

III.1.2 Agua

El agua es un recurso esencial en términos económicos y sociales. Su importancia es cada vez mayor, al punto de ser ahora uno de los factores críticos más importantes del desarrollo a nivel mundial. Será por ello, en un futuro no muy lejano, el problema ambiental más decisivo al que deberán enfrentarse millones de personas.

En este capítulo se describe, de manera general, la situación del agua en México en términos de su disponibilidad, usos socioeconómicos, descargas de residuos en los cuerpos de agua, disponibilidad y tratamiento de agua potable, así como la participación institucional en el manejo de este recurso.

El agua en México

Las fuentes de agua no salina incluyen tanto cuerpos superficiales como lagos, estanques y ríos, así como mantos acuíferos del subsuelo constituidos por arena, grava o rocas porosas que contienen agua. El volumen de agua superficial disponible del país, según estimaciones para 1997 de la Comisión Nacional del Agua (CNA), es de 474.9 km³, el cual es resultado del balance general que considera precipitación pluvial, evapotranspiración, así como entradas y salidas de agua por acuerdos internacionales. Respecto de las aguas subterráneas, estimaciones de 1994 de la CNA indican que el volumen de recarga anual de acuíferos es del orden de 63.0 km³, siendo disponibles sólo 39 km³, de los cuales se extraen al año 24 km³ aproximadamente.

La precipitación pluvial anual promedio del país es de 777 mm, equivalente a 1 522 km³. De este volumen, el 72% regresa a la atmósfera por evapotranspiración; lo que queda, más lo que ingresa al país por acuerdos internacionales (procedente de Estados Unidos y de Guatemala), escurre en la superficie por ríos y arroyos alimentando estanques naturales y artificiales de distinto tamaño. Las

salidas anuales al mar se estiman en 359.1 km³, que junto con las salidas por acuerdos internacionales (con Estados Unidos) suman un total de 359.5 km³.

En promedio, a cada mexicano le corresponden cerca de 5 000 m³ de agua por año, o sea, unos 14 tinacos de agua diarios por persona, que incluye todos los usos. Esta cantidad representa casi la mitad del volumen que dispone un estadounidense, un vigésimo del de un canadiense, pero el doble, o más, del que dispone un europeo, y más de 170 veces que el de un egipcio; a nivel mundial, la disponibilidad *per capita* del agua en México se ubica en un nivel medio (500 a 10 mil m³).

Es importante considerar no sólo la cantidad total de agua que recibe el país anualmente en forma de lluvia, sino también la manera en que ésta se distribuye durante el año y entre años consecutivos, así como su relación con la distribución entre la población.

Las condiciones orográficas y las características propias de las latitudes en las que se ubica México hacen que la distribución de la lluvia sea muy irregular, de tal suerte que en el país existen zonas áridas (31% del territorio), semiáridas (36%) y húmedas o subhúmedas (33%). En este escenario, resulta que un bajacaliforniano dispone de unos 100 m³ de agua por año, mientras que en el sureste del país, a un chiapaneco le corresponden unos 17 mil m³.

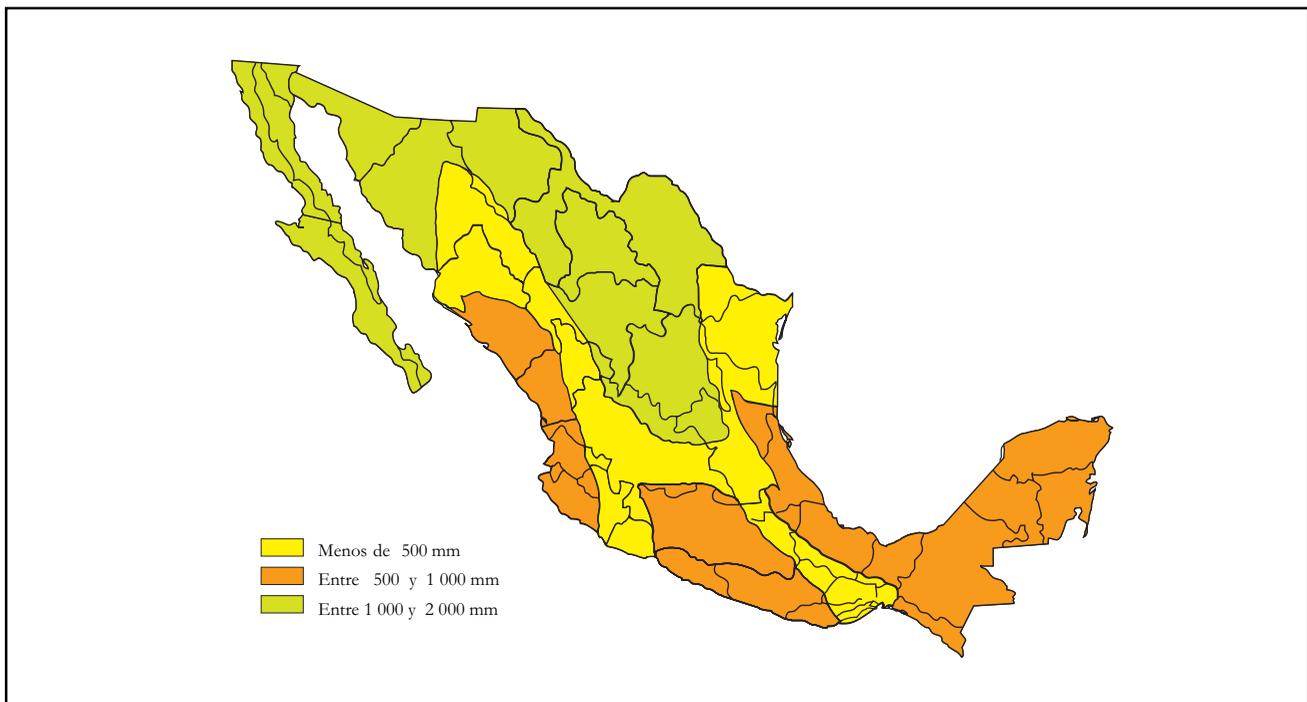
Otros ejemplos de esta heterogeneidad son los que se refieren al hecho de que más del 60% del escurrimiento nacional se produce en el 20% del territorio nacional, localizado en el sureste del país, en tanto que en el norte se presenta el 2% del escurrimiento en una superficie que representa el 34% del territorio. Respecto de la relación entre las distribuciones de la lluvia y de la población, la cuarta parte de la población nacional se asienta en altitudes superiores a dos mil metros, donde se dispone del 4% del escurrimiento superficial; en cambio, en altitudes inferiores a 500 metros, con una población similar a la anterior, se dispone del 50% del escurrimiento total (Mapa III.1.2.1).

Respecto de la variabilidad interanual de las precipitaciones, ésta también es importante, como lo evidencian las inundaciones que frecuentemente ocurren en el sureste y las sequías que se han presentado en el país en los últimos años. La sequía de los últimos tres años amenaza con reducir notablemente las reservas de agua para riego y uso doméstico. El reporte de la CNA para el primer trimestre de 1996 indica que las presas del noroeste del país estaban al 18.1% de su capacidad, las del noreste al 22%, las del centro al 40% y las del sur al 68 por ciento.

La administración pública del recurso agua plantea la necesidad de ampliar la infraestructura hidráulica para mejorar la calidad de los servicios de suministro, elevar

Precipitación pluvial media anual, 1975-1994

Mapa III.1.2.1



FUENTE: Comisión Nacional del Agua. En: Poder Ejecutivo Federal, Programa hidráulico, 1995-2000, México, 1996.

los niveles de bienestar de la población y combatir las epidemias de enfermedades infecciosas, como el cólera. Lo anterior no es una tarea fácil dada la distribución de la población, ya que en tres ciudades se concentra el 25% de la misma, mientras que el 75% restante se distribuye en más de 200 mil localidades, de las cuales el 75% tiene menos de 100 habitantes.

En México prácticamente todos los cuerpos de agua importantes están contaminados; 20 cuencas hidrológicas requieren atención, de las cuales, las 15 siguientes requieren atención prioritaria: Pánuco, Lerma, Balsas, San Juan, Coatzacoalcos, Blanco, Papaloapan, Valle de México, Conchos, Coahuayana, Culiacán, Fuerte, Yaqui, Mayo y Bajo Bravo (Mapa III.1.2.2).

Respecto del aprovechamiento de las aguas subterráneas: en muchos casos se presenta explotación excesiva de los acuíferos, con los consecuentes incrementos en los costos de bombeo y otros problemas colaterales, tales como hundimientos y, eventualmente, la salinización de las aguas del subsuelo. Hasta 1995, 80 de los 459 acuíferos descubiertos presentaban problemas de explotación excesiva (Cuadro III.1.2.1).

Principales cuencas contaminadas de atención prioritaria en México

Mapa III.1.2.2



FUENTE: Comisión Nacional del Agua. En: Poder Ejecutivo Federal, Programa hidráulico, 1995-2000, México, 1996.

México: balance de agua subterránea por región, 1994 (km ³ /año)						Cuadro III.1.2.1
Región	Número de acuíferos	Recarga	Extracción	Disponibile	Acuíferos con más del 20% de sobre-explotación	
Total nacional	459	62.54	23.93	38.61	80	
Noroeste	149	5.10	5.01	0.09	20	
Norte	86	4.87	5.00	-0.13	20	
Noreste	61	1.65	1.45	0.20	17	
Lerma-Balsas	92	8.16	7.40	0.76	19	
Valle de México	26	1.96	3.08	-1.12	03	
Sureste	45	40.80	1.99	38.81	01	

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, 1994. En: Poder Ejecutivo Federal, Programa hidráulico, 1995-2000, México, 1996.

Uso del agua en los sectores económicos principales

Con relación a los usos del agua en México, el mayor volumen que se consume se destina al riego agrícola, representando aproximadamente el 83% del total; 12% se destina al abastecimiento de agua por medio de redes públicas a las poblaciones; 3% para las industrias, de las que algunas tienen su propio sistema de abastecimiento; el 2% restante se emplea en acuacultura. Aunque las hidroeléctricas utilizan 113 millones de m³ de agua al año, 85% más de la que se usa para riego, éstas sólo hacen uso de la energía potencial del agua, por lo que el consumo y contaminación del recurso es prácticamente nulo, además de que a menudo los mismos volúmenes de agua pasan por turbinas generadoras de electricidad en más de una central (Cuadro III.1.2.2).

