



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Posgrado en Geografía

Facultad de Filosofía y Letras

Instituto de Geografía

Aproximación a la crisis del agua en México  
(1994-2012)

Tesis

Que para optar por el grado de

Maestría en Geografía

Presenta

Lilia Enríquez Valencia

Tutora:

Dra. Georgina Calderón Aragón

Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

México, D.F., agosto de 2014.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*A mis padres,  
Rosa Valencia y Brígido Enríquez,  
con todo mi cariño y agradecimiento*



# ÍNDICE

Introducción.....	5
CAPÍTULO 1. CONTEXTO TEÓRICO-HISTÓRICO DE LA CRISIS DEL AGUA.....	9
Antecedentes generales .....	9
Marco teórico: sometimiento capitalista del agua .....	11
Sometimiento formal.....	11
Sometimiento real .....	12
La depredación del agua por la industria, las ciudades y las actividades agropecuarias capitalistas .....	16
Distribución social del agua .....	20
Contaminación y desperdicio del agua .....	20
Contaminación urbana del agua .....	21
Contaminación industrial del agua .....	23
Contaminación rural del agua .....	24
Pérdida del agua dulce.....	27
Contexto histórico económico de la crisis del agua .....	29
CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN A LA CRISIS DEL AGUA EN MÉXICO .....	39
Breves antecedentes históricos .....	39
Disponibilidad natural y social del agua en México .....	45
Disponibilidad natural y social decreciente .....	45
Disponibilidad natural de agua superficial.....	52
Disponibilidad natural de agua subterránea.....	57
Distribución geográfica desigual del agua en México .....	65
Disponibilidad social desigual del recurso .....	67
Consumo de agua potable .....	67
Cobertura de agua potable .....	69
Cobertura de drenaje y alcantarillado .....	70
Consideraciones generales sobre la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado .....	75
Potabilización del agua .....	80
Agua y salud .....	82
CAPÍTULO 3. PÉRDIDA Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN MÉXICO .....	91

Pérdida de la cantidad de agua disponible .....	91
Usos del agua .....	93
Usos consuntivos .....	94
Uso no consuntivo .....	94
Uso agrícola y contaminación del agua por el sector.....	100
Uso industrial del agua y contaminación del recurso por este sector .....	103
Abastecimiento público y contaminación doméstica urbana del recurso .....	107
Calidad del agua .....	109
Monitoreo gubernamental de la calidad del agua .....	109
Monitoreo de DBO5 en aguas superficiales.....	114
Monitoreo del DQO en aguas superficiales .....	116
Monitoreo de los SST en aguas Superficiales.....	117
Cuencas y cuerpos de agua fuertemente contaminados.....	118
Consideraciones sobre la contaminación en aguas superficiales y subterráneas.....	121
Saneamiento de la contaminación urbana, industrial y agrícola del agua.....	123
Calidad del agua en las playas.....	134
Calidad del agua en las costas.....	135
Hidrocarburos del petróleo.....	136
Metales .....	137
Plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados.....	139
Consideraciones sobre la calidad del agua .....	142
Eventos hidrometeorológicos extremos .....	149
Inundaciones.....	152
Sequías .....	156
Consideraciones sobre los eventos hidrometeorológicos extremos .....	159
CONCLUSIONES.....	167
Bibliografía .....	169
ANEXO .....	175
Análisis estadístico de la cobertura de agua potable, drenaje y alcantarillado (1990-2009) .....	175
Cobertura de agua potable .....	175
Población con cobertura de agua potable .....	175

Población sin servicio de agua potable .....	186
Drenaje y alcantarillado .....	187
Población con cobertura alcantarillado .....	187
Población sin cobertura de alcantarillado.....	195



## INTRODUCCIÓN

Esta “Aproximación a la crisis del agua en México (1994-2012)” se conforma de tres capítulos: el primero, “Contexto teórico-histórico de la crisis del agua” presenta un muy breve panorama general de la crisis mundial del recurso, así como el planteamiento teórico-histórico que nos sirve de marco y contexto para la explicación de la crisis tanto a nivel mundial como en el caso de México. Dicho marco teórico se basa principalmente en los conceptos de subsunción formal y real, así como los de acumulación originaria, desarrollados por Marx y aplicados por autores actuales seguidores de este pensamiento. El contexto histórico es el de los últimos 30 años de neoliberalismo a nivel mundial y nacional.

