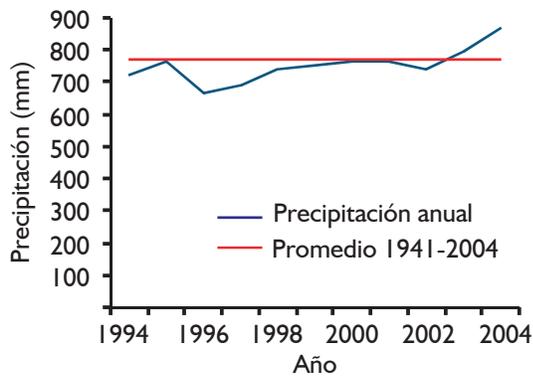
Región hidrológica administrativa	Superficie (miles de km ²)	Precipitación	
		(mm)	(km ³)
I Península de Baja California	145.5	202	29.4
II Noroeste	205.3	464	95.3
III Pacífico Norte	151.9	759	115.3
IV Balsas	119.2	963	114.8
V Pacífico Sur	77.1	1282	98.8
VI Río Bravo	379.6	414	157.2
VII Cuencas Centrales del Norte	202.4	394	79.7
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	190.4	854	162.6
IX Golfo Norte	127.2	816	103.8
X Golfo Centro	104.6	1891	197.8
XI Frontera Sur	101.8	2260	230.1
XII Península de Yucatán	137.8	1163	160.3
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	16.4	737	12.1
Nacional	1959.2	773	1514.5

Fuente: CNA. *Estadísticas del Agua en México, 2005*. CNA. México. 2005.

recibido por lluvia en los últimos años. En el último siglo se presentaron cuatro grandes periodos de sequía: 1948-1952, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996, y una sequía severa en 1998, que afectaron principalmente a los estados del norte del país. La

sequía es un fenómeno que causa estragos en las actividades económicas, en especial las del sector primario, como la agricultura y la ganadería. En este tipo de fenómeno las consecuencias pueden prolongarse por meses o años debido a sus efectos

Figura 7.3 Precipitación promedio anual, 1994-2004



Fuente:

Elaboración propia con datos de: CNA. *Sistema Meteorológico Nacional*. México. 2005.

en las condiciones de la tierra, que no permiten el desarrollo de la producción agrícola ni ganadera.

Los estados del territorio nacional donde se presentan con mayor frecuencia las sequías están localizados al norte. En orden de severidad de sus efectos desfavorables se encuentran: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala. Entre los años 2000 y 2003, 18 estados fueron afectados por sequía. De acuerdo con Cenapred, éstos sufrieron pérdidas económicas valuadas en más de 1 800 millones de pesos. Tan sólo en 2002 y 2003, casi un millón de hectáreas de cultivo fueron afectadas y se perdieron más de 13 mil cabezas de ganado. Los estados más afectados en estos últimos años fueron Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, Veracruz y Sonora (Cenapred, 2001, 2002, 2003, 2004).

En México se presentan alrededor de 25 ciclones al año, con vientos mayores a 63 kilómetros por hora, repartidos en las costas del Pacífico (60%) y el Atlántico (40%), de los cuales cuatro, en promedio, tienen efectos importantes sobre el territorio (Cuadro DI DESASTRE00 01). La ocurrencia de

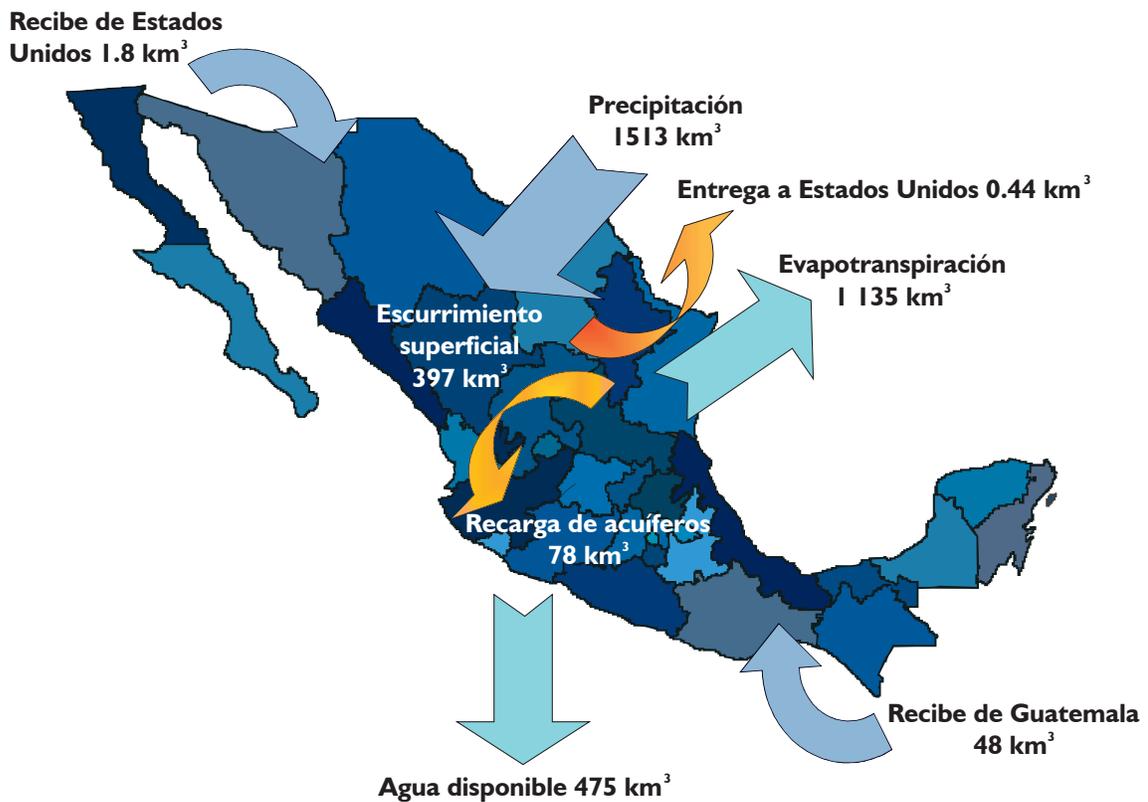
ciclones tropicales se concentra entre los meses de mayo a noviembre y genera lluvias intensas en cortos periodos que incrementan sustancialmente la cantidad de lluvia que reciben las entidades. Por ejemplo, en noviembre de 1993, en San José del Cabo, Baja California Sur, ocurrió una precipitación de 632 mm en un solo día, valor que es 3.5 veces mayor que la precipitación total anual promedio del estado. Cabe señalar que el agua que ingresa por estos meteoros, además de que frecuentemente ocasiona problemas de inundaciones y daños a las poblaciones asentadas cerca de las costas, no es aprovechable en muchos casos, ya que escurre muy rápidamente vertiéndose al mar.

Balance de agua

El volumen total de agua que obtiene el país por precipitación cada año es de 1 513 km³ en promedio, pero la mayor parte (73%) regresa a la atmósfera por evapotranspiración (1 135 km³). Además del agua por precipitación, México recibe 48 km³ provenientes de Guatemala y 1.8 km³ del río Colorado y, a su vez, entrega 0.44 km³ del río Bravo a Estados Unidos de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales firmado entre los dos países en 1944. De esta forma, el balance general muestra que la disponibilidad media natural de México es de 475 km³ de agua en promedio al año (Figura 7.4); valor superior al de la mayoría de los países europeos, pero muy inferior si se compara con Estados Unidos (2 071 km³), Canadá (2 902 km³) o Brasil (8 233 km³) (FAO, 2005).

Debido a que el volumen de agua que se recibe por precipitación es diferente año con año, la disponibilidad de líquido también muestra variaciones temporales y espaciales importantes. Una aproximación de la variación en la disponibilidad de agua que ha tenido México de 1995 a la fecha, si se considera que la evapotranspiración es del orden de 1 135 km³ y no cambia significativamente entre años, muestra que en 1996 se tuvo cerca de 50% menos agua disponible, mientras que en 2003 y 2004 el volumen de agua disponible fue mayor en 10 y 45%, respectivamente, con respecto al promedio histórico.

Figura 7.4 Balance de agua en México



Fuente:
CNA. Estadísticas del agua en México 2005. México, 2005.

Del total de agua disponible, 84% (397 km³ en promedio) escurre superficialmente y el resto (78 km³) se incorpora a los acuíferos. El escurrimento superficial también muestra variaciones importantes en el país. En la región de la frontera sur escurre cerca de 35% del total nacional, encauzado básicamente por los ríos Grijalva y Usumacinta, mientras que en las penínsulas de Baja California y Yucatán el escurrimento superficial es mínimo y no llega a 1%, aunque por diferentes causas: en Baja California por su escasa precipitación y en Yucatán por su poco relieve y sustrato permeable que no facilitan la formación de escurrimentos superficiales de importancia –no obstante, en la planicie yucateca sí se favorece la recarga de agua subterránea (Tabla 7.3, Cuadro D3 AGUA01 04).

La mayor parte de los escurrimentos superficiales se canalizan por los grandes ríos de México. Los siete ríos principales (Grijalva, Usumacinta, Papaloapan, Pánuco, Coatzacoalcos, Balsas y Lerma-Santiago) captan, en conjunto, más de 70% del escurrimento superficial (Cuadro D3 AGUA01 05). Debido al régimen climático del país, casi todos los ríos muestran una diferencia notable en el volumen de agua que acarrearán en las épocas de lluvias y de secas. La variación se ve acentuada por las obras de retención de líquido e irrigación, de tal manera que muchos de los ríos que antes eran permanentes ahora se vuelven intermitentes, por lo menos en algunas partes de su recorrido, o han visto disminuido su caudal de manera notable (Figura 7.5) (Conabio, 1998), lo que trae consigo alteraciones a los ecosistemas acuáticos y costeros.

Tabla 7.3 Disponibilidad natural, escurrimiento superficial y recarga de agua subterránea en las regiones hidrológicas administrativas del país, 2004

Región hidrológica administrativa	Disponibilidad natural media total (hm ³ /año)	Escurrimiento natural medio superficial total ^a (hm ³ /año)	Recarga de acuíferos (hm ³)
I Península de Baja California	4 423	3 012	1 411
II Noroeste	8 213	5 459	2 754
III Pacífico Norte	24 839	22 159	2 680
IV Balsas	28 924	24 944	3 980
V Pacífico Sur	32 508	30 799	1 709
VI Río Bravo	14 182	8 962	5 219
VII Cuencas Centrales del Norte	6 841	4 729	2 112
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	36 977	29 594 ^b	7 383
IX Golfo Norte	23 347	22 070	1 277
X Golfo Centro	102 544	98 930	3 614
XI Frontera Sur	158 260	139 839	18 421
XII Península de Yucatán	29 646	4 330	25 316
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	3 934	1 996 ^c	1 938
Nacional	474 638	396 823	77 814

^a Incluye importaciones y excluye exportaciones.

^b Datos preliminares. En esa región aún no están concluidos los estudios al 100%.

^c Se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México.

Fuente:

CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. CNA. México. 2005.

La capacidad de almacenamiento proporcionada por la infraestructura hidráulica del país es de 150 km³. De las 4 000 presas existentes, 667 están clasificadas como grandes presas de acuerdo con los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Presas. La capacidad de almacenamiento conjunto equivaldría a 37% del escurrimiento promedio anual del país; sin embargo, en realidad cerca de 80% del agua se descarga al mar sin ningún aprovechamiento. Si bien las grandes presas podrían aportar agua en las temporadas desfavorables del año, su principal función está centrada en la generación de energía eléctrica y el control de avenidas (por ejemplo, La Angostura, El Malpaso e Infiernillo); en menor medida, y sobre todo en el norte del país, las presas se utilizan para proveer de agua a las actividades agrícolas (Cuadro D3 AGUA01 07). De hecho, sólo 18% del volumen de almacenamiento del país se

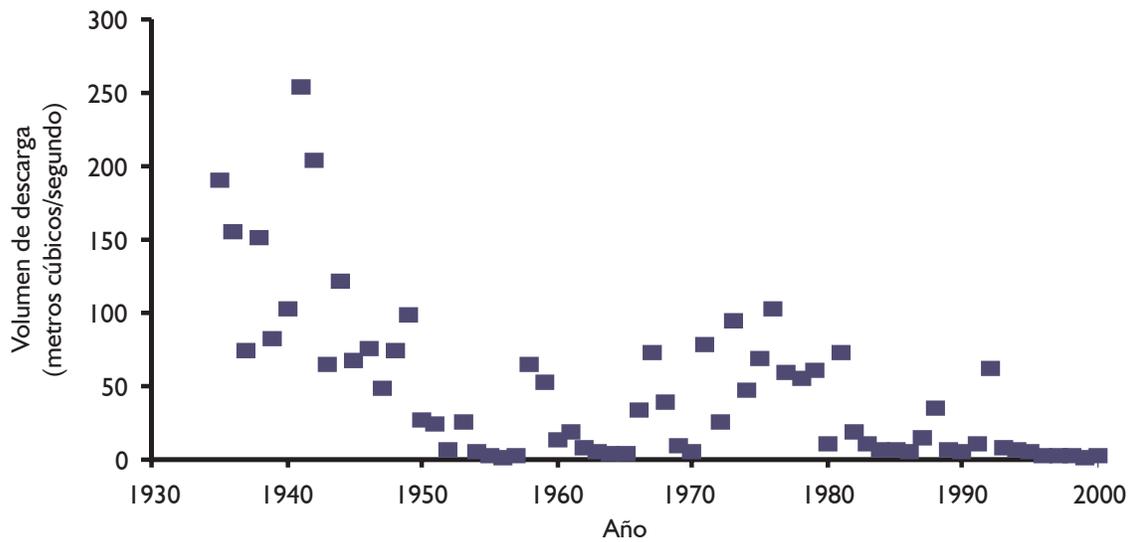
ubica en zonas por arriba de los 500 metros sobre el nivel del mar, siendo que en éstas habita más de 75% de la población y se localizan las mayores superficies de riego del país. El volumen de agua almacenado en lagos y lagunas es pequeño (poco más de 6 500 hm³), ya que México no cuenta con lagos extensos y profundos (Cuadro D3 AGUA01 06).

Agua subterránea

El número de acuíferos reportados en el país en el año 2004 fue de 653, distribuidos en todo el territorio nacional. El volumen estimado de agua que se extrae de los acuíferos es de 26.7 km³/año, cantidad 12% superior al volumen extraído en 1992. Este volumen corresponde a 34% de la recarga anual estimada para el país, lo que indicaría un balance positivo y, en teoría, todavía una reserva



Figura 7.5 Descarga en la desembocadura del Río Bravo, 1934-2000



Fuente:

Elaboración propia con datos de: The Global Runoff Data Centre. *Long Term Mean Monthly Discharges and Annual Characteristics of Selected GRDC Stations*. Koblenz, Germany, 2005. Disponible en: <http://grdc.bafg.de>

aprovechable importante. Sin embargo, a nivel regional la situación es muy diferente, las regiones Península de Baja California, Golfo Norte y Cuencas Centrales del Norte tienen déficits estimados de 6, 14 y 30%, respectivamente, y la región Lerma-Santiago-Pacífico tiene un balance prácticamente de cero (1% de sobreexplotación) (Tabla 7.4, Cuadro D3 AGUA02 01).

El problema de la sobreexplotación de los acuíferos es grave. En 1975 existían 32 acuíferos sobreexplotados, cifra que se elevó a 36 en 1981, 80 en 1985 y 104 en 2004 (CNA, 2005), lo que representa ya 16% del total de acuíferos registrados en el país. Los acuíferos sobreexplotados se concentran en las regiones de Baja California, Noroeste, Cuencas Centrales del Norte, Río Bravo y Lerma-Santiago-Pacífico (Mapa 7.3). Además de la sobreexplotación, 16 acuíferos tienen problemas de intrusión salina (12 de ellos están sobreexplotados), sobre todo aquellos que se localizan en las costas de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Veracruz y Colima. En amplias zonas de riego la sobreexplotación de los acuíferos ha acarreado que los niveles de agua subterránea se hayan abatido

decenas de metros, como es el caso de los acuíferos de Maneadero y Camalú en Baja California, que tienen registradas disminuciones del nivel estático de más de 12 metros en la zona cercana a la costa, lo que además ha favorecido la intrusión salina.