México: extracción y usos del agua, 1995		Cuadro III.1.2.2
Extracción y usos		km ³ /año
Extracción total		186.7
Usos consuntivos ¹		73.5
Agrícola		61.2
Doméstico		8.5
Industrial		2.5
Acuacultura intensiva		1.3
Uso no consuntivo ²		113.2
Generación de energía hidroeléctrica		113.2

¹ Impactan la disponibilidad al aprovechar el agua y sólo retornar una parte de ésta.

² Retornan la totalidad del agua aprovechada.

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, 1994. En: Poder Ejecutivo Federal, **Programa hidráulico, 1995-2000**, México, 1996.

Para satisfacer la demanda de los diversos usos del agua en el país, se cuenta con diversas obras de infraestructura hidráulica, tales como presas, acueductos, sistemas de abastecimiento de agua potable, centrales hidroeléctricas, así como también obras de protección contra inundaciones.

En las regiones áridas del país se han construido presas principalmente para riego, mientras que en las regiones húmedas las obras hidráulicas son principalmente para la generación de energía hidroeléctrica y control de avenidas. Actualmente se cuenta con alrededor de 4 mil obras de almacenamiento y control, de las cuales 640 están clasificadas como grandes presas. También existe infraestructura hidroagrícola que permite irrigar 6 millones de hectáreas, lo que ubica a México en el séptimo lugar a nivel mundial en cuanto a infraestructura hidráulica de este tipo.

La demanda de agua de buena calidad ha aumentado con el desarrollo económico y con el incremento de la población. Además de la demanda para uso agropecuario, doméstico e industrial, se pueden mencionar entre los usos que se han vuelto más importantes, los destinados a fines recreativos como la navegación, natación y pesca.

Se estima que la extracción de agua en México, para usos principales, ascendió en 1995 a 186.7 km³, de los cuales 73.5 km³ se destinaron a usos consuntivos, es decir a usos que sólo regresan al ciclo hidrológico una parte del agua utilizada, distribuidos de la siguiente manera: 61.2 km³ para riego agrícola, 8.5 km³ para uso doméstico, 2.5 km³ para la industria, 1.3 km³ para la acuacultura intensiva. Los 113.2 km³ restantes se destinaron a la generación de energía hidroeléctrica, clasificada como demanda no consuntiva, es decir, demanda que no abate las reservas hidrológicas pues regresa al ciclo del agua casi el total del volumen empleado en el proceso (Cuadro III.1.2.2; Gráfica III.1.2.1).

Uso doméstico

La extracción total de agua para este uso se estima en 8.5 km³ al año (270 m³/seg). La infraestructura instalada tiene capacidad para desinfectar el 95% del agua suministrada a la población. Además, 2.2 km³ al año (70 m³/seg) pasan por algún proceso de potabilización a través de 356 plantas distribuidas por todo el país. El mayor número de plantas potabilizadoras en operación se encuentra en Sinaloa, Tamaulipas, Sonora, Tabasco y Baja California (Cuadro III.1.2.3).

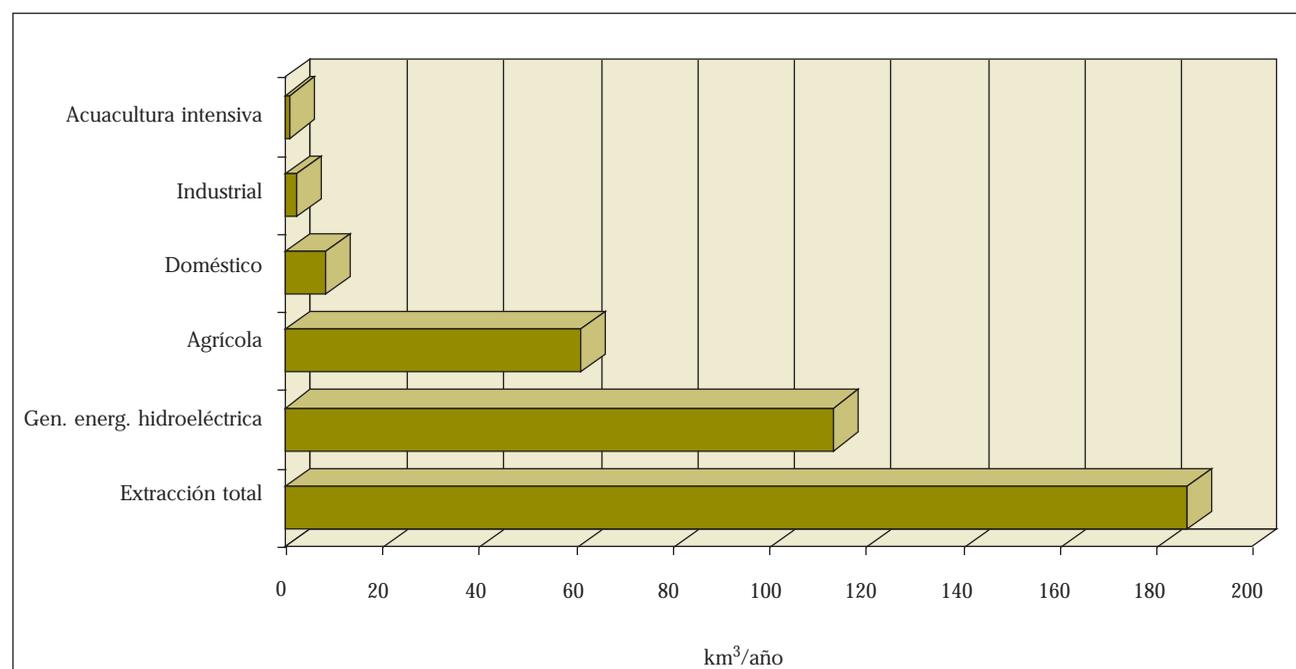
De acuerdo con la CNA, en 1995, 15 millones de habitantes carecían de agua potable y 30.2 millones de alcantarillado. Los mayores rezagos se ubican en el medio rural, ya que 47.5% de su población no tiene servicio de agua potable y 79.1% carece de alcantarillado (Cuadro III.1.2.4). Para el año 2 000 se estima que el país tendrá algo más de 99 millones de habitantes, de los cuales el 75% se concentrará en áreas urbanas y el 25% vivirá en el medio rural. Por ello, la demanda total de agua potable será de 9.4 km³ (299 m³/seg).

Uso agrícola

La tierra para uso agrícola en México representa una superficie aproximada de 20 millones de hectáreas, de las que 6.2 millones son de riego y el resto de temporal. El volumen de agua que se extrae al año para este uso es de 61.2 km³; las mayores proporciones se extraen de las regiones Lerma-Balsas y Noroeste, siendo en todos los casos superior al 50% la de origen superficial (Cuadro III.1.2.5).

México: extracción y usos del agua, 1995

Gráfica III.1.2.1



FUENTE: Poder Ejecutivo Federal, **Programa hidráulico, 1995-2000**, México, 1996.

Inventario de plantas potabilizadoras y capacidad por entidad federativa, 1995

Cuadro III.1.2.3

Entidad federativa	Núm. de Plantas	Operan (litros/segundo)		No Operan (litros/segundo)		
		Núm.	Capacidad Instalada	Capacidad Utilizada	Núm.	Capacidad
Total	356	287	99 377.8	76 617.5	69	2 754.7
Aguascalientes	2	1	25.0	10.0	1	0.9
Baja California	22	19	8 450.0	5 210.0	3	484.0
Baja California Sur	1	0	0.0	0.0	1	0.1
Campeche	2	2	505.0	383.0	0	0.0
Coahuila	3	3	1 100.0	1 000.0	0	0.0
Colima	0	0	0.0	0.0	0	0.0
Chiapas	4	3	2 500.0	1 910.0	1	0.0
Chihuahua	4	3	670.0	540.0	1	150.0
Distrito Federal	6	6	1 241.0	696.0	0	0.0
Durango	9	9	0.5	0.5	0	0.0
Guanajuato	2	2	400.0	310.0	0	0.0
Guerrero	9	8	3 180.0	2 905.0	1	200.0
Hidalgo	2	2	100.0	100.0	0	0.0
Jalisco	17	16	13 064.0	11 479.0	1	50.0
México	6	4	16 810.0	15 725.0	2	15.0
Michoacán	3	2	1 320.0	1 200.0	1	8.0
Morelos	0	0	0.0	0.0	0	0.0
Nayarit	3	3	230.0	120.0	0	0.0
Nuevo León	12	11	14 410.0	5 934.7	1	25.0
Oaxaca	6	6	1 051.3	611.3	0	0.0
Puebla	3	0	0.0	0.0	3	60.0
Querétaro	2	2	36.0	25.0	0	0.0
Quintana Roo	7	5	1 190.0	872.0	2	150.0
San Luis Potosí	9	7	838.5	803.5	2	70.0
Sinaloa	100	82	4 931.5	4 842.5	18	283.0
Sonora	27	22	3 430.0	3 000.0	5	55.7
Tabasco	18	18	3 375.0	3 335.0	0	0.0
Tamaulipas	54	42	12 575.0	9 815.0	12	416.0
Tlaxcala	0	0	0.0	0.0	0	0.0
Veracruz	8	7	5 945.0	4 090.0	1	0.0
Yucatán	10	2	2 000.0	1 700.0	8	745.0
Zacatecas	5	0	0.0	0.0	5	42.0

FUENTE: CNA, Gerencia de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento, *Evaluación del desempeño ambiental de México, 1996*.