La crisis del agua se analiza como un fenómeno mundial que presenta situaciones específicas en cada país. El planteamiento principal es que la reproducción de este recurso natural, del cual depende la reproducción humana y de la naturaleza en general, está amenazada por la sobreutilización, contaminación y despilfarro crecientes que la industria, las actividades agropecuarias y las ciudades capitalistas hacen del mismo, con lo cual el capitalismo está afectando el delicado equilibrio del ciclo natural del agua y no está garantizando la reproducción del recurso para la humanidad en el presente y para las generaciones futuras. El principal fundamento teórico del trabajo es el de las categorías de subsunción formal y real que Marx utiliza para el análisis del sometimiento de la fuerza de trabajo por el capital, pero en este caso aplicadas para el caso del sometimiento capitalista del agua. Tal como Marx lo explica en su obra *Capítulo VI (inédito)*, y en el capítulo XIV del tomo I de *El capital*, en el proceso de transición histórica del feudalismo al capitalismo, éste subordina a la fuerza de trabajo y al proceso de trabajo en el cual aquella se despliega con sus correspondientes instrumentos de trabajo tal y como los encuentra organizados y desarrollados tecnológicamente hasta ese momento. Una vez que la fuerza de trabajo ha sido subordinada al capital, éste inicia un proceso histórico continuo de adecuación del proceso de trabajo a las necesidades de obtención de plusvalor, lo cual logra principalmente mediante la constante innovación tecnológica al interior de dicho proceso de trabajo.

En este sentido, retomamos el estudio de la crisis del agua llevado a cabo por Barlow y Clarke (2004), siendo ellos quienes principalmente plantean, junto con Barreda (2007), que esta crisis es resultado del uso y sometimiento capitalista del agua, tal y como se ha planteado en el párrafo anterior y se expone en el capítulo 1 de este trabajo.

Otro fundamento teórico es la categoría de acumulación originaria de Marx, expuesta en el capítulo XXIV del tomo I de *El capital*, la cual es retomada en la actualidad por David Harvey (2004) y Jorge Veraza (2007) para explicar que los procesos de despojo son una constante en el capitalismo y lo han acompañado a lo largo de su desarrollo histórico, aunque la diferencia entre Harvey y Veraza es que el primero plantea que Marx y los marxistas sólo lo consideraron para la época del surgimiento del capitalismo, por lo que Harvey quiere resaltar que es un fenómeno que sigue vigente; mientras que Veraza plantea que Marx nunca consideró que la acumulación originaria sólo existió para el momento histórico de origen del capitalismo sino que acompañará al desarrollo histórico capitalista durante todo su proceso de expansión desde Europa al resto del mundo, proceso que continúa hasta la actualidad.

Para diferenciar a la acumulación originaria planteada por Marx en el surgimiento histórico de este modo de producción, Harvey la llama para el momento actual *acumulación por desposesión*. Por su parte, Veraza sigue llamándola *acumulación originaria*, aunque la clasifica en tres formas para explicar lo específico de la acumulación originaria *clásica*, la *residual* y la *terminal*, en virtud de que el capital ya ha despojado de sus medios de producción a gran parte de la humanidad, pero no a toda, por lo que aquello que queda por despojar le llama *acumulación originaria residual*, y cuando ese despojo afecta no sólo la reproducción de los productores directos sino también la del propio capital, la de la humanidad en su conjunto y la de la naturaleza en general le llama *acumulación originaria terminal*, fenómeno muy claro para el caso del agua como recurso natural que sustenta la reproducción de la vida humana y de la naturaleza en su conjunto.