El uso racional del agua subterránea es indispensable, ya que cada vez un número mayor de regiones dependerá de sus reservas almacenadas en el subsuelo como la principal –y quizá única– fuente de líquido. Sin duda, en el futuro los acuíferos se convertirán en un recurso patrimonial estratégico (CNA, 2001). De hecho, en la actualidad 70% del agua que se suministra a las ciudades proviene de acuíferos y con ésta se abastece a alrededor de 75 millones de personas (55 millones en ciudades y 20 millones en comunidades rurales).

Disponibilidad del agua

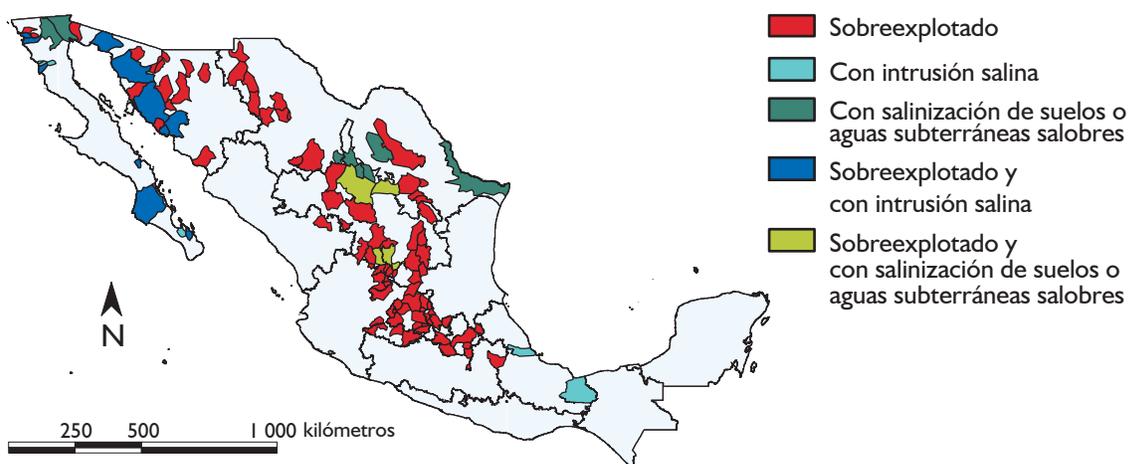
Por la importancia del agua como un recurso que puede ser limitante para el desarrollo económico y social de los países, en los últimos años se han intensificado los estudios para cuantificar la disponibilidad del líquido.

Tabla 7.4 Características de los acuíferos en la República Mexicana por región hidrológica administrativa, 2004

Región hidrológica administrativa	Recarga de acuíferos (hm ³ /año)	Extracción total (hm ³ /año)	Número de acuíferos			
			Total	Sobre-explotados	Intrusión salina	Con salinización de suelos y aguas subterráneas salobres
I Península de Baja California	1 411	1 493	87	7	9	4
II Noroeste	2 754	2 736	63	18	5	0
III Pacífico Norte	2 680	945	24	1	0	0
IV Balsas	3 980	2 242	43	2	0	0
V Pacífico Sur	1 709	237	38	0	0	0
VI Río Bravo	5 219	4 115	97	16	0	4
VII Cuencas Centrales del Norte	2 112	2 737	71	24	0	8
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	7 383	7 487	127	29	1	0
IX Golfo Norte	1 277	1 458	41	3	0	0
X Golfo Centro	3 614	592	21	0	2	0
XI Frontera Sur	18 421	525	23	0	0	0
XII Península de Yucatán	25 316	1 448	4	0	0	1
XIII Valle de México	1 938	1 915	14	4	0	0
Nacional	77 814	27 930	653	104	17	17

Fuente: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. CNA. México. 2005.

Mapa 7.3 Situación de los acuíferos por región hidrológica administrativa, 2003



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



Existen diversas formas para estimar la disponibilidad de agua de un país o región, pero la precisión y el realismo del valor calculado dependen mucho de la información con que se cuente. Una aproximación muy gruesa es la precipitación total. En este sentido, los 773 mm de precipitación anual que recibe el país lo clasifican en la categoría de países con abundante disponibilidad de agua. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la alta tasa de evapotranspiración disminuye en forma significativa el volumen de agua disponible. La evapotranspiración promedio estimada para México, es de aproximadamente 1 135 km³ (75% de la precipitación total) y resulta menor que la de África (80%) pero mayor que las de Europa (64%), Asia (56%) o Australia (64%) (PNUMA, 2002). De acuerdo con este balance, el volumen de agua disponible en México es de casi 475 km³. Es importante resaltar que esta cantidad no sólo comprende el líquido disponible para uso humano, sino también el necesario para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos (ríos y lagos).

La disponibilidad del agua comúnmente se evalúa en términos del volumen de agua por habitante. Si consideramos la cifra de la proyección de población para 2004 (105.9 millones de habitantes), la disponibilidad natural de agua para ese año fue de 4 482 m³ anuales por habitante, volumen que correspondió a una categoría de disponibilidad baja, cercana a los 5 000 m³ por habitante por año, que es el límite de disponibilidad media (Tabla 7.5). Para poner en contexto esta cifra, en 1910 la disponibilidad promedio era de 31 000 m³ por habitante, para 1950 ya sólo era de un poco más de 18 000 m³ y en 1970 había caído por debajo de los 10 000 m³. Cabe señalar que esta reducción se explica fundamentalmente por el crecimiento de la población y no por una disminución de la cantidad de lluvia recibida por el país en esos años. Se estima que para 2010, de acuerdo con las proyecciones que realiza el Conapo sobre la población del país, la disponibilidad de agua por habitante se reducirá a 4 271 m³ y para 2025 se limitará a 3 828 m³/hab/año. En un contexto mundial, la disponibilidad de agua por habitante en México en la actualidad es mucho menor que la de países como Canadá (91 567 m³/

Tabla 7.5 Clasificación de la disponibilidad de agua

Volumen de agua (m ³ /hab/año)	Categoría de disponibilidad
< 1 000	Extremadamente baja
1 000 - 2 000	Muy baja
2 000 - 5 000	Baja ¹
5 000 - 10 000	Media
10 000 - 20 000	Alta
> 20 000	Muy alta

¹Peligrosa en años de precipitación escasa.

Fuente: UNDP, UNEP, World Bank and WRI. *World Resources 2000-2001*. WRI. USA. 2000.

hab/año), Estados Unidos (8 906 m³/hab/año), Brasil (32 256 m³/hab/año) y en general toda América del Sur, y es ligeramente superior al promedio de los países europeos (PNUMA, 2002).

Una disponibilidad inferior a 1 700 m³/hab/año se considera como situación de estrés hídrico (Indicador de Falkenmark, WRI, 2000), donde con frecuencia puede faltar el abastecimiento de agua para las diversas actividades (sobre todo en países con propensión a sufrir sequías, como es el caso de México). Cuando la disponibilidad es inferior a 1 000 m³/hab/año, las consecuencias pueden ser más severas y comprometen seriamente la producción de alimentos, el desarrollo económico del país y la protección de sus ecosistemas. Por lo común, en estas circunstancias se carece transitoriamente de agua en algunos lugares y es preciso tomar decisiones que involucran prioridades de uso entre las actividades agrícolas, industriales o el abasto a la población urbana y rural (FNUAP, 2001).

Debido a que una aproximación a escala de país puede enmascarar situaciones de estrés hídrico importante, recientemente se propuso que la disponibilidad de agua se estudie a nivel de cuenca o bien a una escala en la que se considere más estrechamente la fuente de agua con la población que la utiliza (WRI, 2000). En este contexto, si se examina por regiones, México presenta todo el espectro de categorías de disponibilidad de

agua. El Valle de México, con 186 m³/hab/año, se encuentra en la categoría de extremadamente baja, mientras que la región de la Frontera Sur, con más de 24 000 m³/hab/año, muestra una disponibilidad calificada como muy alta (Tabla 7.6, Mapa 7.4). Si se consideran las regiones del país con 1 700 m³/hab/año o menos, se tiene una población de 35 millones de habitantes en situación de estrés hídrico y otros 24 millones muy cerca de este nivel, de acuerdo con las proyecciones de población de Conapo a 2005.

De acuerdo con un estudio enfocado a detectar áreas donde la disponibilidad de agua puede caer por debajo de los 1 700 m³/hab/año para el año 2025 y realizado en diferentes cuencas de los principales ríos del mundo (de los cuales se tenía información confiable de aspectos hidrológicos y poblacionales), se identificó que en México las cuencas de los ríos Balsas, Grande de Santiago y Colorado podrían caer en esta situación (WRI, 2000). En el caso del Río Colorado, si bien la mayor parte de la población que

habita en su cuenca no se encuentra en territorio mexicano, actualmente más del 50% del agua superficial que se utiliza en la región de la Península de Baja California es importada de esa fuente, por lo que el suministro de líquido en esta región puede ser motivo en el futuro de conflictos en la relación bilateral México-Estados Unidos.

Otra forma de evaluar la disponibilidad de agua es mediante la determinación del grado de presión del recurso (GPR), que representa la proporción del agua disponible que se extrae en una zona ya sea para fines agrícolas, públicos, industriales u otros. De acuerdo con este valor, la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la ONU define cuatro categorías que incluyen desde una presión fuerte (la extracción supera 40% de la disponibilidad natural) hasta una presión escasa (el agua extraída no rebasa 10% del líquido disponible). México, con un valor de GPR de 16% estimado para el año 2004, se encuentra en la categoría de presión moderada,

Tabla 7.6 Disponibilidad de agua por región hidrológica administrativa, 2005

Región hidrológica administrativa	Población ^a estimada 2005 (millones)	Disponibilidad natural por habitante (m ³ /hab/año)	Categoría de disponibilidad
I Península de Baja California	3.45	1 282	Muy baja
II Noroeste	2.65	3 099	Baja
III Pacífico Norte	4.24	5 858	Media
IV Balsas	10.85	2 666	Baja
V Pacífico Sur	4.2	7 740	Media
VI Río Bravo	10.64	1 333	Muy baja
VII Cuencas Centrales del Norte	4	1 710	Muy baja
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	20.65	1 791	Muy baja
IX Golfo Norte	5.04	4 632	Baja
X Golfo Centro	9.8	10 464	Alta
XI Frontera Sur	6.54	24 199	Muy Alta
XII Península de Yucatán	3.76	7 885	Media
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	21.16	186	Extremadamente baja
Nacional	106.98	4 094	Baja

^aProyección de población a diciembre de 2005, con base en proyecciones de Conapo. Para el cálculo de la disponibilidad natural por habitante, se utilizó como base el valor de la disponibilidad natural media reportada.

Fuente:

CNA. *Estadísticas del agua en México 2005*. México. 2005.

Mapa 7.4 Disponibilidad natural media per cápita por región hidrológica administrativa, 2004



valor ligeramente superior a 12% estimado para el promedio de los países de la OCDE (OECD, 2002). No obstante, el valor relativamente bajo de GPR que presenta México, está influido de manera muy significativa por la alta disponibilidad de agua en el sur del país, ya que regiones como la Frontera Sur, Golfo Centro, Península de Yucatán y Pacífico Sur extraen menos de 7% de su agua disponible; en contraste, las regiones de Baja California, Noroeste, Pacífico Norte, Río Bravo, Cuencas Centrales del Norte y el Valle de México se encuentran en una situación completamente diferente, ya que su grado de presión tiene valores superiores a 40%, lo que indica que se ejerce una presión fuerte sobre el recurso hídrico (Tabla 7.7, Mapa 7.5).

Otra medida de la disponibilidad de agua, más cercana a las necesidades de la población, es la que se conoce como intensidad de uso (OCDE, 1998) o extracción per cápita. De acuerdo con este indicador, la extracción per cápita en México para 2004 fue de 712 m³/hab al año, valor semejante al calculado para Argentina (768.5 m³/hab) y Cuba (727.5 m³/hab) e inferior al de los Estados Unidos (1 647 m³/hab), Canadá (1 470 m³/hab), Australia (1 224 m³/hab) y al promedio de países miembros

de la OCDE, estimado en alrededor de 900 m³/hab (FAO, 2004, OCDE, 1998).

Usos del agua

Se calcula que en 2004 se extrajeron 75 km³ de agua de los ríos, lagos y acuíferos del país para los principales usos consuntivos, lo que representa 16% del agua disponible (presión de demanda). El uso consuntivo predominante en México es el agropecuario, ya que en la actualidad 76% del agua extraída se utiliza para el riego de 6.3 millones de hectáreas y para los usos pecuario, acuicultura y otros (estos últimos representan sólo 6.5% del volumen de agua empleada), le sigue el uso para abastecimiento público con 14% y el industrial con 10% (véase *Huella hídrica y patrones de consumo*). Las hidroeléctricas emplean para su funcionamiento un volumen promedio de 133 km³ de agua para generar 28 435 GWh de electricidad (14% del total del país), pero no la consumen. Esta distribución del uso del agua es parecida a la que tienen países como Guatemala, Egipto y Turquía, pero muy diferente a la de países desarrollados, donde la proporción destinada a usos industriales es mucho mayor (Figuras 7.6 y 7.7).

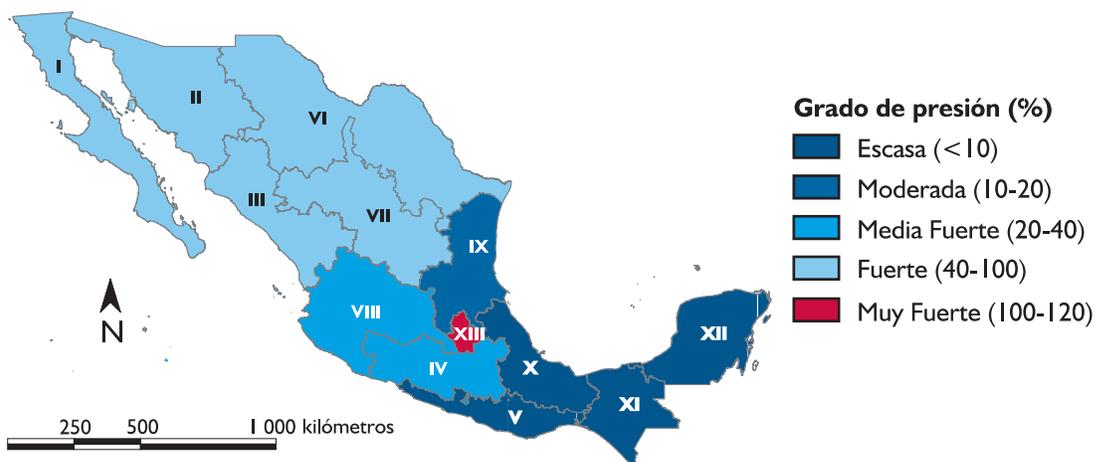
Tabla 7.7 Grado de presión por región hidrológica administrativa, 2004

Región hidrológica administrativa	Disponibilidad (hm ³ /año)	Extracción (hm ³ /año)	Grado de presión (%)	Categoría
I Península de Baja California	4 423	3 807	86	Fuerte
II Noroeste	8 213	6 419	78	Fuerte
III Pacífico Norte	24 839	10 491	42	Fuerte
IV Balsas	28 924	10 417	36	Media fuerte
V Pacífico Sur	32 508	1 264	4	Escasa
VI Río Bravo	14 182	8 539	60	Fuerte
VII Cuencas Centrales del Norte	6 841	3 745	55	Fuerte
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	36 977	13 210	36	Media fuerte
IX Golfo Norte	23 347	4 503	19	Moderada
X Golfo Centro	102 544	4 622	5	Escasa
XI Frontera Sur	158 260	1 999	1	Escasa
XII Península de Yucatán	29 646	1 708	6	Escasa
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	3 934	4 706	120	Fuerte
Total	474 638	75 430	16	Moderada

Fuente:

CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. CNA. México. 2005.