México: población con cobertura de agua potable y alcantarillado por tamaño de localidad, 1995

Cuadro III.1.2.4

Tamaño de localidad	Número localidades	Población en localidades (Millones de habitantes)	Cobertura de agua potable		Cobertura de alcantarillado	
			(Millones de habitantes)	%	(Millones de habitantes)	%
Total nacional	156 603 ¹	91.6 ¹	76.5	83.5	61.4	67.0
Urbano						
80 000 o más	103	42.1	41.2	97.8	8.8	92.1
50 000 - 79 999	43	2.9	2.8	96.3	2.7	92.6
5 000 - 49 999	1 135	15.1	14.4	95.1	12.0	79.2
2 500 - 4 999	1 509	5.3	4.4	84.3	2.4	47.1
Subtotal	2 790	65.4	62.8	96.0	55.9	85.5
Rural						
1 000 - 2 499	4 661	8.3	5.6	67.6	2.6	31.0
1 - 999	149 152	17.9	8.1	45.4	2.9	16.2
Subtotal	153 813	26.2	13.7	52.5	5.5	20.9

¹ Estimaciones del CONAPO. La cifra definitiva del Censo de Población y Vivienda 1995 es de 91 158 290 habitantes y el número de localidades es de 201 138.

FUENTE: Consejo Nacional de Población, 1995; Comisión Nacional del Agua, 1995. En: Poder Ejecutivo Federal, **Programa hidráulico, 1995-2000**, México, 1996.

Volumen nacional de agua extraída para riego por región administrativa de la Comisión Nacional del Agua, 1994 (km³/año)

Cuadro III.1.2.5

Región	Total	Agua superficial	Agua subterránea
Total nacional	61.2	41.1	20.1
Noroeste	17.8	12.4	5.4
Norte	10.8	6.4	4.4
Noreste	3.6	3.1	0.5
Lerma - Balsas	19.6	12.9	6.7
Valle de México	4.3	2.9	1.4
Sureste	5.1	3.4	1.7

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, 1994. En: Poder Ejecutivo Federal, **Programa hidráulico, 1995-2000**, México, 1996.

Entre los problemas de la producción agrícola que derivan del uso inadecuado del agua para riego, se pueden mencionar los siguientes: pérdida del 35% en el volumen extraído debido a evaporación o a fallas en la conducción; de los 40 km³ (65% del total) aprovechados, 12 km³ regresan al ciclo hidrológico por infiltración, arrastrando consigo residuos de pesticidas y fertilizantes que favorecen la proliferación de maleza acuática y demeritan la calidad del agua que vuelve a ser extraída.

El 92% de la superficie de riego utiliza el método de gravedad y en muchos casos se emplea el riego por inundación

sin control, lo que ocasiona desperdicios y baja eficiencia en el aprovechamiento. Se estima que la eficiencia media de conducción en los distritos de riego durante 1994 fue de 64%, en tanto que la eficiencia de aplicación parcelaria fue de 70%, que en términos globales da una eficiencia del 45 por ciento.

Si la tendencia actual en el sector agrícola continúa como hasta ahora, en el año 2000 se puede esperar que se incorporen al riego 104 mil hectáreas, incrementando la demanda de agua en 2 km³ anuales. Un posible escenario para fortalecer la producción de alimentos implicaría crecer a una tasa del 1.77% anual para incorporar 560 mil

hectáreas al riego; en este caso la demanda de agua en el año 2000 requeriría una extracción de 7 km³ anuales adicionales. Sin embargo, la demanda podría ser menor si se utilizan prácticas de riego más eficientes.

Uso industrial

Este destino considera el agua usada por las industrias que se abastecen directamente de los cuerpos de agua y que descargan a cuerpos receptores; no incluye a las termoeléctricas ni a las industrias que se surten de las redes de agua potable y que vierten sus descargas en la red de alcantarillado municipal.

En 1994, el volumen suministrado a la industria fuera de las áreas urbanas fue de 2.5 km³ (78.7 m³/seg). Este volumen abasteció a mil 387 empresas, consideradas como las más importantes por el uso y descarga de agua. El 75% del suministro para este uso proviene del agua subterránea y el 25% de fuentes superficiales. El 35% del volumen total del agua se utiliza como materia prima o como medio de producción en distintos procesos, por lo que su calidad es un factor importante para su uso. La evaluación de los resultados obtenidos en 1994 a través de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, indica que, en las condiciones actuales, es difícil el aprovechamiento del agua superficial por parte de la industria, ya que el 59% está clasificada como contaminada y el 18% como excesivamente contaminada. Para el año 2000 se estima una demanda de agua para este uso de 2.6 km³ anuales (82 m³/seg), en tanto que la descarga de aguas residuales será de 2.1 km³ (66 m³/seg).

Uso para la generación de energía eléctrica

En 1994 se extrajeron 113.5 km³ de agua para generación de energía eléctrica en el país; un poco más del 99% la utilizaron las centrales hidroeléctricas y menos del 1% las termoeléctricas. Por regiones, las hidroeléctricas que utilizaron el mayor volumen de agua se localizan en el sureste

y noreste del país. Entre las plantas hidroeléctricas más importantes destacan las siguientes: La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas, en el río Grijalva; El Infiernillo, La Villita y Caracol, en el río Balsas (Cuadro III.1.2.6).

En las termoeléctricas se consume agua debido a la evaporación que se genera en el sistema de enfriamiento. En algunas centrales se utilizan sistemas cerrados para reciclar el agua y disminuir el consumo del recurso. En estos sistemas se generan concentraciones de sales, lo que representa un riesgo de contaminación cuando se purga el equipo, además el aumento en la temperatura del agua utilizada afecta los ecosistemas acuáticos cuando es descargada.

La generación de energía hidroeléctrica casi no consume agua, pero aprovecha su energía potencial y modifica el régimen de los ríos. Para el año 2000 se estima que la demanda de agua en las hidroeléctricas será de 142 km³ anuales y de 2.89 km³ para el enfriamiento en termoeléctricas.

Uso en acuicultura y pesca

Los cuerpos de agua existentes en el país abarcan una superficie de 3.8 millones de hectáreas, de las cuales 2.9 millones corresponden a agua salada en litorales y 0.9 son de agua dulce. Las zonas con agua salada/salobre representan un área potencial para la acuicultura; se estiman en poco más de 2 millones de hectáreas, de las cuales, 450 mil son propicias para el cultivo de camarón y 1.6 millones para otras especies. En la actualidad, sólo se aprovechan 16 mil hectáreas para el cultivo de camarón y 30 mil para otras especies. En cuerpos de agua dulce el potencial es de 900 mil hectáreas, pero sólo se utilizan 754 mil, con alcances muy limitados.

El potencial acuícola se ha reducido por la contaminación en diferentes cuerpos de agua dulce y salada, ocasionada por la industria, la agricultura y por activida-

México: extracción de agua para generación de energía eléctrica por región administrativa de la Comisión Nacional del Agua, 1994 (km³/año)

Cuadro III.1.2.6

Región	Centrales termoeléctricas	Centrales hidroeléctricas	Total
Totales	0.251	113.3	113.5
Noroeste	0.000	14.8	14.8
Norte	0.070	3.8	3.9
Noreste	0.113	2.8	2.9
Lerma - Balsas	0.022	34.1	34.1
Valle de México	0.041	0.4	0.4
Sureste	0.005	57.4	57.4

FUENTE: Comisión Federal de Electricidad, 1994 y Comisión Nacional del Agua, 1994. En: Poder Ejecutivo Federal, **Programa hidráulico, 1995-2000**, México, 1996.

des urbanas. Algunos ejemplos de cuerpos de agua con problemas de contaminación son los lagos de Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo, todos ellos de agua dulce; y en el caso de agua salobre/salada, las lagunas de Tamiahua, Alvarado, Términos, Chantuto, Panzacola y el Mar Muerto, así como en los estuarios de los ríos Pánuco, Coatzacoalcos, Fuerte y Mayo.

Uso para la navegación

El uso del agua para la navegación ha sido limitado en el país; sin embargo, es importante considerarlo debido a que puede afectar la calidad del agua, pues usos como el recreativo, turístico o pesquero pueden generar desechos contaminantes.

La navegación afecta la calidad del agua de los ríos y estuarios, debido a las descargas de residuos sólidos y

líquidos, algunas de ellas originadas por fugas y accidentes tanto en la navegación como en embarcaderos. Aún en operación normal, las pequeñas embarcaciones y motocicletas acuáticas que usan motores de dos tiempos arrojan grasas y aceites al agua. En las playas más concurridas por el turismo es notoria la contaminación provocada por el aceite que desechan las embarcaciones dedicadas a viajes turísticos.

No obstante, los cuerpos de agua interiores como ríos y estuarios para navíos de pequeño calado pueden ser aprovechados para transportar productos comerciales y en menor escala para recreación y turismo.

Los principales ríos navegables en el país son el Bravo, Lerma-Santiago, Pánuco, Tuxpan, Balsas, Cazones, Nautla, Actopan, La Antigua, Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva, Usumacinta y Río Hondo (Cuadro III.1.2.7).

México: Principales ríos, tramos navegables y tipo de embarcación Cuadro III.1.2.7

Río	Tramo navegable	Tipo de embarcación
Bravo	Unos cuantos kilómetros entre el mar y Matamoros	
Lerma-Santiago	Dentro del estado de Nayarit	Pequeñas embarcaciones
Pánuco	Entrada al puerto de Tampico hasta la confluencia de los ríos Moctezuma y Tamuín	Grandes embarcaciones Embarcaciones de corto calado
Tuxpan	Desde Álamo hasta su desembocadura	
Balsas	Desde el poblado Balsas hasta su desembocadura	
Cazones	Hasta Cazones, aproximadamente a 30 km de su desembocadura	Embarcaciones de corto calado
Nautla	Desde San Rafael hasta su desembocadura en la Barra de Nautla	
Actopan	Navegable a corta distancia de su desembocadura	
La Antigua	De Ciudad Cardel a su desembocadura	
Papaloapan	Desde Tuxtepec hasta su desembocadura	
Coatzacoalcos	Desde Minatitlán hasta su desembocadura	
Tonalá	Desde las Choapas hasta su desembocadura	
Grijalva	Desde Villahermosa hasta su desembocadura	
Usumacinta	Navegable en 500 km de su curso	
Hondo	Navegable hasta 50 km en temporada de secas y en época de lluvias hasta la confluencia de los ríos Azul e Xmoscha	

FUENTE: Poder Ejecutivo Federal, Programa hidráulico, 1995-2000, México, 1996.