El capítulo 1 abunda en la explicación de cómo el sometimiento capitalista del agua por la industria, las actividades agropecuarias y las ciudades está afectando

gravemente la reproducción de este recurso en el ciclo natural del agua, cuando daña el delicado equilibrio del mismo con la sobreutilización, contaminación y despilfarro crecientes del agua desde la Revolución industrial hasta la actualidad, lo cual ha configurado una crisis a la cual el capital responde con una revolución hidráulica (innovaciones tecnológicas para la obtención, distribución y limpieza del agua) que, a decir de Barreda, parasita el ciclo natural del agua en tanto dicha revolución hidráulica no está garantizando la reproducción del recurso sino más bien intensificando y complejizando su contaminación, sobreutilización y desperdicio.

Lo anterior se complica ante la desigual distribución geográfica y social del agua en el mundo y al interior de cada país en el contexto de una sociedad de clases, fenómenos que se agravan con el sometimiento capitalista de dicho recurso.

El trabajo aborda el contexto histórico neoliberal del capitalismo, en particular el periodo 1994-2012, aunque para la breve exposición histórica mundial la explicación inicia desde finales de los años sesenta. El planteamiento principal de este apartado es la globalización económica como fenómeno que antecede y acompaña al neoliberalismo, el cual es impulsado por las empresas transnacionales y los estados nacionales de origen de las mismas, principales actores de los procesos de expansión capitalista en el mundo, que van sometiendo a los estados nacionales periféricos y sus respectivas industrias y recursos estratégicos, como el agua.

En el segundo capítulo se inicia el análisis de la crisis del agua en México, comenzando con un primer apartado de antecedentes históricos generales que explican la intensificación de la crisis del agua en nuestro país como resultado de la aplicación del modelo neoliberal, a partir del cual se descentraliza la gestión del agua a los municipios desde 1983; se crea la Comisión Nacional del Agua (Conagua) en 1989; se promueven las reformas al Artículo 27 Constitucional, que permiten la compra-venta del ejido y la reconcentración de la tierra en México; las reformas a la Ley de Aguas Nacionales, a la Ley Minera y la desregulación de la legislación nacional relacionada con el agua; la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entre México, Estados Unidos y Canadá, y otros numerosos tratados de libre comercio con más países; todo ello con el fin de facilitar la privatización del recurso y proteger los intereses particulares de proyectos empresariales (nacionales y

extranjeros) que pudieran verse afectados por privatizar el agua, contaminarla, sobreutilizarla o desperdiciarla impunemente.

El capítulo dos continua con el análisis de la disponibilidad natural y la sobreutilización del recurso, y finaliza con la desigual distribución geográfica y social del mismo en el país.

El tercer capítulo aborda en un primer apartado los indicios de pérdida de agua en México, continúa con el análisis de los usos y la sobreutilización y contaminación que llevan a cabo la agricultura, la industria y las ciudades; en seguida se revisa la temática del saneamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales y se finaliza con un breve apartado de los fenómenos hidrometeorológicos extremos. Estos fenómenos se han intensificado durante la etapa neoliberal y han afectado a millones de personas en situación de marginación a causa de proyectos empresariales o asentamientos humanos que afectan el entorno ambiental que permite prevenir o mitigar la gravedad de dichos fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Finalmente el trabajo concluye con un apartado de conclusiones, en las cuales se resume lo planteado en el trabajo y se presenta una postura sobre el tema analizado.

# CAPÍTULO 1. CONTEXTO TEÓRICO-HISTÓRICO DE LA CRISIS DEL AGUA

## ANTECEDENTES GENERALES

La humanidad enfrenta en la actualidad el grave problema de la crisis mundial del agua. Las principales cuencas hídricas del planeta están sobreutilizadas, contaminadas y sufren escasez del recurso a causa de la manera que utilizan el agua la industria, la agricultura industrial con uso intensivo de agroquímicos y las ciudades organizadas conforme al modo de producción capitalista. Los usos del agua que lleva a cabo el capital no están garantizando la reproducción del ciclo del agua, el cual sustenta y garantiza a su vez la vida humana y de toda la naturaleza. Por lo que, de acuerdo con Barlow y Clarke (2004), nos encontramos en una situación de alerta roja a nivel planetario.