Mapa 7.5 Grado de presión sobre el recurso hídrico por región hidrológica administrativa, 2004

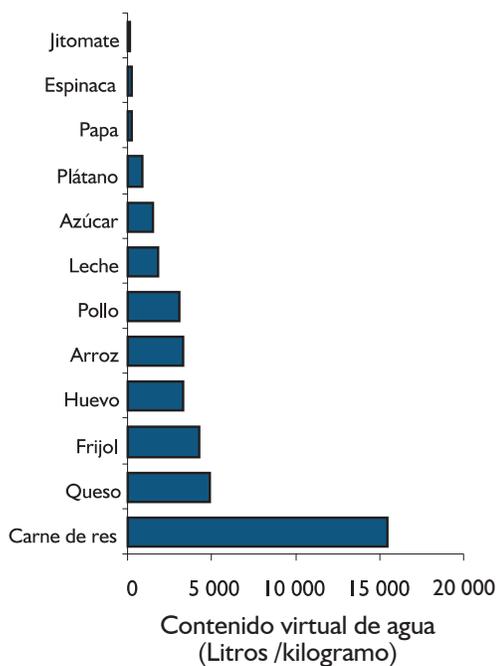


Fuente: Elaboración propia con datos de CNA. *Estadísticas del agua en México 2005*. México 2005.

Huella hídrica y patrones de consumo

El hombre utiliza grandes cantidades de agua para sus actividades cotidianas (beber, cocinar, lavar, etc.) pero mucha más para producir alimentos, papel, ropa y demás productos que consume. La huella hídrica de un país se define como el volumen total de agua que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por sus habitantes; puede estimarse de dos maneras. Un enfoque es considerar el conjunto de todos los bienes y servicios consumidos y multiplicarlos por su contenido de agua virtual. El agua virtual es la cantidad de agua utilizada durante el proceso de producción de un bien (*Figura a*). Otra opción es calcularla sumando el uso de agua total de las fuentes domésticas y la importación de agua virtual asociada a los productos introducidos al país.

Figura a Contenido virtual de agua de algunos alimentos



La huella hídrica individual o per cápita es el volumen total de agua utilizado para producir los bienes y servicios que un individuo consume. Puede estimarse multiplicando todos los bienes y servicios consumidos por un habitante por su valor respectivo de contenido virtual de agua (*Tabla a*).

Tabla a. Contenido virtual de agua de algunos productos

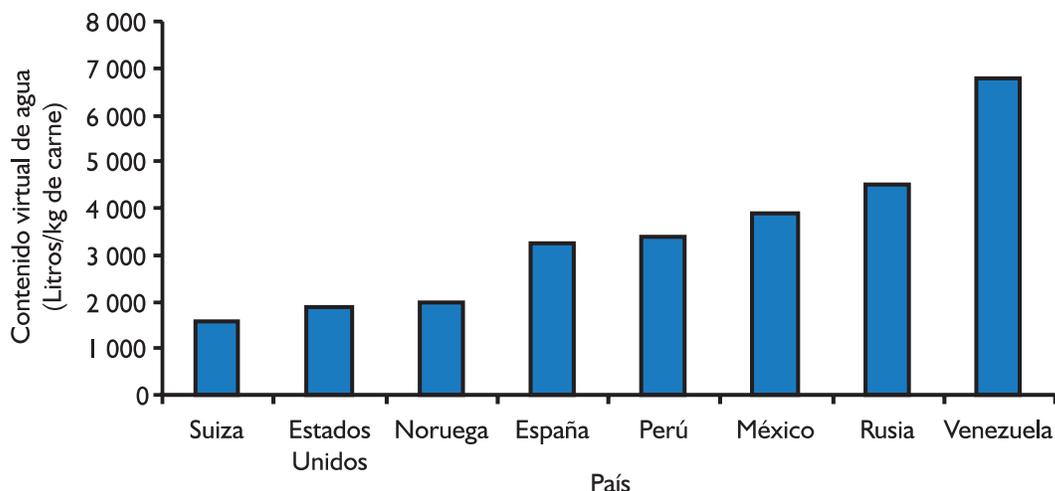
Producto	Contenido virtual de agua (Litros)
1 rebanada de pan (30 g)	40
1 papa (100 g)	25
1 manzana (100 g)	70
1 jitomate (70 g)	13
1 huevo (40 g)	135
1 hamburguesa (150 g)	2400
1 vaso de cerveza (250 ml)	75
1 vaso de leche (200 ml)	200
1 taza de café (125 ml)	140
1 copa de vino (125 ml)	120
1 vaso de jugo de naranja (200 ml)	170
1 par de zapatos (cuero)	8000
1 playera de algodón (mediana, 500 g)	4100
1 hoja de papel A4 (80 g/m ²)	10
1 microchip (2 g)	32

El contenido virtual de agua de un determinado producto o servicio puede variar dependiendo del sitio y las condiciones en las que se produjo, por lo que debe hacerse una medición específica para cada lugar o población (*Figura b*).

El concepto de huella hídrica fue introducido con el fin de proporcionar información sobre el uso del agua en relación con el consumo, y complementa así a los indicadores tradicionales de uso de agua por los diferentes sectores. Como indicador agregado muestra los requerimientos totales

Huella hídrica y patrones de consumo (continuación)

Figura b Volumen de agua utilizado para producir un kilogramo de carne de pollo en distintos países



de agua de un país, y es una medida del impacto del consumo humano sobre los recursos hídricos. A nivel global 86% de la huella hídrica está relacionada con el consumo de productos agrícolas, 10% con el consumo de bienes industriales y menos de 5% con los usos domésticos.

El hecho de que muchos de los productos que se consumen en un país pueden producirse en otro significa que la demanda real de agua de una población es frecuentemente mayor de lo que las extracciones de agua sugieren. Así por ejemplo, Japón exporta cada año, 7 km³ de agua virtual contenida en sus productos, pero importa de otros países el equivalente a 98 km³, lo que lo coloca en el primer lugar mundial como importador neto. México se sitúa en el sexto lugar mundial con una importación neta de 29 km³ de agua virtual.

Los principales factores que determinan la huella hídrica per cápita de un país son:

a. El consumo de agua promedio per cápita,

generalmente relacionado con el ingreso nacional bruto

b. Los hábitos de consumo de sus habitantes (p.ej., cantidad de carne consumida)

c. El clima, en particular la demanda evaporativa (condiciones de cultivo)

d. Las prácticas agrícolas (eficiencia en el uso del agua)

En los países desarrollados, donde el nivel de consumo de bienes y servicios es elevado, la huella hídrica per cápita es alta debido en parte al alto consumo de carne y productos industrializados. En contraste los países en vías de desarrollo, con un bajo consumo de carne, pueden también tener altas huellas hídricas per cápita, como resultado de una baja eficiencia en el uso del agua y condiciones de cultivo desfavorables.

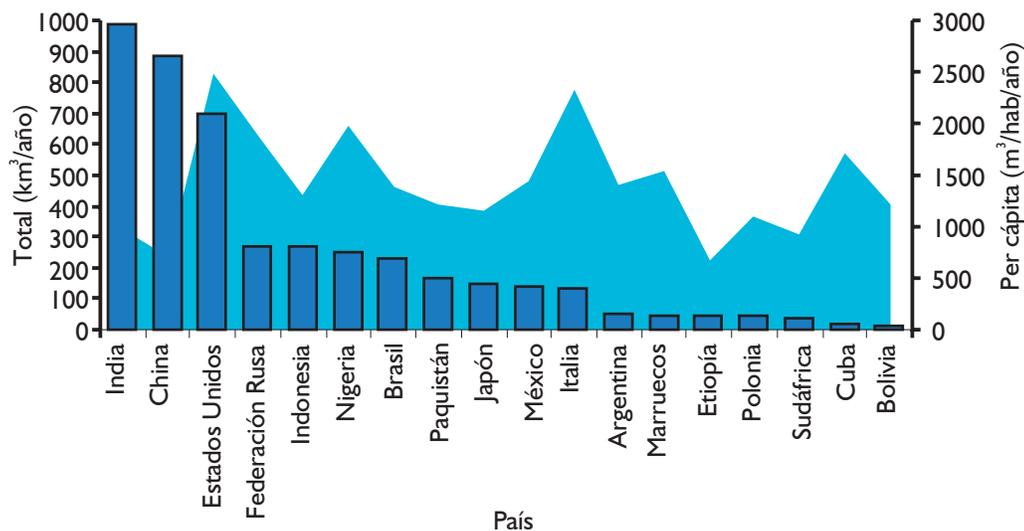
En el periodo 1997-2001, los países con mayor huella hídrica total fueron India, China y Estados Unidos, con un consumo virtual de agua superior a los 600 kilómetros cúbicos anuales. En contraste, Cuba y Bolivia

Huella hídrica y patrones de consumo (continuación)

tuvieron huellas hídricas inferiores a 20 kilómetros cúbicos por año. México, con una huella hídrica total de 140 kilómetros cúbicos por año, es el décimo país a nivel mundial. En cambio, Estados Unidos ocupa el primer lugar mundial por su huella hídrica per cápita estimada en 2 mil 483 metros cúbicos por habitante por año, mientras que China (702 m³/hab/año) e India (980 m³/hab/año) ocupan posiciones bajas (134^a y 108^a, respectivamente). México tiene una huella hídrica per cápita estimada en mil 441 m³/hab/año (49^a mundial) (*Figura c*).

mejorarse aplicando técnicas de cosecha de agua de lluvia y riego suplementario). Una segunda alternativa es optar por patrones de consumo que requieran menos agua (e. g., reduciendo el consumo de los productos que consumen una gran cantidad del líquido en su producción). La tercera alternativa para reducir la huella hídrica es desplazar las zonas de producción hacia áreas de mayor productividad, aumentando la eficiencia global de uso del agua.

Figura c Huella hídrica total y per cápita en algunos países, 1997-2001

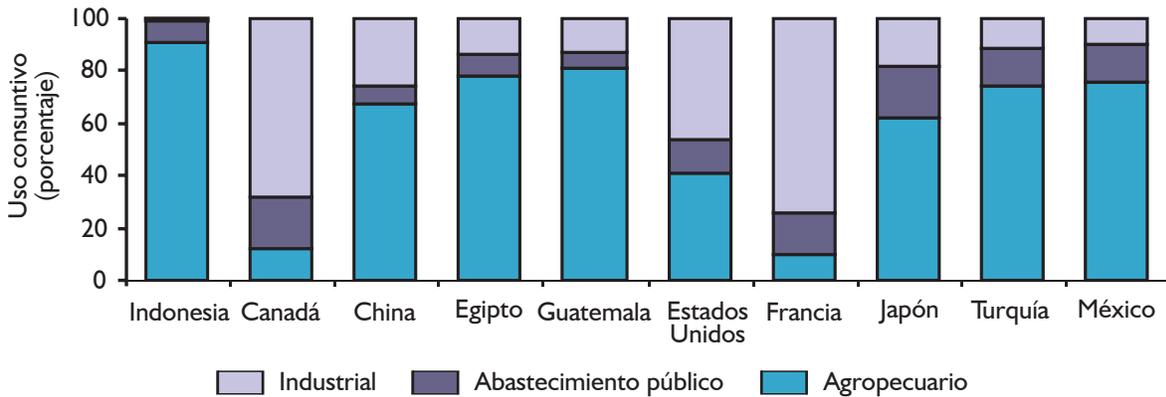


La huella hídrica de un país se puede reducir de varias maneras. Una primera opción es desvincular el crecimiento económico y el uso del agua, adoptando sistemas de producción que requieran menor cantidad de agua por unidad de producto (por ejemplo, la productividad del agua en la agricultura puede

Fuente:

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004) 'Water footprints of nations', Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Disponible en: <http://www.waterfootprint.org/>

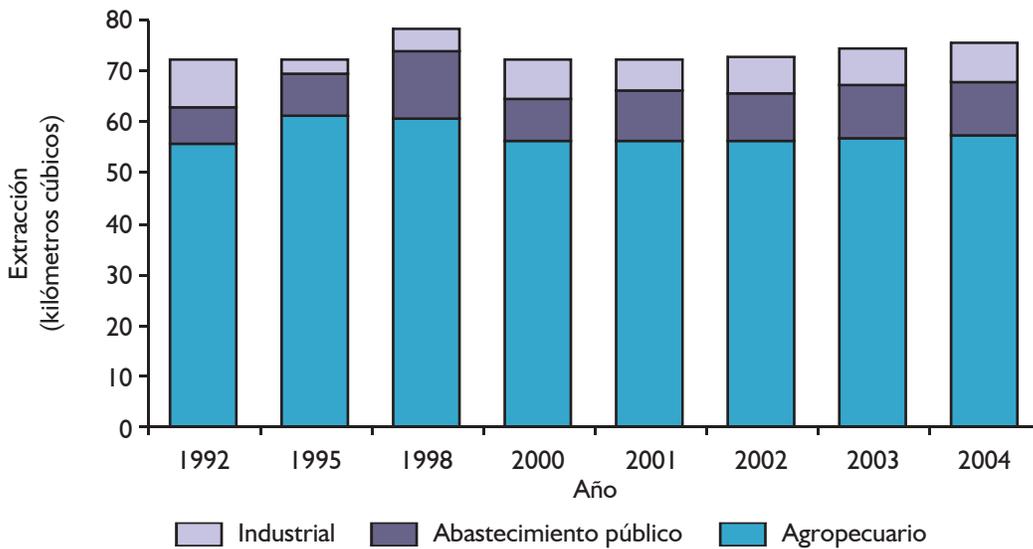
Figura 7.6 Extracción de agua para uso consuntivo en México y otros países, 2003



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: FAO. *Review of World Water Resources by Country (Aqastat)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 2003. CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. México. 2005.

Figura 7.7 Extracción total para uso consuntivo, 1992-2004



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: 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 2000*. México. 1998 y 2001.
 CNA. *Compendio básico del agua en México 2002*. CNA. México. 2002.
 CNA. *Estadísticas del agua en México 2003, 2004 y 2005*. México. 2003, 2004 y 2005.

Las regiones del país que tienen una mayor extracción de agua son Lerma-Santiago-Pacífico, Pacífico Norte, Balsas y Río Bravo, mientras que las de menor consumo son Pacífico Sur, Frontera Sur y Península de Yucatán (Figura 7.8).

El 64% del agua consumida proviene de fuentes superficiales y el resto de fuentes subterráneas, pero existen diferencias marcadas al interior del país entre la proporción de agua superficial y subterránea que se utiliza. Por ejemplo, en las regiones del Pacífico



Norte, Golfo Centro y Balsas, el agua procede en mayor medida de fuentes superficiales (87, 83 y 83%, respectivamente), mientras que en las regiones de las Cuencas Centrales del Norte, Península de Baja California, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala y Península de Yucatán se utiliza una fracción considerable de agua de origen subterráneo (67, 51, 49 y 98%, respectivamente) (Figura 7.8).

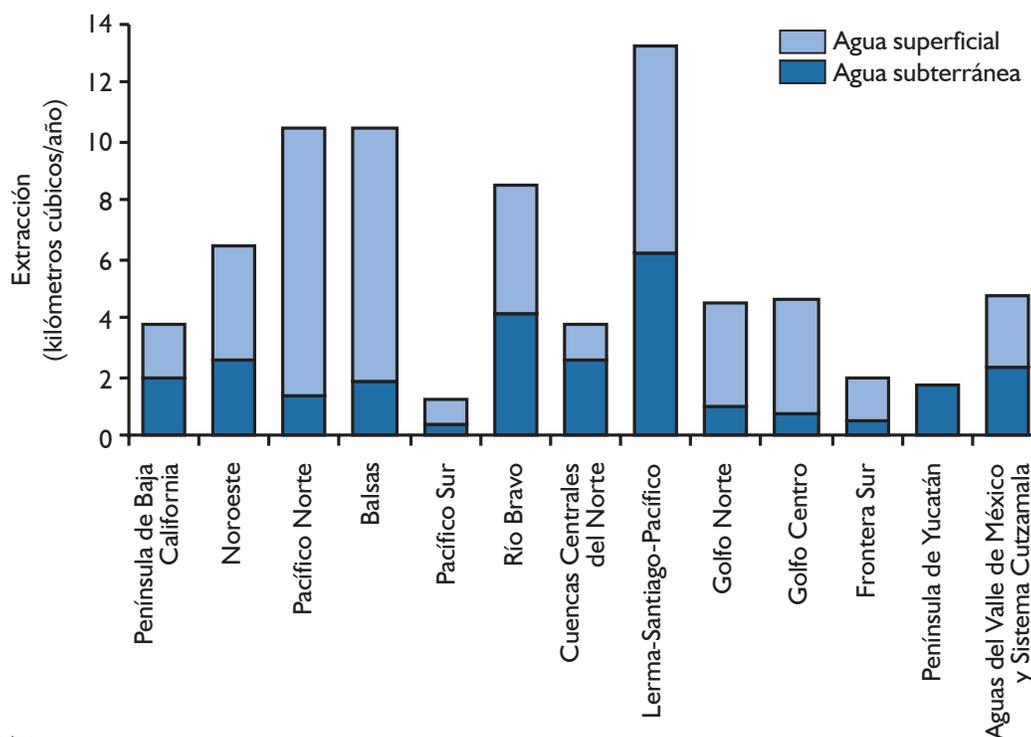
El uso de agua superficial se mantuvo con pocos cambios en la mayoría de las regiones del país entre los años 2000 y 2004, excepto en las regiones Balsas, Golfo Centro y Frontera Sur, donde el aumento en la extracción fue de 65, 44 y 25%, respectivamente. En la Península de Yucatán el uso del agua superficial se redujo 81%, pero la extracción de agua subterránea aumentó 45%. Otras regiones administrativas que incrementaron el uso de agua subterránea en este periodo fueron las de Península de Baja California (17%) y Río Bravo (12%), mientras que las de Balsas, Cuencas Centrales del Norte, Lerma-

Santiago-Pacífico, Golfo Centro y Frontera Sur tuvieron reducciones importantes: 28, 12, 12, 40 y 20%, respectivamente.