Descargas directas de residuos sólidos y líquidos en cuerpos de agua

El agua residual que retorna a las corrientes con mayor o menor grado de carga contaminante suma 30.55 km³ al año. El sector agrícola genera 69.4% de este volumen y sus contaminantes son residuos agroquímicos y restos de suelos desprendidos por la erosión. La industria no integrada a los sistemas municipales genera 6.7% con una amplia gama de compuestos, muchos de ellos contaminantes. El restante 23.9% se vierte a través de descargas municipales conteniendo materia orgánica y bacterias, así como algunos tóxicos que provienen de las descargas industriales conectadas a las redes municipales de alcantarillado. Parte de esta contaminación es controlada en plantas depuradoras.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

De acuerdo con el **Programa hidráulico 1995-2000**, anualmente se generan 7.3 km³ de aguas municipales (231 m³/seg), de las cuales el alcantarillado público sólo recolecta 5.5 km³ al año (174 m³/seg).

En el país se estima que la población genera actualmente 1.80 millones de toneladas de DBO, lo cual es un indicador de la contaminación orgánica del agua. De éstas, 0.58 millones de toneladas no se recolectan por sistemas

convencionales y 1.22 millones de toneladas se recolectan mediante los sistemas de alcantarillado. Únicamente 0.15 millones de DBO son tratados adecuadamente, antes de ser descargados al medio natural.

Un estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua en 1994, que consideró la información de las descargas contaminantes de los sistemas de alcantarillado de mil 200 localidades del país, así como la de mil 387 establecimientos industriales que descargan sus aguas residuales a los cuerpos de aguas nacionales, reveló que las descargas municipales se concentraban en las áreas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las cuales aportaban respectivamente el 21.9, 4.3 y 3.7% de la carga total de DBO (4 mil 945 toneladas diarias).

Asimismo, de las cuencas hidrológicas consideradas en ese estudio, las que reciben mayor carga de contaminantes son las de los ríos Moctezuma y Papaloapan, las cuales concentran más de la tercera parte del total. Las aportaciones municipales e industriales que reciben estas cuencas son extraordinariamente variables; por ejemplo, las cuencas cuya descarga municipal es mayor al 50% reciben una carga de contaminantes de este tipo, equivalentes a dos mil 188 toneladas diarias de DBO, que representa el 32% del total de contaminantes y 77% de los de origen municipal (Cuadro III.1.2.8).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de descargas contaminantes en cuencas seleccionadas, 1994

Cuadro III.1.2.8

Cuenca	Descarga Total (toneladas DBO/día)	Descargas municipales [%]	Descargas industriales [%]
Total	6 879.1	41	59
Río Moctezuma	1 233.4	97	3
Río Papaloapan	1 224.3	10	90
Río Jamapa y otros	515.9	16	84
Río Soto la Marina	391.6	5	95
Río Bravo - San Juan	379.8	52	48
Río Atoyac - Puebla	275.0	72	28
Río Lerma - Salamanca	265.9	58	42
Río Santiago-Guadalajara	256.9	93	7
Río Tamuín	197.0	15	85
Río Pánuco	180.2	18	82
Río Grande de Amacuzac	179.7	42	58
Río Yaqui	175.5	17	83
Río Coahuayana	157.3	12	88
Río Santiago - Aguamilpa	154.3	15	85
Río Culiacán	151.7	30	70
Río Grijalva - Tuxtla Gutiérrez	145.5	40	60
Río La Laja	143.0	68	32
Río Lerma - Toluca	139.1	76	24
Río Tamesí	137.7	8	92
Río Balsas - Infiernillo	123.4	4	96
Río La Vega - Cocula	121.3	7	93
Río Coatzacoalcos	120.1	37	63
Río Tonalá - Laguna del Carmen	109.6	28	72
Río Tepalcatepec	100.9	19	81

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, *Diagnóstico de las acciones de saneamiento a nivel nacional*, México, 1996.

En relación a las industrias que descargan directamente sus aguas residuales a los cuerpos de agua, éstas generan un caudal de 77 m³/seg (sin considerar 190 m³/seg de agua de enfriamiento que se descargan en la generación de energía), con una carga orgánica de cuatro mil 920 toneladas diarias de DBO (1.8 millones de toneladas al año). Casi el 60% de las descargas industriales se concentran en nueve de las cuencas hidrológicas consideradas, de las cuales destacan las de los ríos Papaloapan con el 22.8% del total, Jamapa y otros con 8.8%, y la del río Soto La Marina con el 7.6 por ciento (Cuadro III.1.2.9).

Carga de DBO¹ por descargas de aguas residuales industriales en cuencas seleccionadas, 1994 Cuadro III.1.2.9

Cuenca hidrológica	Carga (toneladas/día)	Porcentaje
Total	4 920	100.0
Río Papaloapan	1 120	22.8
Río Jamapa y otros	432	8.8
Río Soto la Marina	372	7.6
Río Bravo - Río San Juan	185	3.8
Río Tamuín	168	3.4
Río Pánuco	148	3.0
Río Yaqui	145	2.9
Río Coahuayana	139	2.8
Río Balsas - Infiernillo	132	2.7
Otras	2 079	42.3

¹ Demanda Bioquímica de Oxígeno.

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, *Diagnóstico de las acciones de saneamiento a nivel nacional*, México, 1994.

Con base en la información de 177 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, la Comisión Nacional del Agua indica que el total tratado es de 5.3 m³/seg, lo que representa el 7% de lo generado. Expresado en términos de población, la masa de contaminantes descargados por industrias que no están conectadas a redes municipales de alcantarillado es equivalente a la masa de contaminantes producida por 65 millones de habitantes.

Se estima que para el año 2000 la demanda total de agua potable será de 9.4 km³ (299 m³/seg) y se generarán 7.7 km³ de aguas residuales con una concentración de 1.95 millones de toneladas de DBO al año, de las cuales 6.3 km³/año (200 m³/seg) se captarán en el alcantarillado, con un contenido de 1.49 millones de toneladas anuales de DBO.

En cuanto a eutroficación, este proceso puede llevar a la total degradación de los cuerpos de agua. En particular, el fósforo presente en los cuerpos de agua refleja contaminación por detergentes (domésticos e indus-

triales), al mismo tiempo que indica la posible captación de descargas no puntuales como el arrastre de fertilizantes en los lixiviados de la agricultura.

Elevadas concentraciones de fósforo se relacionan con el problema de eutroficación acelerada y la aparición consecuente de malezas acuáticas. En aguas no contaminadas, la concentración de fósforo va de 0.005 a 0.02 mg/litro. En varias regiones se tienen concentraciones superiores a 0.5 mg/litro; las regiones con este tipo de problemas son: Baja California Norte, Baja California Centro, Sonora Sur; los ríos: Bravo, Conchos, Presidio, San Pedro, Lerma Santiago, Bajo Pánuco, Bajo Balsas, Coatzacoalcos y Grijalva Usumacinta y las presas Amistad y Falcón. Además, el contenido de fósforo en varios de los cuerpos de agua corresponde a la presencia importante de malezas acuáticas.

Agua potable

Población con acceso

En materia de agua potable y alcantarillado, de 1990 a 1995, cerca de 12.2 millones de habitantes se incorporaron al servicio de agua potable, y aproximadamente 18.1 millones al de alcantarillado. La cobertura actual de la población con agua potable es de 83.5% y del 67% en alcantarillado (Cuadro III.1.2.4).

En el periodo 1990-1995 se alcanzó un crecimiento anual promedio de 4.06% en la cobertura de agua potable y de 8.64% en alcantarillado, superiores al doble de la tasa de crecimiento de la población. Este incremento contribuye a la reducción de la brecha que tradicionalmente se ha presentado en la dotación de ambos servicios.

Plantas potabilizadoras

El suministro de agua de buena calidad en los sistemas de abastecimiento es de importancia fundamental para la salud y el bienestar de la población, por lo cual se construyen instalaciones específicas para potabilizar el agua, de acuerdo con la normatividad establecida en la materia.

De 1994 a 1995 se incorporaron 56 plantas potabilizadoras de agua, capaces de procesar un caudal de 2 mil 589 litros/seg, de las cuales 36 son nuevas e incrementarán el gasto de operación en mil 800 litros/seg, beneficiando a los estados de Durango, Guerrero, Sinaloa, Tabasco y Tamaulipas.

En 1995 se reportaron 356 plantas potabilizadoras, de las cuales 287 funcionaban procesando un caudal promedio de 76 mil 617.5 litros/seg, que representan el 29% del volumen de agua suministrada; se encuentran fuera de operación 69 plantas con una capacidad instalada de 2 mil 754 litros/seg (Cuadro III.1.2.10).

Plantas potabilizadoras municipales, 1993-1995

Cuadro III.1.2.10

Año	Plantas construidas				
	Totales	En operación	Gasto (litros/seg)	Fuera de operación	Gasto (litros/seg)
1993	289	222	69 938.5	67	2 912
1994	300	233	74 028.5	67	2 587
1995	356	287	76 617.5	69	2 754

FUENTE: CNA, *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de 1995*, México, 1997.

En la actualidad se encuentran en construcción nueve plantas, con una capacidad total aproximada de 3 mil 120 litros/seg, en los estados de Guerrero, México, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco y Yucatán.

Plantas de tratamiento

Con recursos del Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), se desarrollan acciones como las del Programa de Saneamiento de Cuencas Hidrológicas, a través del cual, principalmente en la cuenca Lerma-Chapala y otros municipios, se han logrado avances en la rehabilitación, construcción y ampliación de sus sistemas de tratamiento. De 1988 a 1996 se ha incrementado la capacidad de tratamiento en casi 39 m³/seg en 1996 se estimaba un total de 787 plantas de tratamiento, con una capacidad instalada de más de 52.8 m³/seg, lo cual significa un aumento de 564 plantas más que las existentes en 1988 (Cuadro III.1.2.11).

En 1995 se contaba con 680 plantas con capacidad para dar tratamiento a 1.5 km³ de aguas residuales municipales al año (48.2 m³/seg), pero sólo estaban en operación 469, dando tratamiento a 1.3 km³ al año (41.7 m³/seg), por lo que se descargaban al ambiente sin tratar 6.0 km³ al año, dado que el volumen estimado de generación de aguas residuales municipales es de 7.3 km³ al año (231 m³/seg).