Hoy, los ciclos normales de la naturaleza se ven perturbados por el cambio climático y el abuso de casi todos los sistemas acuáticos de la Tierra. Todos los ecosistemas vivos están sustentados por el agua y el ciclo hidrológico...

El agua dulce disponible representa menos de la mitad del 1% de toda el agua de la Tierra. El resto es agua de mar, hielo en los polos, o agua almacenada en el subsuelo que es inaccesible para nosotros... la humanidad está mermando, desviando y contaminando las reservas de agua potable del planeta tan rápida e implacablemente que todas las especies de la Tierra –incluida la nuestra– están en peligro mortal. Las reservas de agua de la tierra son limitadas (Barlow y Clarke, 2004: 24-25).

¿Cuál es la cantidad de agua dulce con la que cuenta la humanidad y la naturaleza en general?:

La cantidad total de agua en la Tierra es de aproximadamente 1,400 millones de kilómetros cúbicos... La cantidad de agua *dulce* en la Tierra, sin embargo, es aproximadamente 36 millones de kilómetros cúbicos, un escaso 2.6% del total. De éste, tan sólo 11 millones de kilómetros cúbicos –es decir, 0.77% [del total]– cuenta como parte del ciclo del agua, en el que circula de forma relativamente rápida. No obstante, el agua dulce sólo es renovable con la caída de la lluvia. En pocas palabras, los seres humanos únicamente pueden contar con los 34,000 kilómetros cúbicos de lluvia que anualmente forman la «escorrentía» que vuelve a los océanos

por los ríos y aguas subterráneas. Ésta es la única agua considerada «disponible» para el consumo humano porque puede ser almacenada sin agotar las fuentes limitadas de agua. Por lo que la lluvia es parte crucial del ciclo hidrológico, proceso por el cual el agua circula de la atmósfera a la tierra y viceversa, alimentando así periódicamente a las fuentes de agua superficial y subterránea (Barlow y Clarke, 2004: 26).

Los sistemas de agua dulce sustentan una abundante biodiversidad de especies animales:

“Los sistemas de agua dulce son a la vez desproporcionadamente ricos y desproporcionadamente frágiles. Aunque en comparación con los continentes y los océanos ocupan un área pequeña, acogen en su seno una proporción más alta de especies por unidad de área que los otros dos entornos: un 10% más que los continentes y un 150% más que los océanos. El 12% de todas las especies animales, incluido el 41% de todas las especies reconocidas de peces, viven en el agua dulce, que a su vez ocupa menos del 1% de la superficie de la Tierra. Por desgracia, a lo largo de las últimas décadas, por lo menos un 35% de todas las especies de peces de agua dulce o se han extinguido o están amenazadas y en peligro de extinción” (Barlow y Clarke, 2004: 56).

En términos ecológicos, la crisis del agua se manifiesta en la pérdida de la capacidad de autodepuración, regeneración y reproducción del recurso a causa de la afectación del ciclo del agua por el capital; en lo geográfico, hay una desigual distribución espacial y un incremento de los lugares donde está desapareciendo el agua previamente existente; en términos económicos se expresa en la sobreutilización, contaminación, desperdicio, escasez y privatización crecientes del recurso provocados por la industria, las ciudades y las actividades agropecuarias capitalistas; en lo social se expresa en la erosión de las relaciones sociales de gestión colectiva del recurso y en la desigual distribución del mismo entre las clases sociales en el mundo y al interior de los países; en lo político se expresa en la manipulación que están ejerciendo los organismos internacionales, los estados nacionales y las empresas transnacionales con el fin de aprovechar el contexto de crisis del agua para privatizarla y así favorecer unos cuantos intereses particulares en contra del interés general; y en lo cultural se expresa en la pérdida y destrucción creciente de los

conocimientos comunitarios de obtención y gestión colectiva del recurso. Desde luego, cada una de estas manifestaciones de la crisis del agua influyen en las otras.

Cada continente y país presentan situaciones específicas, sin embargo, la situación de gravedad de la crisis es global. En este trabajo nos proponemos abordar a manera de una aproximación general el caso de la crisis del agua en México.