La proporción de agua que se dedica a distintas actividades muestra diferencias importantes. Mientras que en la región del Pacífico Norte más de 90% del agua se destina a actividades agrícolas, en la región del Golfo Centro no alcanza 50% (Figura 7.9). Las regiones Pacífico Sur (21%), Golfo Centro (16%), Frontera Sur (22%), Península de Yucatán (27%) y Valle de México (46%) son las que, en proporción, asignan más agua para el abastecimiento público. El agua reservada para uso industrial en general es inferior al uso público, excepto en las regiones del Balsas, Golfo Norte y Golfo Centro.

El abastecimiento de agua para uso agrícola y para la industria autoabastecida proviene en su mayor parte de fuentes superficiales (67 y 77%, respectivamente), en contraste con el agua que se

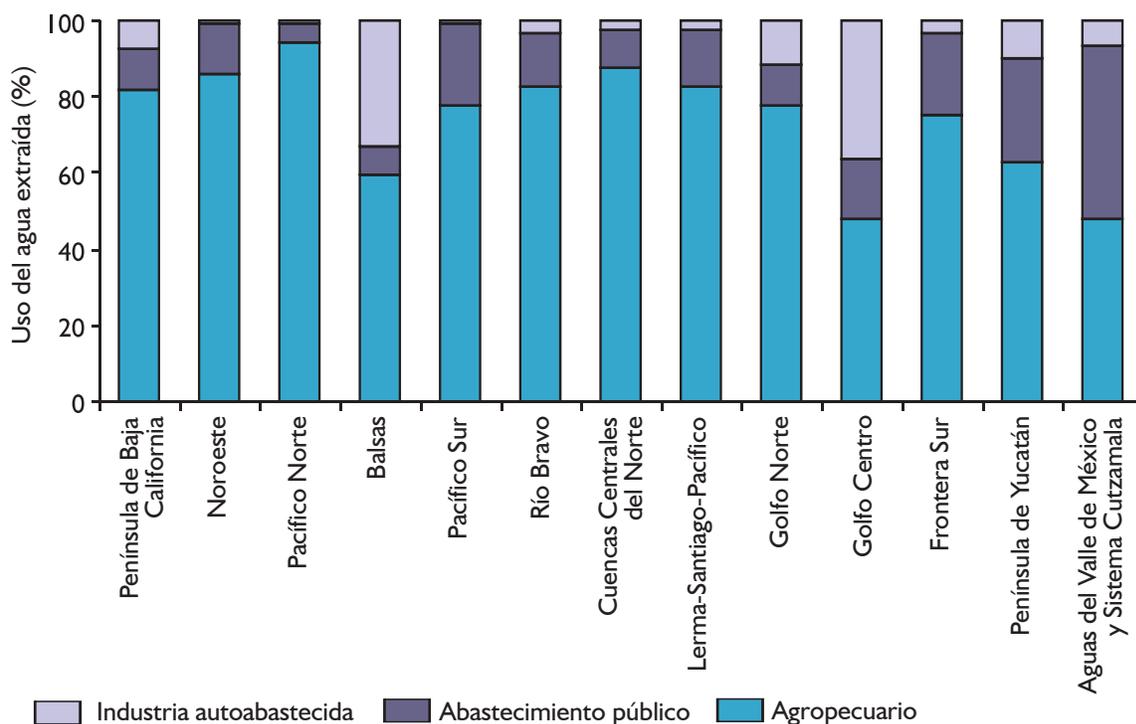
Figura 7.8 Extracción de agua por región hidrológica administrativa, 2004



Fuente:

Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. México, 2005.

Figura 7.9 Uso consuntivo del agua por región hidrológica administrativa, 2004



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del agua en México 2005*. México, 2005.

destina al uso público, que en su mayoría proviene de fuentes subterráneas (64%). Entre 2000 y 2004 el uso de agua subterránea para abastecimiento público se incrementó 20%, mientras que el uso de agua superficial aumentó 50%. En el caso de la industria autoabastecida, la extracción de agua subterránea se redujo a menos de la mitad, pero el uso de agua superficial se incrementó en más de 100% (Figura 7.10). En general, la extracción de agua de fuentes superficiales se incrementó 10% en ese periodo (Figura 7.11).

Escenarios futuros

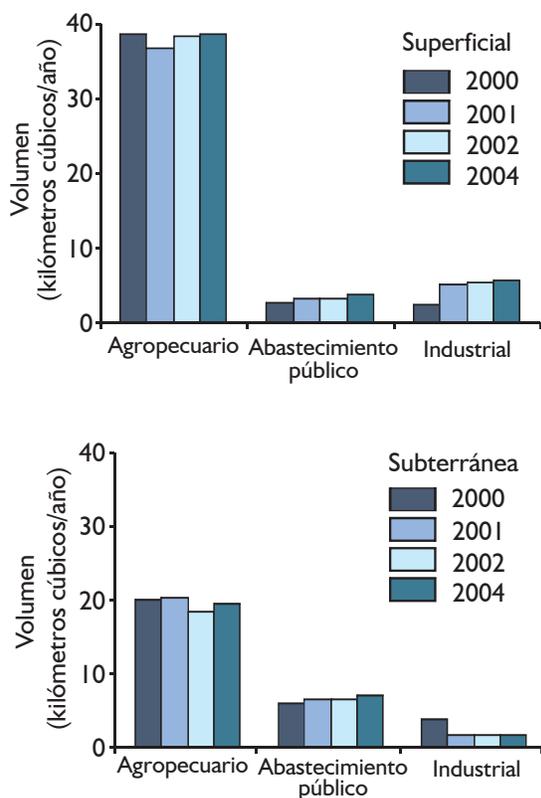
El problema básico con el agua es que el volumen de agua dulce sobre la superficie de la Tierra es prácticamente fijo: no puede ser aumentado ni disminuido de manera significativa. Por consiguiente, conforme la población aumenta y las aspiraciones y necesidades de los individuos crecen, cada vez se

tiene menos agua disponible por persona. A nivel regional o del país sucede algo equivalente. El impacto de la población sobre el ambiente depende de su tamaño, sus patrones de consumo y de las tecnologías de extracción y generación de que se disponga.

De acuerdo con las proyecciones de población de Conapo, en 2005 cuatro regiones hidrológicas administrativas presentarían disponibilidad per cápita muy baja y en la región Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala sería extremadamente baja. Un cálculo similar muestra que para el año 2025, bajo el supuesto de que la disponibilidad natural se mantiene constante, pronostica que dos regiones administrativas adicionales, Península de Baja California y Río Bravo, pasarían a la categoría de disponibilidad extremadamente baja, mientras que la región Golfo Centro, actualmente con disponibilidad per cápita alta, tendrá una disponibilidad media (Tabla 7.8).



Figura 7.10 Extracción de agua para uso consuntivo, según fuente de abastecimiento, 2000-2004



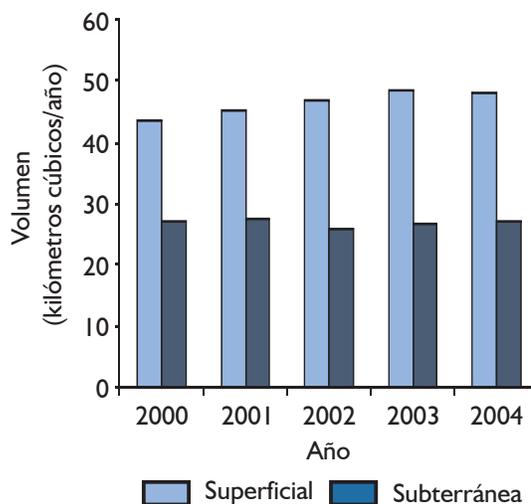
Fuentes: Elaboración propia con datos de: Sedue. *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992 y 1993-1994*. México. 1993 y 1994. Semarnap, INEGI. *Estadísticas del medio ambiente en México, 1997 y 1999*. México. 1998 y 2000. CNA. *Compendio básico del agua en México 2002*. Comisión Nacional del Agua. México. 2002. CNA. *Estadísticas del agua en México 2003, 2004 y 2005*. Comisión Nacional del Agua. México. 2003, 2004 y 2005.

Calidad del agua

La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función del uso que se le piense dar al líquido (WRI, 2000); cada uso requiere un determinado estándar de calidad. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua es necesario considerar el contexto del uso probable que tendrá.

Las estimaciones de disponibilidad del agua

Figura 7.11 Extracción de agua para uso consuntivo, según origen, 2000-2004



Fuentes: Elaboración propia con datos de: CNA. *Compendio Básico del Agua en México*. México. 2002. CNA. *Estadísticas del Agua en México*. Ediciones 2003, 2004 y 2005. México. 2003, 2004 y 2005.

no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que en la mayor parte del mundo la calidad del agua está lejos de ser la adecuada. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1 100 millones de personas no tienen acceso a una fuente de agua potable mejorada (WHO, 2005), particularmente en áreas rurales donde no existe posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general.

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la cantidad misma en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación (véase *Cambio de uso del suelo y servicios ecosistémicos*).

A nivel mundial en los países en desarrollo se da tratamiento a menos de 10% del agua. México se encuentra en una situación mejor con una cifra cercana a 20%, considerando ambos tipos de

Tabla 7.8 Disponibilidad natural media per cápita en el 2005 y 2025

Región hidrológica administrativa	Disponibilidad natural media per cápita 2005 (m ³ /hab/año) ^a	Clasificación 2005	Disponibilidad natural media per cápita 2025 (m ³ /hab/año) ^a	Clasificación 2025
I Península de Baja California	1 282	Muy baja	833	Extremadamente baja
II Noroeste	3 099	Baja	2 491	Baja
III Pacífico Norte	5 858	Media	5 517	Media
IV Balsas	2 666	Baja	2 403	Baja
V Pacífico Sur	7 740	Media	7 378	Media
VI Río Bravo	1 333	Muy baja	1 007	Extremadamente baja
VII Cuencas Centrales del Norte	1 710	Muy baja	1 606	Muy baja
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	1 791	Muy baja	1 583	Muy baja
IX Golfo Norte	4 632	Baja	4 200	Baja
X Golfo Centro	10 464	Alta	9 853	Media
XI Frontera Sur	24 199	Muy alta	19 790	Alta
XII Península de Yucatán	7 885	Media	5 786	Media
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	186	Extremadamente baja	162	Extremadamente baja

^a Para el cálculo de la disponibilidad natural media per cápita, se utilizó como base el valor de la disponibilidad natural reportada.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México, 2005*. CNA. México. 2005. Conapo. *Proyecciones de Población 2000-2030*. México. 2003.

descargas: urbanas e industriales (véase **Servicios y cobertura**). Esto significa, sin embargo, que la inmensa mayoría del líquido se vierte a ríos, lagos o mares sin ningún tratamiento previo, ocasionando la contaminación de éstos y, en consecuencia, la reducción del agua disponible para su uso.

La Comisión Nacional del Agua realiza la medición sistemática de la calidad del líquido a través de su Red Nacional de Monitoreo (RNM). En 2004, la RNM contaba con 964 sitios, de los cuales 379 corresponden a la red primaria, con 210 ubicados en cuerpos de agua superficiales, 42 en zonas costeras y 127 en acuíferos. En la red secundaria se tenían 283 estaciones, de las cuales 232 estaban localizadas en aguas superficiales, 21 en zonas costeras y 30 en aguas subterráneas.

Con el fin de evaluar la calidad o grado de contaminación del agua se han desarrollado diversos

índices de calidad tanto generales como de uso específico. En México se empleó por varios años el Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada 18 parámetros fisicoquímicos (entre los que se encuentran la demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, coliformes, fosfatos, pH y sólidos suspendidos) y denota el deterioro de la calidad del líquido (León, 1991). El índice considera valores en una escala de 0 a 100, donde a mayor valor, mejor calidad.

En 2003, los valores del ICA estimados a partir de los datos de la RNM, muestran que ninguno de los cuerpos de agua monitoreados estaba en la categoría de excelente (valores mayores a 85) y 11% tenía valores de entre 70 y 84, lo cual se considera aceptable. La mayor proporción (54%) se encontraba en el intervalo de 50 a 69, que –según el uso al que se destine– resulta aceptable para abastecimiento público, siempre y cuando haya



Cambio de uso del suelo y servicios ecosistémicos

Los ecosistemas de una cuenca brindan numerosos servicios ambientales no sólo a la zona en la que se encuentran, sino también a regiones cercanas y, de manera indirecta, al resto del país. Entre estos servicios se cuentan la regulación de los ciclos biogeoquímicos (por ejemplo, por la captura de carbono y generación de oxígeno), el mantenimiento de los flujos hidrológicos, la recarga de los acuíferos, el mantenimiento de la productividad biológica y la biodiversidad, la regulación climática, la oferta de agua dulce, la protección y recuperación de suelos, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, el reciclaje de nutrientes y la generación de espacios habitables para las poblaciones humanas.

En todos los ecosistemas, el agua es el factor que regula su productividad, estabilidad y la salud de los organismos que los habitan. Por esta razón, los factores que regulan el ciclo del agua controlan también la existencia o no de humedales, lagos y lagunas costeras. Estos ambientes donde el agua se almacena temporalmente constituyen ecosistemas clave para el ciclo hidrológico, por lo que su conservación es de vital importancia para asegurar la disponibilidad del agua con la calidad necesaria para mantener la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas.

El potencial hídrico de una región es el resultado de las interrelaciones entre los elementos bióticos y el agua en todas las etapas del ciclo hidrológico, sustentadas por las cuencas y los acuíferos subterráneos. Se ha demostrado que la cantidad y calidad del agua dependen en gran parte del uso que se da al suelo en las áreas que captan, conducen, almacenan, proveen y renuevan el recurso hídrico (véase Capítulo 2 **Vegetación y uso del suelo**). Sin embargo, como consecuencia

del crecimiento poblacional y el desarrollo económico, se generan presiones que conducen a cambios en el uso del suelo de las cuencas.

Las principales alteraciones que experimentan las cuencas como resultado del crecimiento de la población humana se deben a la expansión de la frontera agrícola, al establecimiento de pastizales para la engorda de ganado, a la urbanización asociada al crecimiento de las ciudades, al desarrollo de infraestructura para la generación de energía y a la contaminación asociada a la producción industrial y a la extracción de combustibles fósiles (**Tabla a**).

Muchos de los esquemas tradicionales de manejo ven el tema del agua de manera independiente a la gestión de los ecosistemas. Recientemente se han promovido los enfoques de tipo integral, que reconocen el papel que el agua cumple en los ecosistemas y asocian su gestión al manejo de los mismos. El manejo integrado de los recursos hídricos se basa en el concepto de que el agua forma parte integral de un ecosistema y constituye un recurso natural y un bien social y económico (Programa 21, Naciones Unidas, 1992). El manejo ecosistémico promueve el uso de los ecosistemas sin contribuir a su degradación; busca lograr un balance entre la oferta de los recursos naturales y la demanda de la población, mientras se mantiene la capacidad de los ecosistemas para suministrar dichos recursos de manera sostenible.