El volumen tratado contrastaba también con el gasto total de aguas negras procedentes de localidades urbanas, el cual en 1995 se estimaba en 5.4 km³ al año (170 m³/seg). El mayor número de plantas de tratamiento se localiza en Aguascalientes (65), Veracruz (49), Nuevo León (44) y Sonora (47) (Cuadro III.1.2.12).

Entre 1992 y 1995 entraron en operación 75 plantas, incrementando con ello el volumen tratado en 11.2 m³/seg con lo cual se llegó a las 469 plantas en operación antes mencionadas y a un volumen tratado de 41.7 m³/seg (Cuadro III.2.13).

Si se mantiene el nivel de tratamiento actual y entran en operación las plantas proyectadas para el año 2000, la CNA estima que para entonces se tendrá una capacidad de tratamiento de 148 m³/seg, lo que representará el saneamiento de 69% del caudal total que se espera sea generado por las poblaciones en ese año (215 m³/seg).

Si se mantiene el nivel de tratamiento actual y entran en operación las plantas proyectadas para el año 2000, la CNA estima que para entonces se tendrá una capacidad de tratamiento de 148 m³/seg, lo que representará el saneamiento de 69% del caudal total que se espera sea generado por las poblaciones en ese año (215 m³/seg).

Calidad del agua

La calidad del agua puede establecerse con base en sus niveles o concentraciones de sustancias químicas u organismos, los cuales deben mantenerse por debajo de sus respectivos umbrales para poder destinar el agua a actividades específicas.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) que se utiliza en México agrupa varios parámetros capaces de indicar un deterioro en la calidad del agua.

Es importante destacar que la calificación que se hace acerca de la calidad del agua y, en consecuencia, los procesos de purificación que deban aplicarse, dependen del uso al que se le destine. Por ejemplo, el agua de calidad aceptable debe tener valores del ICA entre 70 y 90 si es para uso agrícola, y entre 80 y 90 si es para su consumo como agua potable. Si el agua alcanza estos valores del

Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales¹

Cuadro III.1.2.11

Año	Núm. de plantas	Volumen tratado (m ³ /seg)	Remoción esperada (toneladas de DBO/día)
1988	223	14.0	302
1989	256	15.2	343
1990	310	19.3	418
1991	361	25.1	541
1992	577	29.1	627
1993	650	34.8	750
1994	666	35.7	771
1995	666	35.7	771
1996	787	52.8	1 140

¹ La información presentada aquí correspondiente al año 1995, difiere de la que aparece en el inventario previo (ver cuadro III.2.13) debido a correcciones hechas por la fuente.

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.

Inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales por entidad federativa, 1995

Cuadro III.1.2.12

Entidad federativa	Núm. de plantas	Capacidad instalada	En operación (litros/seg)		No operan (litros/seg)	
			Núm.	Gasto de operación	Núm.	Capacidad instalada
Total	680	48 172.0	469	41 705.7	211	6 466.4
Aguascalientes	65	2 491.4	45	2 361.9	20	129.5
Baja California	9	3 176.0	8	3 146.0	1	30.0
Baja California Sur	15	1 024.0	10	289.0	5	735.0
Campeche	8	25.8	5	24.5	3	1.3
Coahuila	11	797.5	7	585.0	4	212.5
Colima	25	418.5	20	403.5	5	15.0
Chiapas	5	210.7	4	198.7	1	12.0
Chihuahua	5	1 354.0	4	1 294.0	1	60.0
Distrito Federal	17	3 428.0	17	3 428.0	0	0.0
Durango	34	3 121.3	25	2 299.3	9	822.0
Guanajuato	17	2 004.0	5	1 188.0	12	816.0
Guerrero	20	2 120.0	19	2 100.0	1	20.0
Hidalgo	3	124.5	1	1.5	2	123.0
Jalisco	30	2 669.5	22	2 403.0	8	266.5
México	24	3 583.0	21	3 546.0	3	37.0
Michoacán	14	1 660.0	6	570.0	8	1 090.0
Morelos	9	1 445.0	8	1 432.0	1	13.0
Nayarit	34	981.0	25	893.5	9	87.5
Nuevo León	44	5 254.0	42	5 234.0	2	20.0
Oaxaca	16	514.1	10	238.1	6	276
Puebla	10	315.0	1	190.0	9	125.1
Querétaro	6	736.0	4	720.0	2	16.0
Quintana Roo	20	1 507.0	15	1 457.0	5	50.0
San Luis Potosí	10	126.0	5	86.0	5	40.0
Sinaloa	15	842.0	9	767.0	6	75.0
Sonora	47	1 824.0	30	1 424.4	17	399.6
Tabasco	18	1 020.2	6	707.2	12	313.0
Tamaulipas	18	1 113.0	11	817.0	7	296.0
Tlaxcala	38	951.5	25	840.5	13	111.0
Veracruz	49	3 014.0	37	2 910.0	12	104.0
Yucatán	17	52.6	17	52.6	0	0.0
Zacatecas	27	268.4	5	98.0	22	170.4

FUENTE: CNA, *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de 1995*, México, 1997.

Plantas de tratamiento de aguas residuales

Cuadro III.1.2.13

Año	Total	En operación		Sin funcionar	
		Número	Gasto (l/s)	Número	Gasto (l/s)
1992	546	394	30 554	152	4 738
1993	650	454	30 726	196	4 090
1994	666	461	32 065	205	5 723
1995	680	469	41 706	211	6 466

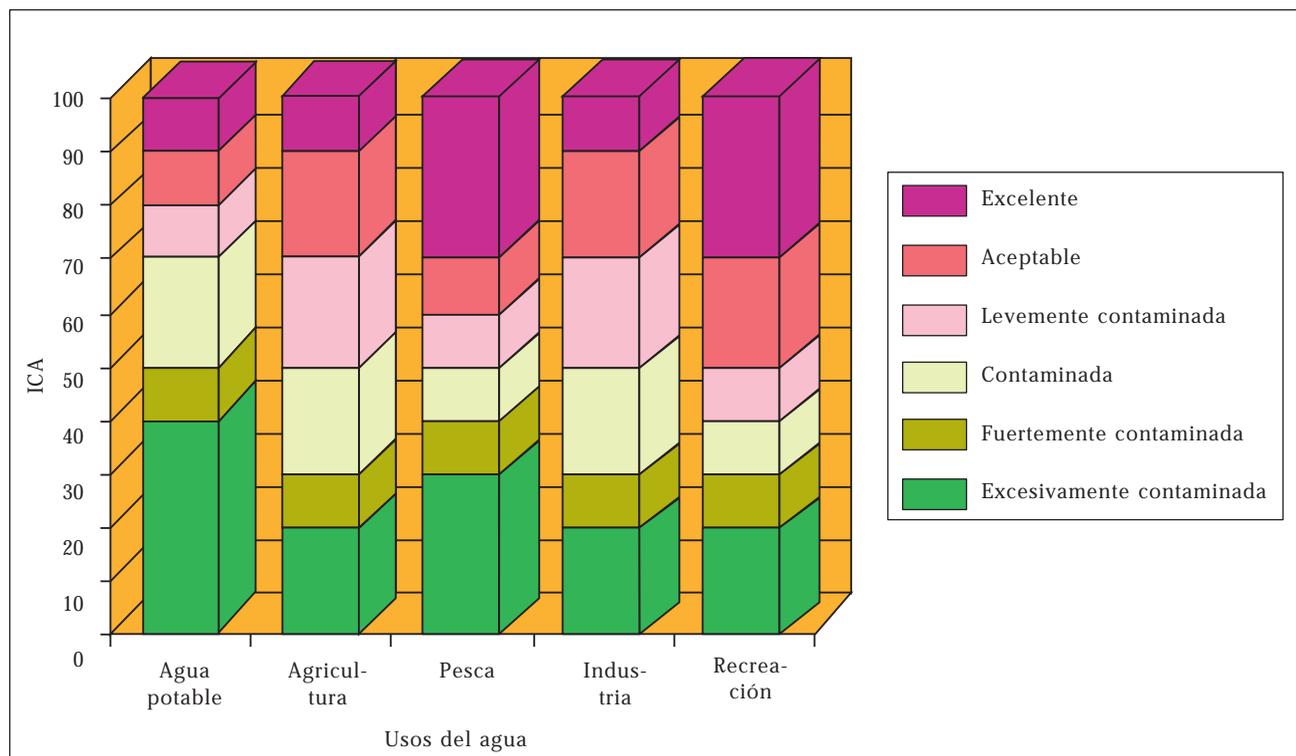
FUENTE: CNA, *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de 1995*, México, 1997.

ICA, se requiere tratamiento de purificación menor para poder destinarla a los usos mencionados, con la salvedad de que, en el caso del uso agrícola, sólo si se destina a cultivos que requieren agua de alta calidad. Asimismo, agua con valores del ICA entre 50 y 70, requiere de manera indispensable tratamientos de purificación si va a ser usada como agua potable, y en cambio, puede ser utilizada tal cual en la mayoría de los cultivos (Esquemas III.1.2.1 y III.1.2.2).

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden convertirse en focos o vehículos de enfermedades si no se toman las medidas de control adecuadas. De la evaluación periódica y la comparación de resultados de los análisis de las normas de calidad del agua, se desprenden actividades rutinarias en el campo de la salud pública. Las principales fuentes puntuales de contaminación del agua se han agrupado en los siguientes tres sectores:

Escala de los ICA como función del uso del agua

Esquema III.1.2.1



FUENTE: Comisión Nacional del Agua.

Escala de la Calidad del agua por tipo de uso

Esquema III.1.2.2

Rango ICA	Criterios generales			
	Estado	Uso: Agua potable	Estado	Uso: Agrícola
90	Excelente	No se requiere purificación para su consumo	Excelente	No se requiere de tratamiento para riego
80	Aceptable	Requiere purificación menor	Aceptable	Tratamiento menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua para riego
70	Levemente contaminada	Dudoso su consumo sin purificación	Levemente contaminada	Utilizable en la mayoría de los cultivos
50	Contaminada	Tratamiento de potabilización indispensable	Contaminada	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos
40	Fuertemente contaminada	Dudosa para consumo	Fuertemente contaminada	Sólo para cultivos muy resistentes (forrajes)
30	Excesivamente contaminada	Inaceptable para consumo	Excesivamente contaminada	Inaceptable para riego
20	Excesivamente contaminada	Inaceptable para consumo	Excesivamente contaminada	Inaceptable para riego

FUENTE: Comisión Nacional del Agua.