## MARCO TEÓRICO: SOMETIMIENTO CAPITALISTA DEL AGUA

Este trabajo parte del planteamiento de que la crisis del agua es un fenómeno mundial y es resultado del sometimiento de los usos de este recurso a los intereses privados y monopólicos de la acumulación de capital (Barreda, 2007: 216). El sometimiento capitalista del agua se lleva a cabo en el transcurso del surgimiento y desarrollo histórico de este modo de producción, que en un primer momento es un sometimiento formal que tiene lugar mediante el control de la propiedad del agua; y en un segundo momento es un sometimiento real, el cual se lleva a cabo a través de una revolución hidráulica (Barreda, 2007: 237).

La forma en que se ha dado la subordinación formal del recurso es a través de su control privado y estatal, y la subordinación real tiene lugar cuando el Estado capitalista o el capital privado llevan a cabo una revolución hidráulica que involucra el desarrollo tecnológico y la construcción de infraestructuras para su manejo. Este proceso inicia con la Revolución industrial en Europa, principalmente en Inglaterra y Francia a principios del siglo XIX, y posteriormente se expande al resto del mundo a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

### *Sometimiento formal*

El *sometimiento formal* consiste entonces en la sustitución de las milenarias formas de propiedad y gestión colectivas del agua existentes en todas las sociedades humanas precapitalistas distribuidas en el planeta, por las formas de propiedad privada y pública capitalistas. Esta transición de las formas de propiedad colectivas a las formas de propiedad privada o pública tiene lugar desde hace varios siglos, en el curso del largo periodo histórico de formación del capitalismo; de hecho, la propiedad privada

del agua aparece simultáneamente a la de la propiedad privada de la tierra (Barreda, 2007: 229). Sin embargo, la propiedad privada del agua empieza a generalizarse sólo a finales del siglo XX, ya que en el mundo aún siguen predominando las formas de propiedad colectivas y comunitarias del recurso, aunque encubiertas bajo la forma de propiedad pública estatal. Esta última forma de propiedad fue la que se generalizó mundialmente a partir del siglo XIX hasta la actualidad, paralelamente a la conformación de los estados nacionales capitalistas, manera en que se organizó territorialmente en el mundo la acumulación de capital (Barreda, 2007: 229-234). La acumulación capitalista industrial ha utilizado el agua de las diversas regiones, continentes y los distintos estados nacionales del planeta de manera intensiva a lo largo de los últimos 200 años, por lo que:

El consumo intensivo y separado que hace cada país del agua y del medio ambiente en donde ésta se reproduce termina produciendo una crisis global del agua. De las crisis locales, primero urbanas y luego rurales, se pasa a las crisis nacionales del agua, tantas como el número de países capitalistas existentes. Se llega así a una crisis que ya no está dispersa y focalizada en las ciudades o naciones pobres, sino que se extiende a todos lados y amenaza no sólo la reproducción de los pobres sino a la totalidad técnica y procreativa de la reproducción global (Barreda, 2007a: 233).

### *Sometimiento real*

El *sometimiento real* del agua consiste en el desarrollo tecnológico y organizativo que permite el control material del recurso de acuerdo a las necesidades específicas de obtención de ganancias de la acumulación de capital e inicia con la Revolución industrial, es la llamada revolución hidráulica (Lacoste, 2003: 28-30), cuyo principal impulsor y ejecutor es el Estado capitalista. La revolución hidráulica comienza en las ciudades, lugares donde se concentra la Revolución industrial y por tanto la acumulación de capital y la población obrera. Esta revolución hidráulica consiste en el desarrollo tecnológico que facilita los procesos de obtención, limpieza y distribución del agua tanto para el consumo productivo como para el consumo reproductivo o doméstico, y se lleva a cabo mediante la construcción de una red urbana de infraestructuras de captación (equivalente a lo que sería su proceso de producción),

distribución y consumo productivo y doméstico, así como el desarrollo tecnológico para esterilizarla y entregarla libre de gérmenes patógenos generadores de enfermedades (Barreda, 2007: 235-237).