La introducción de este enfoque en México es reciente y se ha comenzado a aplicar a través del pago por servicios ambientales. Esto se lleva a cabo a través de dos programas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios

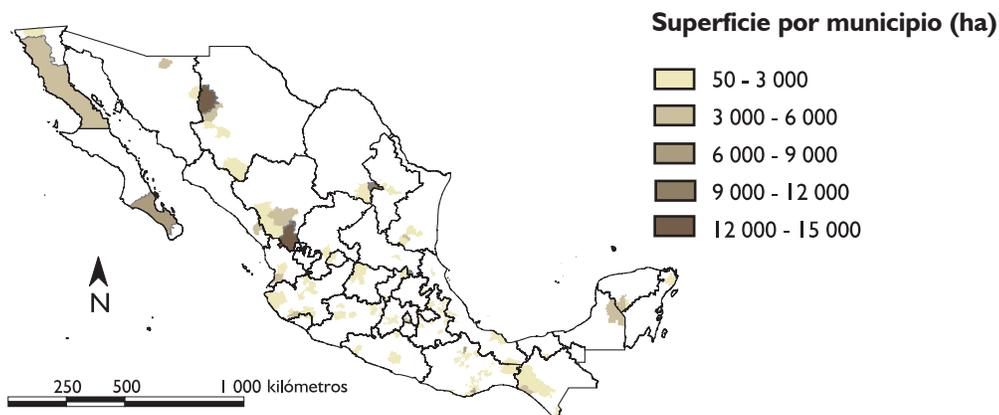
Cambio de uso del suelo y servicios ecosistémicos (continuación)

Tabla a. Efectos de las actividades humanas realizadas en una cuenca hidrológica sobre los recursos hídricos

Actividad	Efecto inmediato	Efecto sobre los recursos hídricos
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la vegetación natural. • Erosión del suelo. • Aplicación de fertilizantes y plaguicidas. • Aumento de la demanda de agua para riego. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificulta la retención e infiltración del agua al subsuelo. • Aumenta la presencia de sólidos suspendidos. • Incrementa la concentración de nutrientes y materia orgánica, lo que acelera los procesos de eutrofización. • Incrementa la concentración de sustancias tóxicas que contienen los plaguicidas. • Reduce la disponibilidad de agua para otros usos.
Ganadería	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la vegetación natural. • Compactación del suelo. • Depósito de heces en el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificulta la retención e infiltración del agua al subsuelo. • Aumenta el contenido de materia orgánica y el riesgo de contaminación por microorganismos patógenos.
Urbanización	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de las superficies cubiertas por asfalto o cemento. • Entubamiento de ríos. • Descarga de aguas residuales municipales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la infiltración del agua de lluvia; obstruye la recarga de mantos freáticos. • Mezcla de aguas pluviales (limpias) con aguas residuales municipales e industriales, lo cual dificulta su tratamiento y disminuye su disponibilidad y calidad. • Aumenta la concentración de materia orgánica y de contaminantes microbiológicos.
Hidroeléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de presas. • Fragmentación de ríos. • Inundación de cuencas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrumpe el cauce natural de los ríos. • Disminuye el caudal y cambia los patrones de flujo natural en las partes bajas de la cuenca. • Altera la calidad de agua cuenca abajo.
Petroquímica e Industria	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por hidrocarburos y otros desechos en el suelo debido a derrames y fugas. • Crecimiento poblacional local y migración hacia ciudades pequeñas y medianas. • Descarga de aguas residuales industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la concentración de sustancias contaminantes. • Aumenta la demanda de agua y disminuye su calidad. • Incrementa la generación de aguas residuales y arrastre de contaminantes.

Cambio de uso del suelo y servicios ecosistémicos (continuación)

Mapa a Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), 2003-2004



Fuente: Conafor. Padrón de beneficiarios del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, años 2003 y 2004. México. 2003 y 2004.

Ambientales por Captura de Carbono y los derivados de la Biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de Sistemas Agroforestales.

El Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos tiene como objetivo impulsar proyectos que aseguren la conservación de los bosques y las selvas, favoreciendo el mantenimiento y la conservación de los recursos hídricos del país, teniendo prioridad las cuencas críticas y acuíferos sobreexplotados. Este programa establece un esquema de pagos para retribuir a los usuarios o dueños de terrenos con recursos forestales por los servicios ambientales hidrológicos que presta el buen estado de conservación de sus bosques y selvas y da prioridad al beneficio de las comunidades indígenas o con altos niveles de marginación que se ubican en zonas de recarga, captación y riego (*Mapa a*).

En la primera edición del Programa en el 2003, se canalizaron apoyos por 192 millones de pesos a 272 propietarios de 127 mil hectáreas de bosques templados, selvas y bosques mesófilos de montaña. En su segunda edición en 2004, los apoyos fueron por 96 millones de pesos adicionales para atender

cerca de 184 mil hectáreas.

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) tiene por objetivos promover el acceso a los mercados de los servicios ambientales relacionados con la captura de carbono y con la biodiversidad de los ecosistemas forestales e impulsar el establecimiento de sistemas agroforestales mediante la reconversión del uso agrícola del suelo hacia un uso que integre elementos agrícolas y forestales, así como a través del fortalecimiento de sistemas agroforestales ya existentes. Si bien este programa no tiene como objetivo explícito la conservación de los ecosistemas en zonas de captación de agua, también contribuye a esta función al favorecer la conservación de la vegetación en las superficies apoyadas.

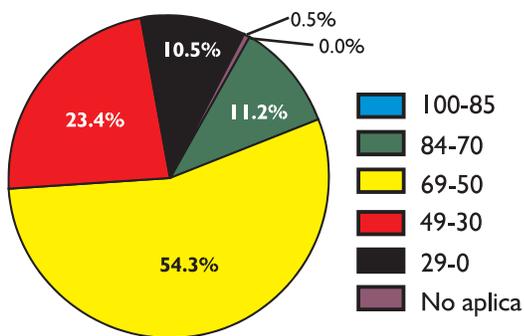
Fuente:

Andrade, A. y F. Navarrete. Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. *Serie Manuales de educación y capacitación ambiental*. No. 8. PNUMA. México. 2004.

Conafor. *Padrón de beneficiarios del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos*. México. 2003 y 2004.

recibido un tratamiento mayor, y no recomendable para uso recreacional, además de que puede afectar especies sensibles de vida acuática; no requiere tratamiento para su uso agrícola o industrial. El 23% de los cuerpos de agua se encontraba en la categoría de contaminados (30 a 49), por lo que el líquido sólo podría tener uso industrial o agrícola con tratamiento; su empleo para otros fines sería dudoso. Finalmente, 11% de los cuerpos de agua monitoreados se encontraba altamente contaminado (ICA menor a 30), lo que los vuelve prácticamente inaceptables para cualquier uso (Figura 7.12).

Figura 7.12 Estaciones de monitoreo de calidad de aguas superficiales ubicada en cada categoría de ICA, 2003



Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de planeación hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2005.

De acuerdo con los resultados del ICA en 2003, la región hidrológica administrativa con mayores problemas de contaminación era la de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, con 55% de sus cuerpos de agua monitoreados altamente contaminados, seguida por la Península de Baja California, con 36%. La región del Noroeste era la que presentaba el líquido de mejor calidad con 80% de sus cuerpos de agua en la categoría de aceptable. En la región Lerma-Santiago-Pacífico 45% de sus sitios de monitoreo estuvieron en la categoría de contaminados. En las demás regiones la mayor parte de sus estaciones de monitoreo aparecieron como poco contaminadas.

A partir de 2004, la Comisión Nacional del Agua (CNA) dejó de reportar el ICA y anunció la sustitución de éste por un nuevo índice que considere la mayoría de las condiciones de las estaciones de medición de la RNM. Actualmente, la CNA está utilizando como indicadores de la calidad del agua, la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Estas variables muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales, los que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable.

En la tabla 7.9 se describen los criterios aplicables a otros parámetros que reflejan el estado de la

Tabla 7.9 Criterios de calidad del agua: niveles máximos permisibles

Parámetro	Fuente de abastecimiento de agua potable	Recreativo con contacto primario	Riego agrícola	Pecuario	Protección de la vida acuática
Coliformes fecales (Número más probable/100 ml)	1 000	200	1 000		200
Fosfato total (mg/l)	0.1				0.025 (lagos), 0.05 (afluentes de lagos), 0.1 (ríos)
Nitrato (mg/l)	5			90	

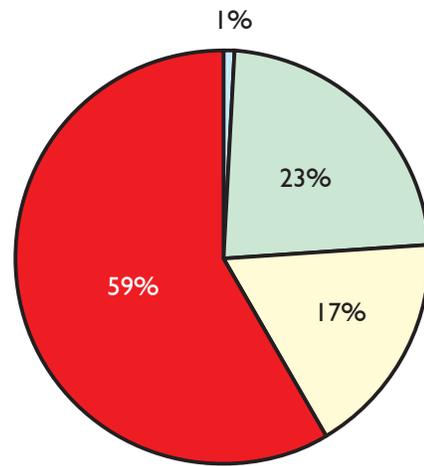
Fuente:
DOF. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. CE-CCA-001/89. Diario Oficial de la Federación. México. 1989 (2 de diciembre).

calidad del agua para diferentes usos. En 2003, 59% de los sitios de monitoreo del país y más de 75% de los correspondientes a las regiones Lerma-Santiago-Pacífico, Balsas y Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala presentaron concentraciones de coliformes fecales promedio anual mayores a 1 000 NMP/100 ml, que es el límite máximo para considerar apto un cuerpo de agua como fuente de abastecimiento de agua potable o para que el líquido sea utilizado en servicios al público con contacto indirecto u ocasional (NOM-003-SEMARNAT-1997) (Figura 7.13, Mapa 7.6).

En 2003, en más de 50% de los sitios de monitoreo la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), era inferior a 3 mg/l, lo que se considera de buena calidad o excelente. No obstante, casi otra quinta parte de los cuerpos de agua monitoreados registró valores de DBO₅ mayores a 30 mg/l, que se considera el límite máximo permisible para protección de la vida acuática en ríos (Figura 7.14, Mapa 7.7).

La zona centro del país es la que presenta un mayor número de sitios de monitoreo con valores altos de DBO₅. En las regiones Balsas y Aguas del

Figura 7.13 Coliformes fecales en aguas superficiales. Estaciones de monitoreo en cada categoría, 2003



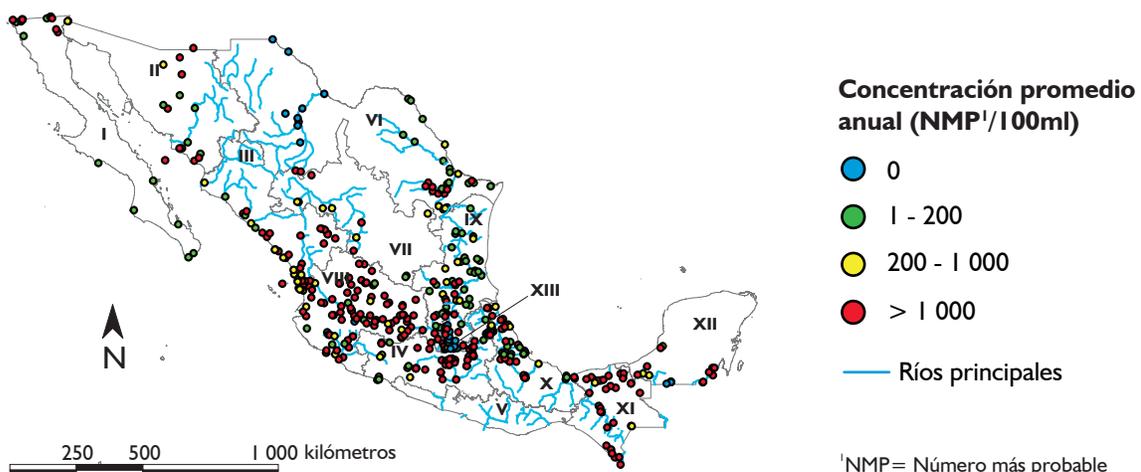
Concentración de coliformes fecales (Número más probable/100 ml)



Fuente:

Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de Planeación Hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2005.

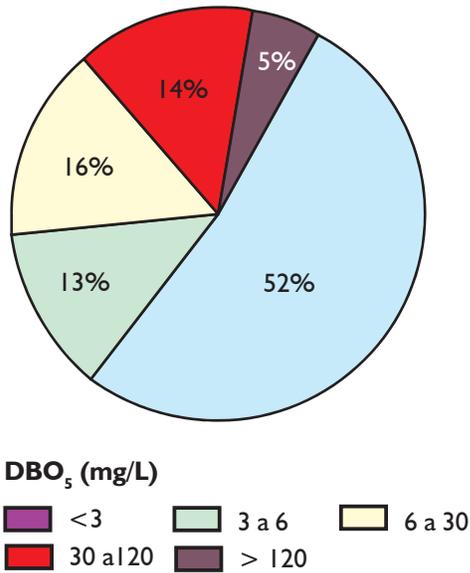
Mapa 7.6 Coliformes fecales en cuerpos de agua superficiales, 2003



Fuente:

Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de Planeación Hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2004.

Figura 7.14 Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas superficiales. Estaciones de monitoreo en cada categoría, 2003



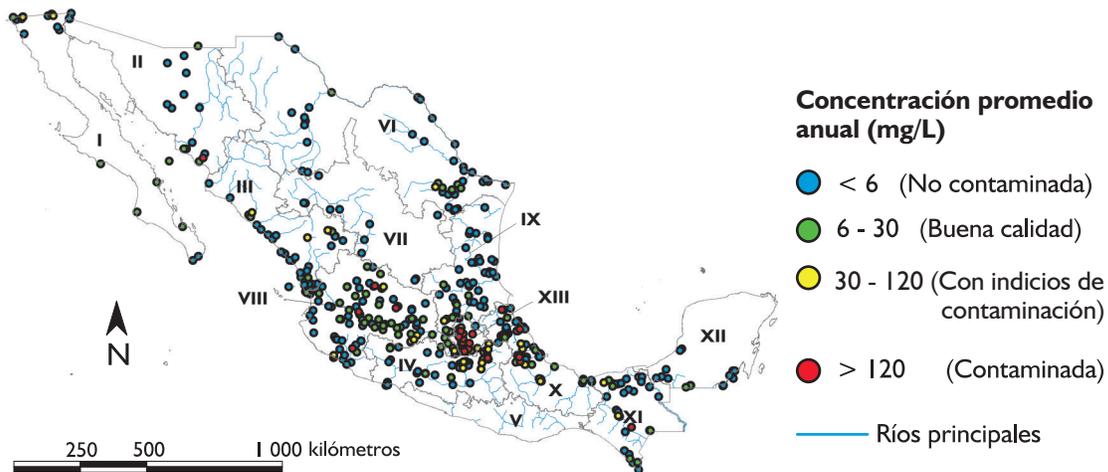
Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. Comisión Nacional del Agua. México. 2005.

Valle de México y Sistema Cutzamala 35 y 65% de sus estaciones, respectivamente, tienen valores promedio superiores a 30 mg/l, lo que indica contaminación.

Otro contaminante detectado frecuentemente en los cuerpos de agua son los fosfatos provenientes de los compuestos de fósforo, que se aplican como fertilizante en zonas agrícolas o se utilizan en la fabricación de detergentes. Se considera que el límite máximo para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y controlar la eutrofización acelerada de ríos y arroyos es 0.1 mg/l, (DOF, 1989). En 2003, en más de 70% de los sitios de monitoreo, la concentración de fósforo total fue superior a 0.1 mg/l. En el caso de la región Lerma-Santiago-Pacífico se superó este límite en 94% de los sitios (Figura 7.15, Mapa 7.8).