Social: Integrado por las descargas provenientes de los residuos de usos doméstico, sanitario y público que conforman las aguas residuales municipales.

Agropecuario: Representado por los afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado, lavado de legumbres, industrialización del coco, industrialización de limón, así como por el retorno de aguas de los campos agrícolas.

Industrial: Conformado por las descargas originadas durante la extracción de recursos naturales y la transformación de bienes de consumo y de servicios para satisfacer la demanda social.

La evaluación permanente de la calidad del agua de los ríos, arroyos, lagos, lagunas y embalses, por medio de la Red Nacional de Monitoreo de la CNA desde los años setenta, ha permitido conocer cuáles son los cuerpos de agua más contaminados. Asimismo, ha servido para establecer las prioridades en la planeación y fortalecimiento de las acciones de saneamiento a corto, mediano y largo plazo de tales cuerpos de agua.

Actualmente, la información sobre la calidad del agua incluye 793 puntos que cubren los principales cuerpos de agua del país, sitios que se distribuyen de la manera siguiente: 383 sitios para la vigilancia de 196 ríos, 224 para la supervisión de aguas subterráneas, 76 en 24 presas, 25 en drenajes, 24 en 13 canales, 20 para vigilar 12 zonas costeras, cinco para estuarios, 23 cubren 22 lagos y lagunas, 7 verifican otros tantos arroyos, y 6 a un número igual de cenotes. La Red cubre todas las entidades federativas y se distribuye en 29 de las 37 regiones hidrológicas en que está dividido el país. La actividad de la red consiste en recolectar 4 mil 12 muestras y determinar 96 parámetros de calidad del agua.

En 1994, a nivel nacional, cerca del 68% de las muestras de aguas superficiales analizadas presentaban problemas importantes de contaminación: 59.1% calificaba como contaminada y 8.7% como fuertemente contaminada. En el intervalo de valores más bajos del ICA (intervalo 0-40), el cual corresponde a las aguas excesivamente contaminadas y por lo cual inaceptables para consumo humano, se ubicó el 18% de las muestras antes aludidas, las cuales promediaron 31.86 como valor del ICA. Solamente el 7.1% de las muestras analizadas calificó como de calidad aceptable, con un valor promedio del ICA de 83.86; sin embargo, también requieren ser purificadas antes de ser destinadas a consumo humano (Cuadro III.2.14).

A nivel de las regiones administrativas de la CNA, el Valle de México, región en donde se asienta el mayor porcentaje de la población nacional y urbana, presenta los valores más bajos del ICA correspondientes a las categorías de fuertemente contaminada (con 24% de las muestras), y excesivamente contaminada (48% de las muestras).

El agua superficial de mejor calidad en el país, es decir, la considerada aceptable para el consumo humano, se localiza en la región noreste, con 39.5% de las muestras de la región y con una media en el ICA de 83.86.

En cuanto a la calidad del agua subterránea en el país, la Red de Monitoreo reportó que en 1994, el 67.4% de las muestras analizadas calificó entre las categorías de agua contaminada (39.6%) a fuertemente contaminada (27.8%) (Cuadro III.1.2.15).

Al igual que en las aguas superficiales, el tercer porcentaje más importante (24.9%) del agua subterránea se encuentra en el intervalo de valores del ICA correspondiente a la categoría excesivamente contaminada.

A nivel nacional, la mejor calidad del agua subterránea se encontró en el 7.7% de las muestras analizadas, las cuales alcanzaron 73.51% como valor promedio del ICA, lo que las calificó como aguas levemente contaminadas.

En 1991 la CNA puso en marcha el Programa de Agua Limpia para garantizar la calidad bacteriológica del agua que se destina al consumo humano directo y la que se comercializa embotellada o en forma de hielo, así como para controlar los impactos del riego con aguas residuales en cultivos que se consumen crudos. Además, se instrumentó el Programa de Saneamiento con objeto de mejorar las condiciones sanitarias de ríos y lagos nacionales.

No obstante, las descargas de aguas municipales continúan utilizándose para el riego de cultivos como forraje y maíz en más de 15 mil hectáreas de suelo agrícola; las que no se destinan a este uso se vierten sin tratar, en su gran mayoría, en ríos, lagos, lagunas y aguas costeras. Debido a lo anterior, en la actualidad existen 15 cuencas en las que es prioritario el control de la contaminación.

Los lagos en los que es prioritario el control de la contaminación son: Almoloya, Catemaco, Centenario, Chairel, Rodeo, Pátzcuaro, Milagros y Chapala. Asi-

Aguas superficiales: Índice de Calidad del Agua (ICA) en las regiones administrativas de la Comisión Nacional del Agua, 1994

Cuadro III.1.2.14

Regiones administrativas	Índice de calidad del agua (ICA) ¹											
	Excelente (90 - 100)		Aceptable (80 - 90)		Levemente contaminada (70 - 80)		Contaminada (50 - 70)		Fuertemente contaminada (40 - 50)		Excesivamente contaminada (0 - 40)	
	% ²	Media ³	% ²	Media ³	% ²	Media ³	% ²	Media ³	% ²	Media ³	% ²	Media ³
Estados Unidos Mexicanos			7.10	83.86	7.10	74.63	59.10	60.78	8.70	45.71	18.00	31.86
Noroeste					3.45	71.19	77.59	61.93	1.72	50.01	17.24	29.18
Norte					16.26	73.86	67.48	61.03	6.50	48.55	9.76	30.28
Noreste			39.51	83.86	6.17	77.16	39.51	62.48	7.41	45.39	7.40	32.08
Lerma Balsas							65.63	59.72	4.69	46.17	29.69	33.68
Valle de México					2.17	78.30	26.09	59.99	23.91	43.86	47.83	31.18
Sureste					7.27	76.10	54.55	62.51	16.36	45.04	21.82	33.91

¹ Parámetros regularmente evaluados para la estimación del ICA:

Alcalinidad	Dureza Total	Oxígeno Disuelto
Cloruros	Fosfatos	Acidificación (pH)
Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Disueltos Totales
Coliformes Totales	Nitrógeno Amoniacal	Sólidos Suspendidos Totales
Color	Nitrógeno de Nitratos	Turbiedad
Conductividad	Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Sustancias activas al Azul de Metileno		

² Porcentaje de las muestras analizadas que se ubica en cada una de las categorías de calidad del agua del ICA

³ Promedio del ICA de las muestras consideradas en cada categoría de calidad del agua

ICA	Requerimiento de purificación del agua para utilizarla como agua potable
Excelente (90-100)	No requiere purificación para consumo humano
Aceptable (80-90)	Requiere purificación menor antes de consumirla
Levemente contaminada (70-80)	Sin purificación su consumo es riesgoso
Contaminada (50-70)	Necesariamente requiere ser purificada
Fuertemente contaminada (40-50)	Consumo riesgoso
Inaceptable para consumo humano (0-40)	Inaceptable para consumo humano

FUENTE: Elaborado por el INEGI, con base en información de la Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1996.

mismo, es importante realizar control de malezas acuáticas en las presas Solís (Guanajuato), Endhó (Hidalgo), Barraje de Ibarra y Melchor Ocampo (Michoacán), Marín y Valle de Bravo (Estado de México); en el Lago de Chapala y en las Lagunas de San Miguel Almaya y Zumpango; y en los ríos San Juan, Lerma, Santiago, Alto Pánuco, Atoyac-Mixteco, Culiacán, Fuerte y Mayo.

Entre 1993 y 1994 el Programa Agua Limpia incrementó en 13 mil 281 litros por segundo (5.6%) el suministro de agua desinfectada a través de equipos de cloradores y plantas potabilizadoras municipales (Cuadro III.1.2.16).

Sin embargo, la presencia en el agua de microorganismos contaminantes como los de la especie *Escherichia coli*, y de los géneros *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Shigella* y *Proteus*, entre otros, los cuales dañan principalmente el aparato gastrointestinal, sigue contribuyendo al aumento de enfermedades de origen hídrico.

La mortalidad causada por infecciones intestinales disminuyó a menos de la mitad entre 1990 y 1995, al pasar de 22 mil 196 defunciones generales en el primer año, a 9 mil 585 en el segundo; la excepción a este comportamiento general la representa el cólera, enfermedad que ha aumentado a más del doble entre 1992 y 1995 al pasar de 69 a 143 defunciones, mientras que en 1990 no se registró ninguna defunción por esta causa (Cuadro III.1.2.17).

Finalmente, la disminución en la mortalidad causada por enfermedades intestinales ha sido desigual entre las entidades que integran la federación; las mayores disminuciones entre 1990 y 1995 se registraron en siete entidades, en las cuales las disminuciones fluctuaron entre 60 y 70% aproximadamente (destacan Durango con 70 y Oaxaca con 68%). Sin embargo, en 1995 las menores tasas de defunciones por infecciones intestinales se registraron en Nuevo León y Baja California Sur (Cuadro III.1.2.18).