Sin embargo, la Revolución industrial promueve un consumo creciente de agua para la industria, las ciudades, la agricultura y las personas, con lo que a la vez genera un proceso de depredación también creciente del recurso y de destrucción de los mecanismos naturales que garantizan la reproducción del mismo en el ciclo del agua, caso del incremento constante de la deforestación y contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas de agua que ha venido ocurriendo en el mundo a lo largo de los últimos dos siglos de desarrollo capitalista. Por lo que, “cuando el capital urbano industrial pone en crisis los mecanismos naturales de reciclado del agua, el capital en su conjunto (representado por el Estado) se ve obligado a crear soluciones técnicas” (Barreda, 2007: 236). Por ello nace la revolución hidráulica, que intrduce técnicas de captación, elementos mecánicos, dispositivos químicos depuradores, así como instalaciones para la esterilización que eliminan los gérmenes nocivos (Barreda, 2007a: 237). ¿En qué consistió la revolución hidráulica? La revolución hidráulica tiene dos fases: la primera se lleva a cabo mediante la construcción de infraestructuras hídricas que abarcan el entorno de la ciudad en general; y la segunda tiene lugar en el entorno de la vida doméstica con la introducción del agua potable en las viviendas (Lacoste, 2003: 32-33), cuando se mecaniza el baño doméstico y se introducen el *toilette*, el *bidet*, la regadera y el lavabo a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, lo cual inicia un proceso de contaminación y desperdicio ingente e ilimitado del agua, proceso que inicia en las ciudades pero continúa después en el entorno rural:

A partir del desarrollo científico de la higiene se separan las redes urbanas del agua en tres partes diferentes: la distribución de aguas para consumo doméstico, las de uso industrial y la red de alcantarillas y drenajes para la recolección de las aguas negras. Luego, la revolución hidráulica salta desde la ciudad en general hasta la intimidad de la vida doméstica, cuando el desarrollo de la mecanización toma el mando del moderno baño doméstico y se introduce la *toilette*, el *bidet*, la regadera y el lavabo (Gideon, 1978, citado por Barreda, 2007a: 237-238), con lo cual, al mismo tiempo que se abre un insospechado mundo de confort, también comienza un inédito proceso histórico de desperdicio y contaminación ilimitados del agua.

Esto último se ve escalado con la irrupción de la revolución verde, el desarrollo de embalses para riego y la proliferación masiva del uso de agroquímicos en la agricultura a partir de la segunda mitad del siglo XX. Ocurre así un nuevo salto en el consumo irracional y la contaminación del agua que se suma a la toxicidad y envenenamiento creciente que generan los desechos que en las ciudades producen los hospitales, escuelas, rastros, basureros, crematorios, incineradores de basura, gasolineras, etc., con desperdicios como medicamentos y productos de limpieza de los hogares, entre muchos otros (Barreda, 2007a: 237-238).

Así, el avance de la Revolución industrial continuó incrementando las fuentes de depredación y contaminación del agua, principalmente en las ciudades y el entorno rural que las rodea, por ser en éstas donde se concentra la acumulación de capital y la población obrera, lo cual genera economías de escala para el capital; por lo que la crisis urbana de abasto de agua se vuelve crónica, lo que a su vez continuó estimulando la revolución hidráulica. Por tanto, tenemos que esta revolución hidráulica ha significado, durante los últimos dos siglos de acumulación capitalista, una creciente depredación del agua por el capital como si fuera un recurso ilimitado. Razón por la cual Barreda (2007: 239) plantea que el ciclo natural del agua está siendo parasitado por el ciclo técnico industrial del agua. Por lo que se evidencia la incapacidad del capitalismo de asegurar la reproducción del recurso para toda la humanidad.

El ciclo natural del agua es, pues, parasitado de manera creciente por el ciclo técnico industrial de la misma. La revolución hídrica se convierte así en el instrumento de una sistemática degradación de la ecología del agua...