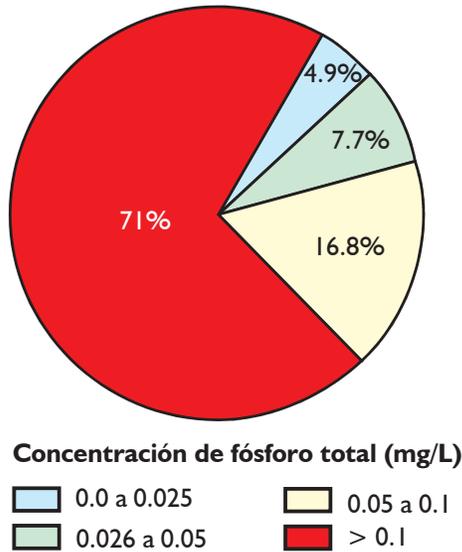
En el caso de los nitratos, se establece como concentración máxima 0.2 mg/l para el consumo a largo plazo, con el fin de prevenir la metahemoglobinemia en infantes (OMS, 2004). En 2003 se detectaron concentraciones superiores a 0.2 mg/l en 69% de los sitios de monitoreo de la RNM (Figura 7.16). En las regiones Noroeste,

Mapa 7.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno en cuerpos de agua superficiales, 2003



Fuente: Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de Planeación Hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2004.

Figura 7.15 Concentración de fósforo total en aguas superficiales. Estaciones de monitoreo que se ubica en cada categoría, 2003

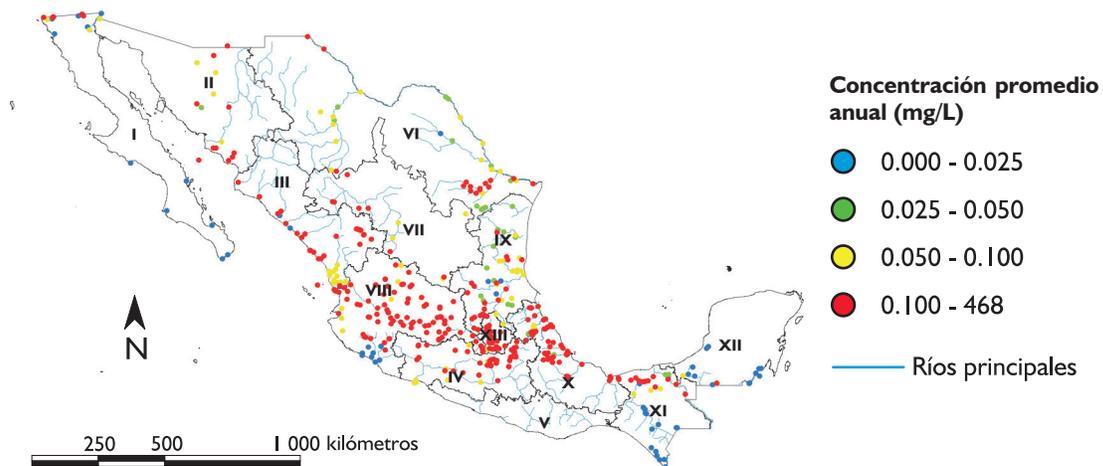


Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de planeación hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2005.

Balsas, Río Bravo, Cuencas Centrales del Norte, Lerma-Santiago-Pacífico, Golfo Norte, Golfo Centro y Península de Yucatán, 50% o más de los sitios de monitoreo sobrepasaron ese nivel. Ese mismo año 5% de los sitios de monitoreo de las regiones Golfo Norte y Valle de México presentaron concentraciones de nitrato mayores a 5 mg/l que, en los ecosistemas acuáticos, puede favorecer el crecimiento de algas y la disminución de los niveles de oxígeno, tras su descomposición, dañando a los organismos que habitan esos ecosistemas (Mapa 7.9).

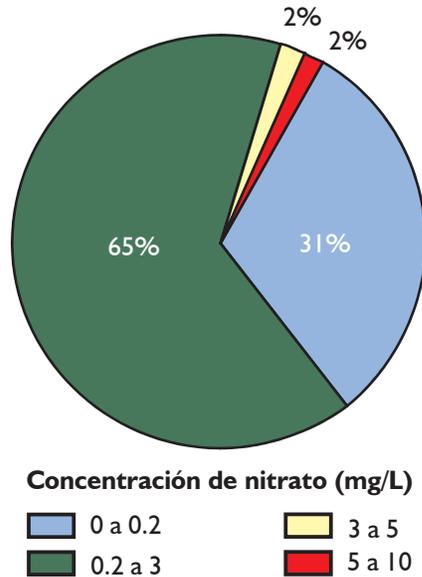
Desde 1974 comenzó a operar un programa de monitoreo de la calidad del agua de los cuerpos de agua más importantes del país y de aquellos en los que se habían detectado problemas de contaminación. En los lagos monitoreados, el hecho más notable es la tendencia a la disminución de la concentración de bacterias coliformes, que refleja un esfuerzo exitoso en el control de las descargas municipales a estos cuerpos de agua (Cuadro D3 AGUA04 01, Figura 7.17). Algunos lagos (Pátzcuaro, Chapala y Catemaco) han logrado mantener desde 2001 concentraciones de coliformes fecales por debajo de 1 000 NMP/100 ml.

Mapa 7.8 Fosfato total en aguas superficiales, 2003



Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de Planeación Hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2004.

Figura 7.16 Nitrato en aguas superficiales. Estaciones de monitoreo en cada categoría, 2003

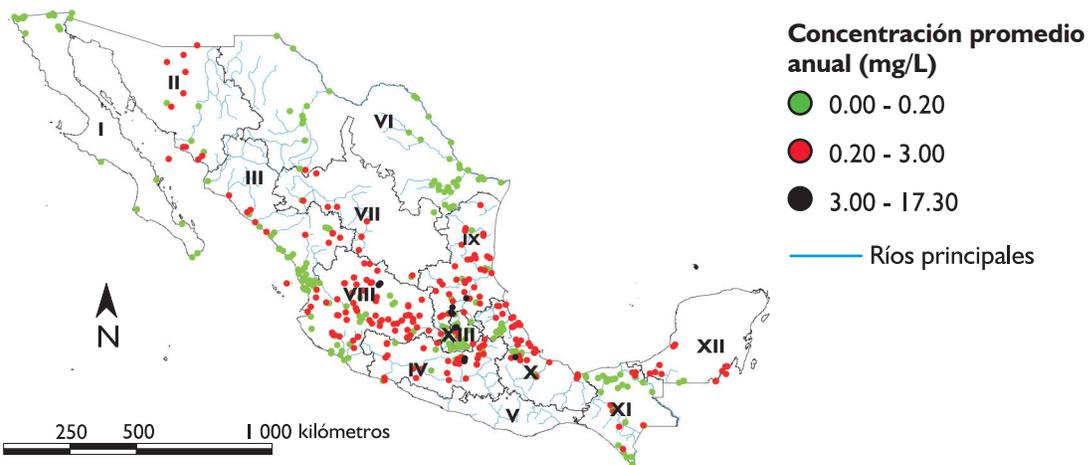


Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de planeación hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2005.

En el caso de los demás contaminantes no se observa un patrón definido que indique el éxito en su control. La mayoría muestra oscilaciones alrededor de los valores que se registraron a principios de los años noventa. Solamente en el lago de Chapala y la laguna de El Rodeo se registran valores de DBO_5 en la categoría de “excelente” (<3 mg/l); Catemaco, tendría calidad “buena”, Pátzcuaro, “aceptable”, y Almoloya, “contaminada” (Mapa 7.7). Los valores altos de DBO_5 y su constancia en el tiempo indican una falta de control de desechos municipales e industriales (esto último puede inferirse por el cociente DBO_5/DQO mayor a tres, que es indicativo de contaminación industrial), así como una deficiencia en el tratamiento del agua antes de ser vertida.

En el acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) (DOF, 1989), se indica que los fosfatos totales, medidos como fósforo, no deberán exceder de 0.05 mg/l en influentes a lagos o embalses, ni de 0.025 mg/l dentro del lago o embalse, para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y controlar la eutroficación acelerada; en ríos y arroyos, se permiten concentraciones de hasta

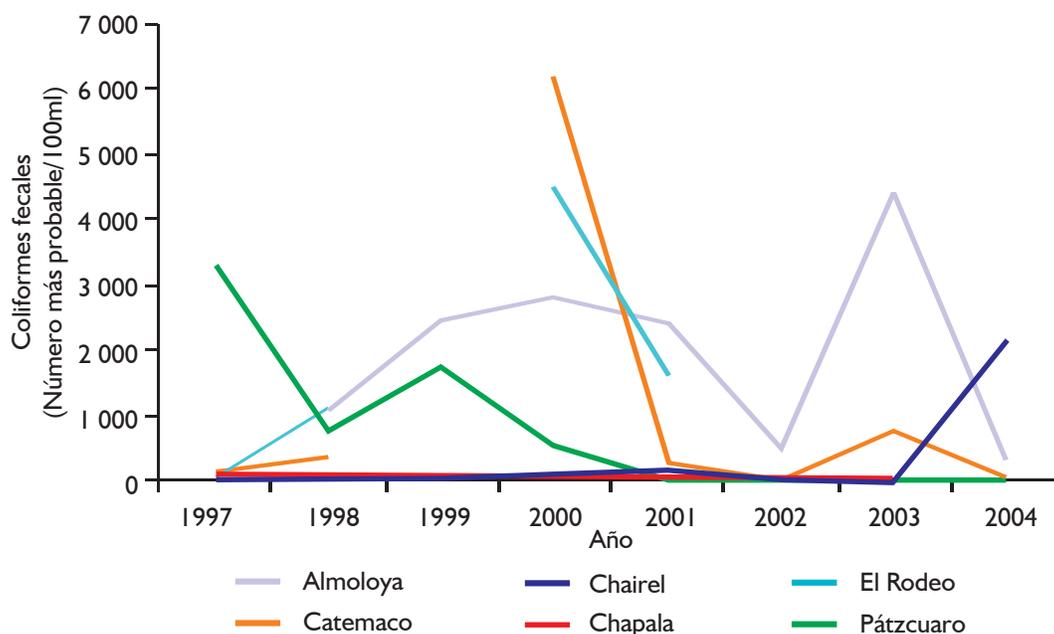
Mapa 7.9 Nitrato en aguas superficiales, 2003



Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de Planeación Hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2004.



Figura 7.17 Concentración de coliformes fecales en los principales lagos monitoreados, 1997-2004



Fuente:

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México. 2005.

0.1 mg/l (Tabla 7.9). La concentración promedio anual de fósforo en el agua de los lagos de Almoloya, Catemaco, El Rodeo, Pátzcuaro, Chairel y Chapala rebasó este nivel en 2003.

A diferencia de los lagos, en los ríos monitoreados no se observa alguna tendencia general en los niveles de contaminantes desde 1997. Algunos ríos muestran una tendencia decreciente en las concentraciones promedio de coliformes fecales (Balsas, Lerma y Tula). En otros casos, como el de los ríos San Juan, Pánuco, Jamapa, Soto La Marina y Papaloapan, siguen registrándose valores superiores a 1 000 NMP/100 ml. Sólo cuatro de los ríos monitoreados (Balsas, Bravo, Colorado y Moctezuma) han mantenido concentraciones inferiores a 1 000 NMP/100 ml en 2003 y 2004 (Figuras 7.18 y 7.19).

Desde 2002, la DBO_5 se ha mantenido menor o igual a 3 mg/l en los ríos Pánuco, Colorado, Balsas, Bravo, Grijalva y Soto La Marina. A nivel nacional, en el mismo año, los cuerpos de agua monitoreados con

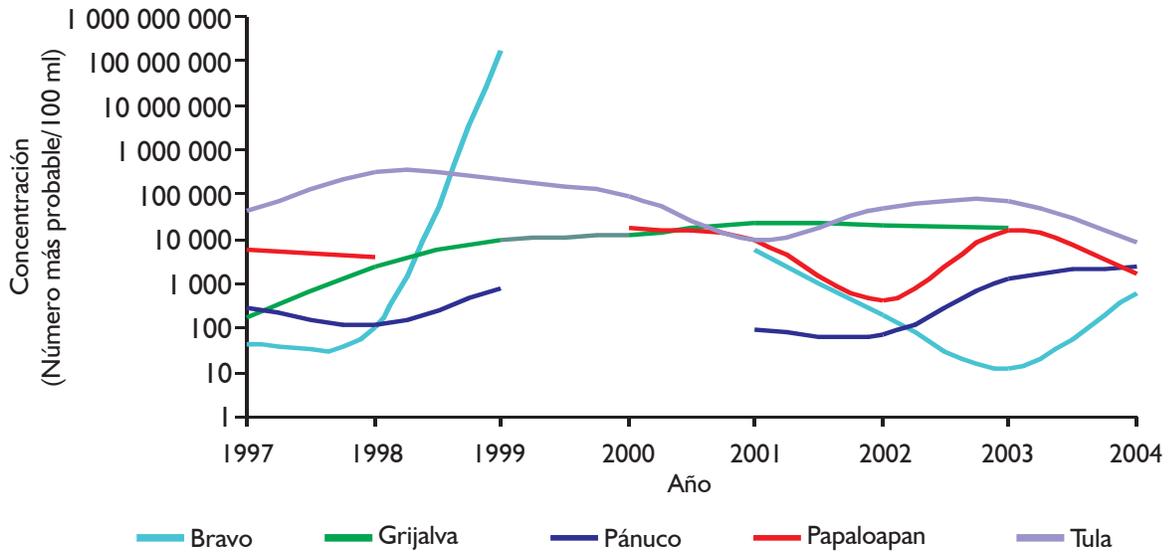
DBO_5 mayor a 120 mg/l, fueron los ríos Alseseca en la región Balsas, Turbio en la región Lerma-Santiago-Pacífico y Los Remedios en la región del Valle de México y Sistema Cutzamala.

La calidad del agua que llevan los ríos hacia el mar afecta la calidad del agua en las zonas costeras. Para monitorear y mejorar la calidad bacteriológica del agua de mar en localidades de playa frecuentadas por el turismo, se implementó en 2003 el “Programa Integral de Playas Limpias”, que registra, atiende y difunde los resultados de los muestreos realizados en las principales playas turísticas del país (ver [Calidad del agua en zonas costeras](#)).

Servicios y cobertura

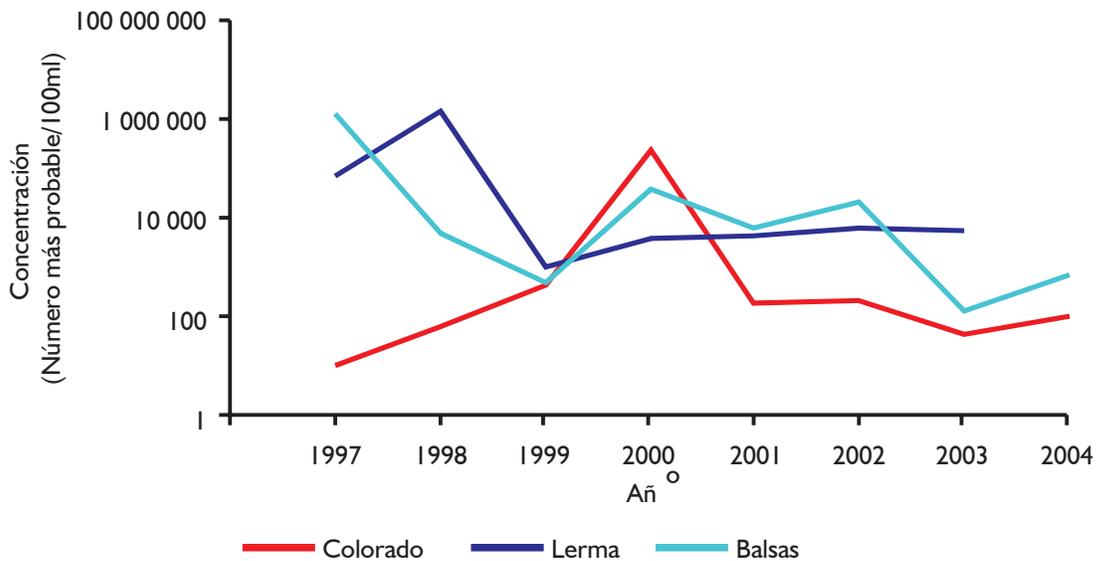
La cobertura mundial de agua apta para consumo humano se estima en alrededor de 82% (PNUMA, 2002), con grandes contrastes. Por ejemplo, países como Estados Unidos, Francia y Canadá tienen coberturas prácticamente de 100%, mientras que

Figura 7.18 Coliformes fecales en algunos ríos monitoreados. Vertiente del Golfo de México, 1997-2004. El eje de las ordenadas se presenta en escala logarítmica.