Aguas subterráneas: Índice de Calidad del Agua (ICA), 1994

Cuadro III.1.2.15

Entidad federativa	Índice de calidad del agua (ICA) ¹												
	Excelente (90 - 100)		Aceptable (80 - 90)		Levemente contaminada (70 - 80)		Contaminada (50 - 70)		Fuertemente contaminada (40 - 50)		Excesivamente contaminada (0 - 40)		
	Total	% ²	Media ³	% ²	Media ³	% ²	Media ²	% ¹	Media ³	% ¹	Media ³	% ²	Media ³
Total nacional	100.0					7.7	73.51	39.6	61.13	27.8	45.27	24.9	32.42
Aguascalientes	100.0					18.8	72.32	43.8	62.97			37.5	29.35
Baja California Sur	100.0									13.3	42.79	86.7	32.51
Chihuahua	100.0							33.3	57.18	66.7	48.24		
Durango	100.0					36.4	74.50	63.6	65.43				
Guanajuato	100.0							11.1	52.17	50.0	46.42	38.9	32.40
Jalisco	100.0							33.3	58.76	27.8	44.53	38.9	34.68
México	100.0									14.3	43.41	85.7	31.01
Michoacán	100.0							42.9	60.22	42.9	41.96	14.3	28.70
Yucatán	100.0					3.3	71.38	56.7	60.12	38.3	45.48	1.7	40.20
Zacatecas	100.0									66.7	44.99	33.3	38.62

¹ Parámetros regularmente evaluados para la estimación del ICA:

Alcalinidad	Dureza Total	Oxígeno Disuelto
Cloruros	Fosfatos	Acidificación (pH)
Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Disueltos Totales
Coliformes Totales	Nitrógeno Amoniacal	Sólidos Suspendidos Totales
Color	Nitrógeno de Nitratos	Turbiedad
Conductividad	Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Sustancias activas al Azul de Metileno		

² Porcentaje de las muestras analizadas que se ubica en cada una de las categorías de calidad del agua del ICA

³ Promedio del ICA de las muestras consideradas en cada categoría de calidad del agua

ICA	Requerimiento de purificación del agua para utilizarla como agua potable
Excelente (90-100)	No requiere purificación para consumo humano
Aceptable (80-90)	Requiere purificación menor antes de consumirla
Levemente contaminada (70-80)	Sin purificación su consumo es riesgoso
Contaminada (50-70)	Necesariamente requiere ser purificada
Fuertemente contaminada (40-50)	Consumo riesgoso
Inaceptable para consumo humano (0-40)	Inaceptable para consumo humano

FUENTE: Elaborado por el INEGI, con base en información de la Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1996.

Agua desinfectada por entidad federativa, 1993-1994 (litros/segundo)

 Cuadro III.1.2.16
 Continúa

Entidad federativa	1993			1994			Incremento de agua desinfectada (%)
	Agua suministrada	Agua desinfectada	%	Agua suministrada	Agua desinfectada	%	
Total nacional	249 692	237 149	95.0	261 290	250 430	96.0	0.06
Aguascalientes	3 380	3 290	97.3	3 530	3 450	97.7	4.90
Baja California	5 980	5 940	99.3	5 990	5 940	99.1	0.00
Baja California Sur	1 770	1 760	99.4	1 770	1 760	99.4	0.00
Campeche	1 010	1 010	100.0	1 020	1 020	100.0	0.10
Coahuila	9 706	9 453	97.4	6 430	6 320	98.3	-
Colima	2 190	1 980	90.4	2 190	2 030	92.7	2.50
Chiapas	5 130	5 090	99.2	5 460	5 460	100.0	7.30
Chihuahua	12 500	11 690	93.5	13 240	13 030	98.4	11.50
Distrito Federal	36 500	36 500	100.0	36 500	36 500	100.0	0.00
Durango	5 476	4 966	90.7	3 200	3 200	100.0	-
Guanajuato	10 150	8 440	83.2	10 150	8 500	83.7	0.70
Guerrero	5 840	5 640	96.6	5 840	5 640	96.5	0.00
Hidalgo	3 500	3 160	90.3	3 500	3 160	90.3	0.00
Jalisco	18 630	18 160	97.5	18 630	18 450	99.0	1.60
Laguna ¹				5 620	4 960	88.3	-
México	29 000	27 380	94.4	32 700	32 180	98.4	17.50
Michoacán	8 020	6 520	81.3	8 300	6 980	84.1	7.00
Morelos	4 250	4 220	99.3	4 700	4 300	91.5	1.90

Agua desinfectada por entidad federativa, 1993-1994
(litros/segundo)

Cuadro III.1.2.16
Conclusión

Entidad federativa	1993			1994			Incremento de agua desinfectada (%)
	Agua suministrada	Agua desinfectada	%	Agua suministrada	Agua desinfectada	%	
Total nacional	249 692	237 149	95.0	261 290	250 430	96.0	0.06
Nayarit	2 790	2 750	98.6	2 790	2 750	98.6	0.00
Nuevo León	10 250	10 010	97.7	12 200	11 270	92.4	12.60
Oaxaca	4 650	4 620	99.4	5 000	4 940	98.8	6.90
Puebla	7 270	6 990	96.1	7 270	7 030	96.7	0.60
Querétaro	3 900	3 240	83.1	4 430	4 000	90.3	23.40
Quintana Roo	2 200	2 200	100.0	2 220	2 220	100.0	0.00
San Luis Potosí	5 220	4 750	91.0	5 220	4 750	91.0	0.00
Sinaloa	8 050	7 360	91.4	8 060	7 430	92.2	0.90
Sonora	6 830	6 590	96.5	6 830	6 620	97.0	0.50
Tabasco	4 480	4 390	98.0	4 480	4 440	99.1	1.10
Tamaulipas	8 000	6 960	87.0	8 000	6 950	86.9	0.10
Tlaxcala	1 430	1 430	100.0	1 430	1 430	100.0	0.00
Veracruz	13 400	13 140	98.1	13 600	13 400	98.5	1.90
Yucatán	3 940	3 930	99.7	5 890	5 840	99.2	48.60
Zacatecas	4 250	3 590	84.5	5 100	4 480	87.8	24.80

¹ Para 1993 los datos de La Laguna están integrados a las cifras de Coahuila y Durango.

FUENTE: Semarnap, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua, *Situación del subsector, agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de 1994*, México, 1995.

Defunciones por enfermedades infecciosas intestinales, 1990, 1992 y 1995

Cuadro III.1.2.17

Causas	1990				1992				1995			
	Menores de 1 año	De 1 a 4 años	Menores de 5 años	Todas las edades	Menores de 1 año	De 1 a 4 años	Menores de 5 años	Todas las edades	Menores de 1 año	De 1 a 4 años	Menores de 5 años	Todas las edades
Enfermedades infecciosas intestinales	9 886	4 125	14 011	22 196	5 153	2 062	7 215	14 191	3 500	1 364	4 864	9 585
Cólera	-	-	-	-	1	3	4	69	9	6	15	143
Fiebre tifoidea	58	66	124	591	26	25	51	333	19	14	33	230
Shigelosis	45	35	80	145	26	21	47	97	15	11	26	60
Intoxicación alimentaria	55	68	123	572	24	30	54	378	22	19	41	291
Amibiasis	177	134	311	1 114	75	71	146	674	70	52	122	492
Infecciones intestinales debidas a otros organismos especificados	276	125	401	530	151	51	202	314	95	36	131	205
Infección intestinal maldefinida	9 275	3 696	12 971	19 233	4 850	1 861	6 711	12 324	3 270	1 226	4 496	8 161
Las demás causas	-	1	1	11	-	-	-	2	-	-	-	3

FUENTE: INEGI, Dirección General de Estadística, Dirección de Estadísticas Demográficas y Sociales, varios años.

La evaluación de la calidad del agua, iniciada en 1975, con resultados disponibles hasta 1995, indica que a nivel de regiones hidrológicas, los problemas de contaminación más altos (ICA entre 0 y 50%) se encuentran en las regiones hidrológicas números 12a, 18c, 24b y 26b, específicamente en los siguientes cuerpos de agua:

Región hidrológica 12a: los ríos Calvillo, Grande de Morelia, San Pedro, Guanajuato, Los Gómez, Turbio, Lerma, arroyo Mezapa, laguna de Almoloya y el embalse de la presa Niágara. El alto grado de contami-

nación de estos cuerpos de agua se debe a que en la región se encuentra asentada una cantidad considerable de poblaciones tales como Querétaro, Toluca, León, Morelia, Zamora, La Piedad, Guanajuato, Salamanca, Irapuato y San Francisco del Rincón, entre otras. La actividad industrial se concentra en el corredor industrial Toluca-Lerma, en las zonas urbano-industriales de Querétaro, del río Grande de Morelia, de Celaya-Salamanca-Irapuato, y en la de León. Adicionalmente a las descargas de aguas residuales de tipo municipal como industrial, existen descargas de las granjas porcícolas de Abasolo-La Piedad, así como

Defunciones por enfermedades infecciosas intestinales según entidad federativa, 1990, 1992 y 1995

Cuadro III.1.2.18

Entidad federativa	1990		1992		1995	
	Defun- ciones	Tasa ¹	Defun- ciones	Tasa ¹	Defun- ciones	Tasa ¹
Total nacional	22 196	27.32	14 191	16.57	9 585	10.52
Aguascalientes	141	19.59	76	9.86	61	7.07
Baja California	197	11.86	137	7.18	117	5.55
Baja California Sur	32	10.07	19	5.40	13	3.46
Campeche	127	23.73	110	19.32	73	11.37
Chiapas	175	8.87	124	6.08	114	5.25
Chihuahua	95	22.17	50	10.90	38	7.80
Coahuila	2 525	78.65	1 790	52.09	1 107	30.69
Colima	384	15.73	167	6.67	177	6.34
Distrito Federal	988	12.00	639	7.72	585	6.90
Durango	116	8.60	69	4.95	35	2.45
Guanajuato	1 548	38.87	858	20.57	612	13.93
Guerrero	693	26.44	614	22.47	335	11.49
Hidalgo	434	22.98	263	13.52	153	7.25
Jalisco	920	17.35	490	8.61	359	5.99
México	3 144	32.03	1 969	18.39	1 294	11.06
Michoacán	693	19.53	475	12.76	330	8.53
Morelos	255	21.34	188	14.93	148	10.26
Nayarit	128	15.52	58	6.65	54	6.03
Nuevo León	241	7.78	133	3.99	103	2.90
Oaxaca	2 649	87.73	1 741	54.29	858	26.61
Puebla	2 138	51.82	1 479	33.56	942	20.37
Querétaro	415	39.48	204	18.11	150	12.01
Quintana Roo	85	17.23	51	8.83	44	6.25
San Luis Potosí	596	29.75	302	14.46	254	11.59
Sinaloa	168	7.62	127	5.42	112	4.62
Sonora	305	16.73	204	10.93	142	6.82
Tabasco	394	26.24	189	11.85	143	8.18
Tamaulipas	247	10.98	119	5.06	113	4.47
Tlaxcala	254	33.36	179	22.02	111	12.56
Veracruz	1 513	24.29	989	15.44	688	10.22
Yucatán	330	24.21	222	15.97	196	12.60
Zacatecas	257	20.14	148	11.30	110	8.23
Extranjero	9		8		14	

¹ Por 100 000 habitantes.

NOTA: Obtenida a partir de los Resultados Preliminares del Censo de Población y Vivienda, 1995.