Fuente:
Elaboración propia con datos de: Semarnat. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México. 2005.

Figura 7.19 Concentración de coliformes fecales en ríos seleccionados. Vertiente del Pacífico, 1997-2004. El eje de las ordenadas se presenta en escala logarítmica.



Fuente:
Elaboración propia con datos de: Semarnat. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México. 2005.



Calidad del agua en zonas costeras

Los mares y océanos constituyen el 97% del agua disponible en la Tierra y, durante muchos años, se consideró erróneamente, que vertir los desechos en los cuerpos de agua era una buena solución para deshacerse de ellos. Se tenía la idea de que por ser el volumen de aguas residuales mucho menor que el volumen de los ríos y océanos, la concentración de contaminantes se diluiría hasta niveles inocuos. Los cuerpos de agua tienen una gran capacidad para degradar y mineralizar gran cantidad de los contaminantes que se vierten en ellos, pero los microorganismos que realizan la degradación requieren de tiempo para ello. Si la descarga continua de contaminantes rebasa los tiempos de degradación, se pueden acumular contaminantes hasta alcanzar niveles tóxicos para los mismos organismos degradadores.

El origen de los contaminantes que se encuentran en los mares es muy diverso. Durante el recorrido que realizan los ríos a través del continente para llegar al mar, arrastran gran variedad de materiales, que van desde minerales y nutrientes, hasta toda clase de residuos generados por las actividades humanas: aguas residuales de los asentamientos humanos, fertilizantes y plaguicidas aplicados en las actividades agrícolas, desechos de la ganadería, sustancias químicas empleadas en la minería, residuos de la construcción de infraestructura en la franja costera y la descarga de aguas residuales industriales, entre otros. Las actividades terrestres son responsables de alrededor del 70% de la contaminación presente en los mares. Entre las actividades marinas, los derrames de combustibles y el tránsito de embarcaciones pueden afectar la calidad del agua de mar.

Desafortunadamente, además de su efecto sobre los ecosistemas marinos, muchos de los contaminantes que llegan al mar pueden generar un efecto negativo en la salud humana, dependiendo de su concentración y del tiempo de exposición. Los daños más comunes a la salud que pueden producirse por nadar en aguas contaminadas son las enfermedades gastrointestinales, irritación en la piel e infecciones en los ojos y oídos. A pesar de que estas infecciones generalmente no son graves, la industria del turismo puede afectarse por playas cuya agua carece de la calidad requerida por los turistas.

Para vigilar el estado de la calidad del agua a la que están expuestos los visitantes, en el 2003 se creó el Programa Integral de Playas Limpias, que tiene como objetivo proteger la salud de los usuarios, mejorar la calidad ambiental de las playas nacionales y elevar los niveles de competitividad de los destinos turísticos costeros, mediante acciones coordinadas de los tres niveles de gobierno y los sectores privado, social y académico. En abril de 2003 se inició el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas, en donde participan las Secretarías de Marina, Medio Ambiente, Salud y Turismo. Este sistema tiene como objetivo establecer una red de monitoreo y comunicación de la calidad del agua de mar en cada uno de los destinos turísticos de mayor afluencia en los 17 estados costeros del país.

En 2005, se ha logrado ya sistematizar y homogeneizar los monitoreos del agua de mar de acuerdo con los criterios descritos por la Organización Mundial de la Salud para las aguas de mar con fines recreativos.

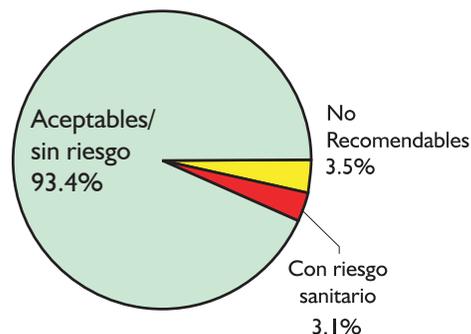
Calidad del agua en zonas costeras (continuación)

Considerando que la determinación de todos los parámetros de calidad del agua tendría un costo elevado en tiempo y dinero, se utilizan organismos indicadores que denotan el grado de contaminación del agua de mar y el riesgo que se corre al nadar en ella. Los enterococos son microorganismos que se encuentran normalmente en el tracto gastrointestinal del hombre y los animales de sangre caliente. Son excretados en las heces, por lo que su presencia en el ambiente indica una probable contaminación de origen fecal. Esto los convierte en indicadores de la probable presencia de otro tipo de gérmenes patógenos. Hasta ahora no se ha alcanzado un consenso para determinar el nivel aceptable de enterococos en las playas, pero con base en contribuciones científicas recientes de todo el mundo, han podido establecerse los valores máximos para el agua empleada con fines recreativos. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, aguas con un contenido entre 201 y 500 enterococos en 100 mililitros no son recomendables para su uso recreativo, mientras que valores mayores a 500 enterococos representan riesgo sanitario.

Durante el periodo 2003-2005, de las 209 playas donde se realizaron los muestreos, 93% de las muestras resultaron con niveles de enterococos aceptables. Tan sólo 4% de las muestras tuvieron niveles no recomendables para su uso recreativo y 3% de las muestras representaban un riesgo para la salud (*Figura a*).

Las playas del estado de Veracruz presentaron el mayor número de muestras con niveles de enterococos no recomendables

Figura a Calidad del agua de mar, según su condición bacteriológica, 2003-2005



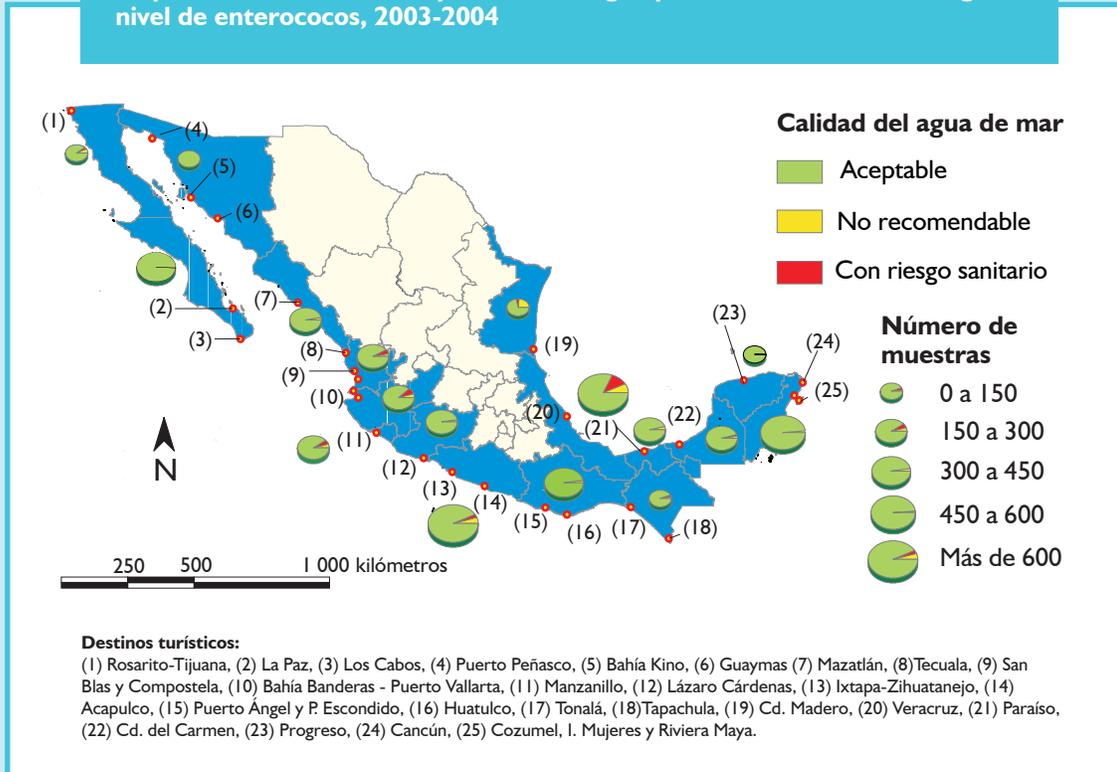
o con riesgo sanitario (18%), seguido por las de Guerrero, con 9% en Acapulco y 7% en Ixtapa-Zihuatanejo. La bahía de Acapulco es uno de los destinos más visitados y la presencia de enterococos puede ser consecuencia del número de personas que la visitan: una mayor ocupación de hoteles y restaurantes puede traducirse en una mayor descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. Entre las playas monitoreadas, Baja California y Sonora contaron con las playas más limpias del país (*Mapa a*).

Fuente:

Semarnat. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. México. 2005. Disponible en: <http://portal.semarnat.gob.mx/semarnat/portal>

Calidad del agua en zonas costeras (continuación)

Mapa a Destinos turísticos y calidad del agua por entidad federativa, según nivel de enterococos, 2003-2004



el promedio de África apenas llega a 62%. En 2000 en México se tenía identificada una cobertura de agua potable de 87.8%, ligeramente superior a la estimada para América Latina y el Caribe: 85% (PNUMA, 2003). Se considera que en 2003 la cobertura de agua potable fue de 89.4%, lo que representó 4 millones adicionales de habitantes en viviendas particulares con servicio, con respecto al 2000. Entre 2000 y 2003, la cobertura en zonas urbanas pasó de 95.1 a 95.9%; en zonas rurales la cobertura siguió siendo considerablemente menor, aunque también se incrementó en dicho periodo al pasar de 69% en 2000 a 70.6% en 2003 (Figura 7.20, Cuadro D3 AGUA06 02).

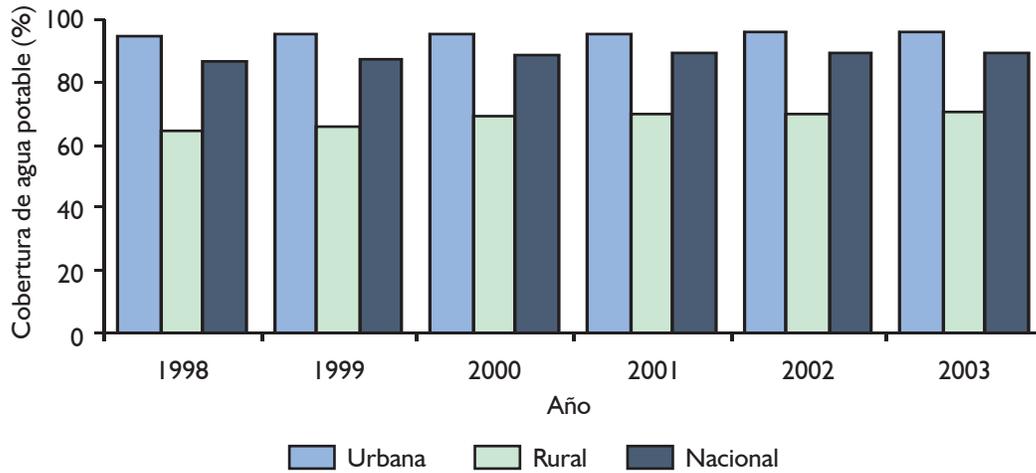
Al interior del país, durante el mismo periodo la mayoría de los estados incrementaron en términos reales la cobertura de este servicio (Cuadro D3 AGUA06 03), aunque existen diferencias importantes en la cobertura y los esfuerzos que ha realizado cada uno. Mientras que entidades como el

Distrito Federal, Aguascalientes, Colima y Coahuila tienen coberturas superiores a 98%, en Tabasco, Oaxaca, Veracruz y Guerrero no llega a 75% (Mapa 7.10).

También son notorias las diferencias en los esfuerzos por incrementar la cobertura. Por ejemplo, Baja California, Quintana Roo y Sinaloa incrementaron en más de 3% la cobertura del año 2000 al 2003 (Figura 7.21). En contraste, otros estados enfrentan un problema grande, ya que las tasas de crecimiento del servicio, aunque altas, resultan insuficientes para lograr niveles de cobertura aceptables en una población en continuo crecimiento (Cuadro D3 AGUA06 01).

En México, al igual que en el resto del mundo, se realizan más esfuerzos para suministrar agua de calidad aceptable al consumo humano que para servicios de alcantarillado y drenaje. En 2003 la cobertura de alcantarillado en el país fue de 77.2%,

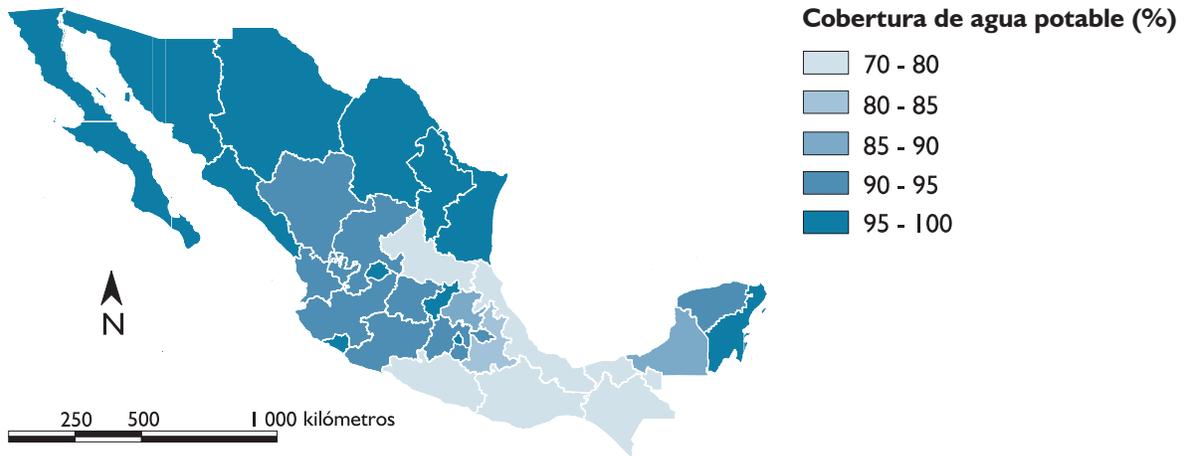
Figura 7.20 Población con acceso a agua potable, 1998-2003



Fuente:

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

Mapa 7.10 Población con acceso a agua potable, 2003



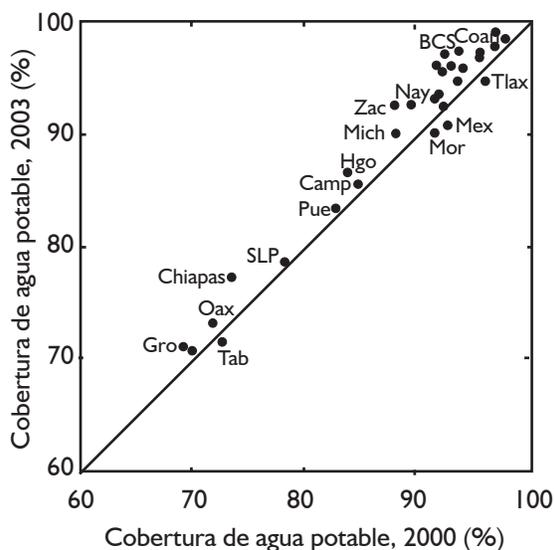
Fuente: CNA. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 2003*. México. 2004.

valor ligeramente inferior a lo estimado para América Latina y el Caribe, que es de 79% (PNUMA, 2003). Al igual que en la cobertura de agua potable, también en alcantarillado y drenaje existen diferencias muy marcadas entre las zonas urbanas y rurales. En las primeras se alcanzó una cobertura de 90.4% en 2003, mientras que en las segundas apenas se cubrió 38.5% (Figura 7.22).

Existen también diferencias notables entre los estados del país. En el Distrito Federal, Aguascalientes, Colima, Jalisco y Nuevo León se tienen coberturas mayores a 90%, mientras que en los estados de Oaxaca y Guerrero no llega a 50% (Mapa 7.11). Los estados que tienen mayores diferencias entre la cobertura de agua potable y alcantarillado son Yucatán (40.9%), Oaxaca (30.1%) y Campeche



Figura 7.21 Incremento en la cobertura de agua potable, 2000-2003



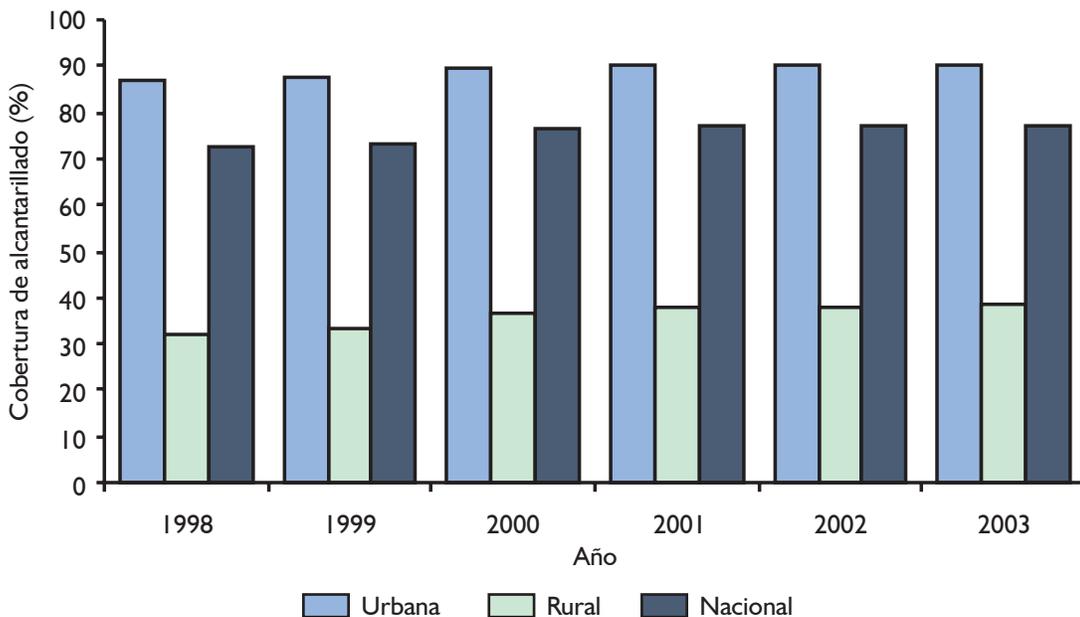
Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 2003*. Comisión Nacional del Agua. México. 2004.

(27.4%). El Distrito Federal, Aguascalientes, Colima y Jalisco tienen diferencias menores a 5%. Aunque la mayoría de los estados tuvieron un incremento en su cobertura de alcantarillado entre 2000 y 2003, sobresalen Baja California Sur, Chihuahua, Colima, Durango, Quintana Roo y Sinaloa con incrementos superiores a 5% (Figura 7.23, Cuadro D3 AGUA06 04).

El suministro de agua de buena calidad en los sistemas de abastecimiento es importante para la salud e higiene de la población, por lo que es necesaria la construcción de instalaciones específicas para potabilizar el agua. A nivel nacional en 2003 se suministraron 320 690 litros por segundo para consumo humano, de los cuales 95% por lo menos fue desinfectado y 26% potabilizado, en su gran mayoría por el proceso de clarificación completa (Cuadros D3 AGUA07 02 y D3 AGUA07 05).

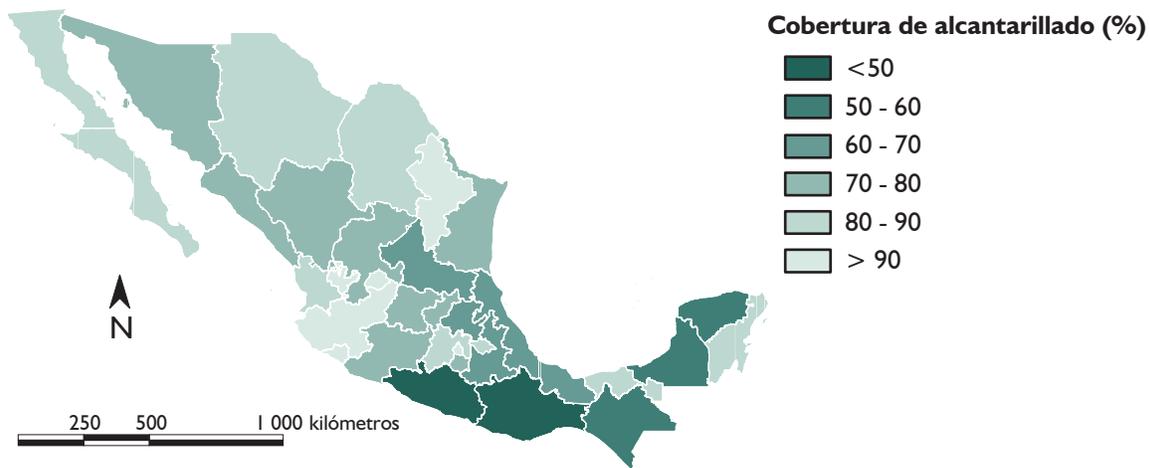
Estas cifras significan que se suministran alrededor de 264 litros por día por habitante en promedio a nivel nacional, lo que está por arriba de

Figura 7.22 Cobertura de alcantarillado, 1998-2003



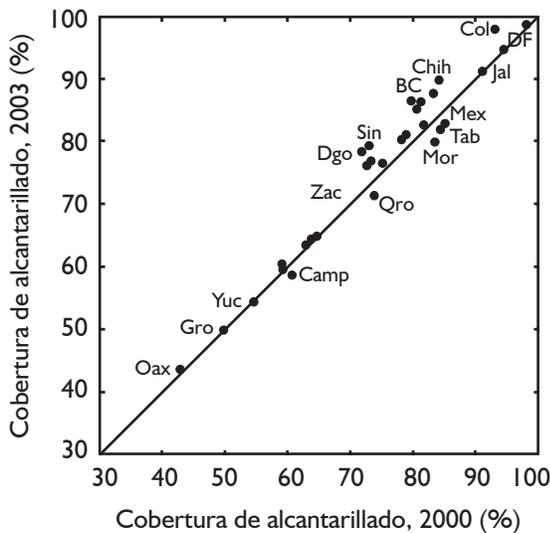
Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 2003*. Comisión Nacional del Agua. México. 2004.

Mapa 7.1 | Población con acceso a alcantarillado por entidad federativa, 2003



Fuente: CNA. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre de 2003. CNA. México. 2004.

Figura 7.23 Incremento en la cobertura de alcantarillado por entidad federativa, 2000-2003



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

A nivel estatal, Baja California Sur, Campeche, Colima, Chihuahua, Durango, Morelos y Sonora tienen suministros superiores a 400 litros diarios por habitante, mientras que Hidalgo y Puebla apenas sobrepasan 150 litros. Cabe resaltar el caso de Oaxaca, donde el suministro difícilmente alcanzó 100 litros diarios por habitante. En 2003, el agua potable suministrada que pasó por un proceso de potabilización completo y no sólo de desinfección fue de escasos 69 litros diarios por persona, en promedio a nivel nacional. Tamaulipas tiene el mayor volumen por habitante con poco más de 300 litros diarios de agua potabilizada por persona, mientras que estados como Morelos, Tlaxcala y Zacatecas carecen de plantas potabilizadoras (Cuadro D3 AGUA07 02).

El tratamiento de aguas residuales tanto municipales como industriales es bajo en términos generales. En 2003 se contaba con 1 360 sistemas municipales para el tratamiento de aguas con una capacidad instalada de 89.6 m³/s, de los cuales sólo 1 182 estaban en operación (87%) con un gasto tratado de 60.2 m³/s (67%). Los estados de Nuevo León, México, Baja California, Chihuahua, Distrito Federal, Guanajuato y Sonora, en conjunto, tratan poco más de 50% del agua residual municipal colectada en las alcantarillas (Cuadro D3 AGUA07 09).

lo mínimo recomendable según la ONU: 50 litros diarios por habitante para cubrir las necesidades mínimas básicas (alimento y aseo) y 100 litros para satisfacer las necesidades generales (FNUAP, 2001).



En 2003 se estimó que los centros urbanos generaron 255 m³/s de aguas residuales, de las cuales 80% (203 m³/s) se colectó en el alcantarillado y de éstas 29.7% (60.2 m³/s) recibió algún tipo de tratamiento. Al conjuntar la eficiencia de captación y procesamiento del agua se tiene que a nivel nacional sólo 23.6% del agua residual municipal es tratada antes de ser vertida a los cuerpos de agua. La proporción de agua tratada en México, aunque baja, está por encima del promedio de América Latina, que apenas llega a 13%. La mayor parte del agua tratada en el país recibe tratamiento secundario mediante lodos activados y lagunas de estabilización, procesos que tienen una eficiencia de entre 80 y 90% para la remoción de DBO (Figura 7.24, Cuadro D3 AGUA07 094). La mayoría de los cuerpos de agua superficiales del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, lo que ocasiona distintos niveles de contaminación en prácticamente todos ellos.

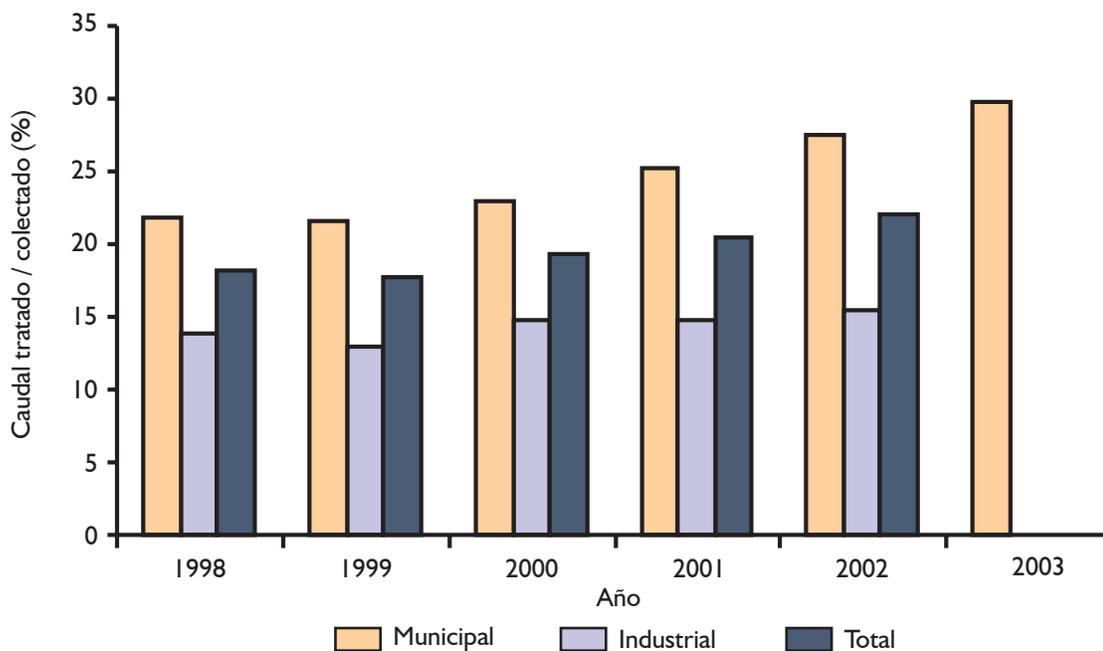
A nivel nacional en el año 2003 se trataron

en promedio 49.6 litros diarios de agua residual por habitante, con grandes diferencias entre los estados, ya que Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Durango y Nuevo León procesaron volúmenes por encima de 100 litros diarios por persona, mientras que Campeche, Chiapas, Hidalgo y Yucatán no llegaron a 10 litros diarios por habitante.

Un indicador aproximado del esfuerzo que hacen los estados para tratar el agua es la relación entre el líquido suministrado a la población y el agua tratada. Las entidades que procesan en mayor proporción el agua que suministran a su población son Nuevo León, Aguascalientes, Nayarit y Quintana Roo, con una relación entre el agua tratada y la suministrada mayor a 50%; en contraste, Zacatecas, Yucatán, Campeche, Chiapas e Hidalgo no alcanzan 3%.

En 2003 las industrias en todo el país descargaron alrededor de 8.14 km³ (258 m³/s) de aguas residuales, que se traducen en más de 9.5

Figura 7.24 Agua residual que recibe tratamiento, 1998-2003



Fuentes:

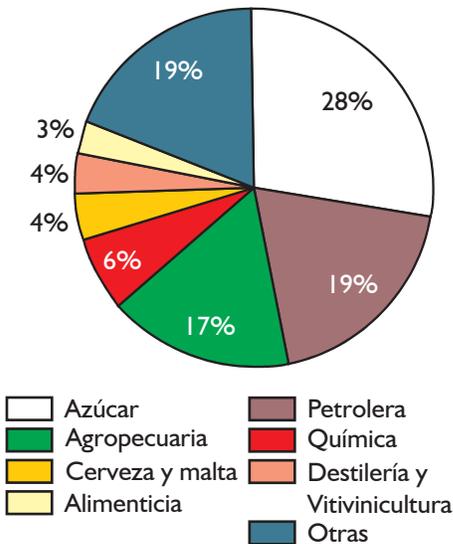
Semarnap, INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1997 y 1999*. México. 1998 y 2000.

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

CNA. *Estadísticas del Agua en México, 2004*. CNA. México. 2004.

millones de toneladas de DBO al año. En 2002, las industrias que contribuyeron con mayor carga de contaminantes fueron la azucarera, petrolera y agropecuaria (Figura 7.25).

Figura 7.25 Materia orgánica descargada en aguas residuales industriales, 2002



Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. *Estadísticas del Agua en México 2005*. Comisión Nacional del Agua. México. 2005.

A diciembre de 2003, el país contaba con 1 640 plantas de tratamiento de agua residual industrial que procesaban 27.4 m³/s (10.6%) del agua generada. El tipo de tratamiento más utilizado es el secundario, en 925 plantas y con un gasto de operación de 16 700 l/s. Además del bajo volumen de agua tratada, sólo 56.7% (15.5 m³/s) cumple con las condiciones particulares de descarga descritas en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Veracruz es el estado que produce mayores descargas y también el que procesa más agua residual, con cerca de 40% del total nacional, seguido por Nuevo León, el Estado de México y Michoacán, que dan tratamiento a más de 1 000 litros por segundo (Cuadro D3 AGUA07 12).

Referencias

Cenapred. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2000*. Serie "Impacto socioeconómico de los desastres naturales". Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 2001.

Cenapred. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2001*. Serie "Impacto socioeconómico de los desastres naturales". Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 2002.

Cenapred. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002*. Serie "Impacto socioeconómico de los desastres naturales". Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 2003.

Cenapred. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2003*. Serie "Impacto socioeconómico de los desastres naturales". Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 2004.

CNA. *Compendio básico del agua en México*. Comisión Nacional del Agua. México. 2002.

CNA. *Estadísticas del agua en México, 2003*. Comisión Nacional del Agua. México. 2003.

CNA. *Estadísticas del agua en México, 2004*. Comisión Nacional del Agua. México. 2004.

CNA. *Estadísticas del agua en México, 2005*. Comisión Nacional del Agua. México. 2005.

CNA. *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. CNA. México. 2001.

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

Conapo. *Proyecciones a la población de México, 2000-2050*. Consejo Nacional de Población. México. 2002.



DOF. NOM-001-SEMARNAT-1996. *Diario Oficial de la Federación*. México. 1996 (11 de diciembre).

DOF. NOM-003-SEMARNAT-1997. *Diario Oficial de la Federación*. México. 1998 (21 de septiembre).

DOF. *Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua*. CE-CCA-001/89. *Diario Oficial de la Federación*. México. 1989 (2 de diciembre).

FAO. AQUASTAT. *Information System on Water and Agriculture*. 2005. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/main/>

FNUAP. *El estado de la población mundial 2001. Huellas e hitos: población y cambio del medio ambiente*. Fondo de Población de las Naciones Unidas. 2001.

León, L. F. *Índice de Calidad del Agua*, ICA. Inf. No SH-9101/01. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 1991.

OCDE. *Análisis del desempeño ambiental: México*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Francia. 1998.

OECD. *OECD in Figures: Statistics on the Member Countries*. Supplement I. Organisation for Economic Co-operation and Development. France. 2002.

PNUMA. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3*. Grupo Mundi-Prensa. España. 2002.

PNUMA. *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003*. PNUMA. Costa Rica. 2003.

OMS. *Guidelines for Drinking-water Quality. Vol. 1*. Ginebra. 2004.

WHO. *Facts and Figures updated November 2004*. World Health Organization. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/en/ Consultado en 2005.

WRI. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems*. World Resources Institute. USA. 2000.