FUENTE: INEGI, Dirección General de Estadísticas Demográficas y Sociales, varios años.

los retornos agrícolas que incorporan importantes cantidades de contaminantes en los cuerpos de agua en los distritos de riego.

Región hidrológica 18c: los ríos Zahuapan, Atoyac, Alseseca, San Francisco, Apatlaco, Nexapa y el embalse de la presa Villa Victoria. El alto grado de contaminación de estos cuerpos de agua se debe a que en la región se encuentran ciudades importantes como Puebla, Tlaxcala, Atlixco, San Martín Texmelucan, Izúcar de Matamoros y Chilpa, las cuales se caracterizan por su constante crecimiento urbano y su consecuente descarga de aguas residuales. También existe un importante desarrollo industrial basado principalmente

en las industrias automotriz, química, alimentaria y textil, así como actividad agrícola la cual es beneficiada por el distrito de riego Valsequillo.

Región hidrológica 24b: los ríos Pesquería y Talavera, arroyos Ayancual, La Encantada y Topochico, y la laguna La Escondida. El alto grado de contaminación de estos cuerpos de agua se debe a que reciben aguas residuales de poblaciones como Monterrey, Saltillo, Monclova, Sabinas, Chihuahua, Ciudad Camargo, Ciudad Jiménez, Hidalgo del Parral, Delicias, Ojinaga, Ciudad Juárez, Matamoros, Reynosa y Nuevo Laredo, así como de actividades industriales como la petroquímica, química, metal básica, minera

no metálica, celulosa y papel, automotriz, alimentos, textil y cemento; además existen descargas de aguas de retorno agrícola.

Región hidrológica 26b: los ríos San Buenaventura, Churubusco, Magdalena, Tula, Los Remedios, Alfajayucan, San Juan, Salado, Tepeji, laguna Los Reyes y el embalse de la presa Constitución de 1917. El alto grado de contaminación se debe principalmente a que en la región se encuentra establecida la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en la cual se concentra cerca de la quinta parte de la población del país y un alto porcentaje de la industria.

En general, los altos índices de contaminación de los cuerpos de agua de estas regiones se deben a que en ellas se encuentran establecidos los principales centros de población y de desarrollo industrial del país, los cuales drenan, directa o indirectamente, grandes volúmenes de aguas residuales a los cuerpos de agua, los que, debido a los volúmenes tan pequeños que transportan actualmente, no tienen capacidad para asimilar y diluir los contaminantes vertidos. En estos cuerpos de agua se realizan los mayores esfuerzos de control de la contaminación.

Los cuerpos de agua que no presentan problemas de contaminación (ICA entre 70 y 100%) son: el río Piaxtla en la región hidrológica 10; el embalse de la presa Plutarco Elías Calles en la región 12a; los ríos Manialtepec y San Francisco en la región 21; los ríos Atoyac o Verde y Quetzala en la región 20; el embalse de la presa Benito Juárez en la región 22; el río Blanquillo en la región 24b; el río Purificación en la región 25; los ríos Calabozo y Gallinas y el embalse de la presa Emilio Portes Gil en la región 26a; y el río Palizada en la región 30.

La mayoría de los cuerpos de agua presenta una calidad que se considera adecuada para su aprovechamiento, bajo ciertas condiciones de tratamiento, en las diferentes actividades mencionadas (con valores del ICA entre 50 y 70%). Sin embargo, la mayoría muestra una tendencia a incrementar su contaminación, debido al crecimiento de la población y actividades económicas en las poblaciones que descargan sus aguas directa o indirectamente a ellos. Se están atendiendo las necesidades de control de la contaminación en aquellos cuerpos de agua que presentan el mayor grado de contaminación.

Por último, en relación a los agentes contaminantes, se puede afirmar que el principal problema de contaminación de las aguas nacionales superficiales deriva de la presencia de microorganismos patógenos, seguida de la de grasas y aceites, ortofosfatos, sólidos disueltos y sustancias activas al azul de metileno.

Participación institucional

Con la publicación de la Ley de Aguas Nacionales en 1992 y su Reglamento en 1994, la CNA se consolida como autoridad federal única en materia de agua y concentra la mayor parte de las funciones relativas al manejo del recurso, una de cuyas principales tareas es formular el Programa Hidráulico Nacional, actualizarlo y vigilar su cumplimiento.

Consejos de Cuenca

La Ley de Aguas Nacionales de 1992 contempla la creación de Consejos de Cuenca para que los programas y acciones relativos al aprovechamiento y preservación del recurso, se realicen con la concertación de los usuarios y de los gobiernos estatales y municipales.

Actualmente existen tres Consejos de Cuenca formalmente constituidos, a saber: el de la cuenca Lerma Chapala, creado en 1993; el de la cuenca del Río Bravo, constituido en 1994; y el de la cuenca del Valle de México, establecido en 1995.

Programa Agua Limpia

Este programa fue establecido en 1991 para reforzar el control de la calidad del agua, con el objetivo de garantizar que el recurso hidráulico cumpla con las normas de calidad para los usos a que se destina; a finales de 1993, la CNA puso en marcha la segunda etapa de dicho Programa.

Los resultados obtenidos a más de cinco años de vigencia del programa son considerables. Respecto de las 250 localidades que en 1991 contaban con sistemas de desinfección (cloración), en febrero de 1997 más de 17 mil 490 localidades disponían de agua con infraestructura de desinfección, beneficiándose 72.7 millones de habitantes aproximadamente. El número de hectáreas irrigadas con aguas residuales sin tratamiento, usadas en el riego de verduras y hortalizas que se consumen crudas, descendió de más de 24 mil a 180 hectáreas, beneficiando a la población consumidora y a los trabajadores del campo que se exponen al contacto directo con este tipo de aguas (Cuadro III.1.2.19).

Programa de control de malezas acuáticas

Dada la problemática por infestación de malezas acuáticas a nivel nacional, se elaboró el Programa de Control de Malezas Acuáticas (PROCMA), con la finalidad de buscar la restauración y protección de los medios acuáticos mediante la aplicación de métodos de control que permitan llevar a límites manejables, todas aquellas poblaciones de macrofitas acuáticas que además afectan el uso del agua y el manejo óptimo de la infraestructura hidráulica nacional; el PROCMA utiliza diversos métodos

Resultados del Programa Agua Limpia a febrero de 1997

Cuadro III.1.2.19

Concepto	Inicio Programa abril 1991	Diciembre 1991	Diciembre 1992	Diciembre 1993	Diciembre 1994	Diciembre 1995	Diciembre 1996	Febrero 1997
Cobertura de abastecimiento de agua potable (millones de habitantes)	66	68	70	73	75	76	78	78
Localidades con cloración	250	6 609	10 714	13 940	14 866	16 039	16 728	17 498
Habitantes beneficiados (millones)	35	61	63	68	69	72	72	73
Habitantes beneficiados (\$ respecto a la cobertura de suministro)	53	89	89	93	93	94	93	93
Capacidad instalada de cloración (m ³ /seg)	122	203	229	237	251	254	262	263
Sitios de muestreo de cloro residual (CNA)	200 ¹	7 500 ¹	56 182 ¹	77 580 ¹	13 557	14 617	3 359	6 205
Sitios de muestreo que no cumplen con la norma, CNA (%)	29 ¹	44 ¹	25 ¹	15 ¹	23	45	34	32
Sitios de muestreo de cloro residual (org. operador)					57 860	52 658	35 167	65 238
Sitios de muestreo que no cumplen con la norma, org. operadores (%)					28	37	21	16
Cultivos restringidos regados con aguas residuales (Ha)	24 163	5 301	2 590	715	63	161	140	180
Capacidad instalada de plantas de tratamiento de aguas residuales en operación (m ³ /seg)	14	14	17	23	24	29	38	38
Centros hospitalarios con seguimiento de descargas	n.d.	n.d.	2 571	3 064	2 797	2 915	3 108	3 245
Descargas con tratamiento de aguas residuales	n.d.	n.d.	224	303	375	379	398	398
Protección de fuentes de abastecimiento (avance inventario)	n.d.	n.d.	n.d.	8 495	17 668	22 473	24 229	24 331

¹ Dato reportado conjuntamente por CNA - Organismo Operador.

n.d.: No disponible.

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.

conocidos a nivel mundial, los cuales son manuales, mecánicos, químicos y biológicos.

Con la aplicación de estos métodos, en 1995 se destaca la limpieza total de los embalses: Centenario (Querétaro), Urepetiro y Barraje de Ibarra (Michoacán), así como Requena (Hidalgo), lo que representó liberar de lirio acuático una superficie de mil 269 hectáreas. Al mismo tiempo, se mantuvieron en bajos niveles de infestación las presas Trigomil, Tacotán, Miraplanes y Hurtado en el estado de Jalisco, así como las presas Madín y Valle de Bravo en el estado de México, beneficiándose una superficie del orden de las 3 mil 600 hectáreas.

En 1996 sobresalen los trabajos de limpieza total de lirio acuático en los embalses: José Antonio Alzate (estado de México), Manuel Ávila Camacho (Puebla), Solís (Guanajuato) y Endhó (Hidalgo), integrándose una superficie atendida de 4 mil 235 hectáreas, con lo que se benefició una superficie inundada de 8 mil 909 hectáreas. En este mismo año se pusieron en marcha controles a

nivel de cuenca, destacándose los instrumentados en tres corrientes tributarias del Lago de Chapala: Lerma, Duero y Zula. Con ello, se empezó a resolver la problemática generada por la infestación de lirio acuático de este cuerpo de agua, al reducirse los aportes de esta maleza flotante proveniente de aguas arriba.

Por la importancia del Lago de Chapala dentro del control de malezas acuáticas, la Comisión Nacional del Agua ha realizado trabajos de limpieza de sus riberas y extracción de lirio acuático y tule; estas obras han contribuido a reducir las cubiertas de macrofitas acuáticas, las cuales, se calcula, han pasado de una cubierta de infestación de aproximadamente 18 mil hectáreas en 1993 a tres mil en 1996.

El PROCMA proyecta en 1997 aplicar controles en aproximadamente cinco mil hectáreas, lo que representaría atender 10 embalses y mantener en límites manejables 23 mil 163 hectáreas distribuidas en 14 embalses.