A medida que disminuye el agua limpia y el agua disponible en general, los procesos económicos y sociales necesitan más y más agua limpia para cada industria, granja, plantación forestal y persona. El capitalismo tiene que abrir cada vez más fuentes de abastecimiento, construir represas y embalses de mayor envergadura, pozos cada vez más profundos, hidrovías, acueductos y trasvases cada vez más grandes y complejos, plantas desalinizadoras cada vez más potentes y técnicas urbanas de reciclado del agua cada vez más peligrosas (Barreda, 2007a: 239).

De hecho, otro factor que viene a complicar la crisis global del agua es la proliferación de contaminantes en el siglo XX, lo cual conduce al desarrollo de procesos de purificación del agua para beber, que más tarde hacen posible el negocio de los filtros en los grifos domésticos, pero sobre todo del agua embotellada, siendo este último el principal negocio de las empresas transnacionales que lo monopolizan (las empresas francesas Vivendi y Suez, principalmente). Este nuevo negocio genera otro problema ambiental con el uso de envases PET, los cuales son altamente contaminantes del agua, el aire y el suelo donde se producen y después en los lugares donde son depositados como basura, además de ser uno de los principales desechos que saturan los basureros urbanos y contribuyen a la creciente dificultad de gestión de los mismos (Barreda, 2007a: 240).

Así, el desarrollo tecnológico de la revolución hídrica capitalista no garantiza la conservación y reproducción del agua, y más bien contribuye al escalamiento de su sobreutilización, contaminación y pérdida. Y aunque el capital considera el agua como un recurso ilimitado, de acuerdo con el geohidrólogo eslovaco Michal Kravčík, la biosfera está experimentando una pérdida irreversible de la masa absoluta de agua dulce a causa de la creciente industrialización y urbanización capitalistas (Barlow y Clarke, 2004: 32-33). No obstante, el capital confía completamente en que el desarrollo tecnológico resolverá la crisis del agua y continúa depredando el recurso sin parar, además de que está buscando controlar, mediante el desarrollo de las ciencias y técnicas ambientales, los principales puntos estratégicos de la biohidrosfera (*hotspots*) que forman parte del ciclo natural del agua con el fin de crear otro negocio más con los servicios ambientales que generan los bosques, selvas, ríos, lagos, etcétera. Quienes están al frente de este proceso son las empresas transnacionales que manejan las redes globales de infraestructuras (comunicaciones, transportes, generación y distribución de energía y de agua). Es decir, estas empresas ni siquiera ponen en tela de juicio las tecnologías empleadas durante los últimos dos siglos de Revolución industrial e hídrica (Barreda, 2007a: 242-244). Entonces:

El capital ha globalizado la pérdida del agua y la ha manipulado como medio de producción y como medio de subsistencia a través de la degradación de su calidad, la desertificación, el

calentamiento atmosférico, el desequilibrio climático. Asimismo, ha incrementado la demanda cuantitativa de este recurso debido al aumento exponencial de la población y del consumo industrial y agropecuario, incluso a pesar del desarrollo de las nuevas tecnologías ahorradoras de agua, o lo que es peor, sobre las espaldas de estas mismas tecnologías” (Barreda, 2007a: 243).

En este contexto, es importante insistir, de acuerdo con Jorge Veraza (2007: 16-18), que el agua es un recurso natural, finito, producido por la naturaleza y premisa constitutiva y generativa de la vida. El agua total, planetaria, que circula en la atmósfera terrestre en un ciclo natural ininterrumpido, existe independientemente de la acción humana; el hombre no puede producir agua sino que la toma de la naturaleza conforme a los medios y las técnicas que ha ido desarrollando a lo largo de su historia. Hasta el momento actual el hombre no puede producir agua más que en cantidades mínimas en un laboratorio, no es accesible a la técnica humana producir el agua total planetaria que circula en la atmósfera terrestre mediante el ciclo natural que la reproduce continuamente.

Por su parte, Tony Clarke y Maude Barlow nos describen la crisis del agua en términos de la creciente contaminación, pérdida y privatización del recurso, proceso en el cual intervienen la industria, la producción agropecuaria y las ciudades, así como las grandes empresas trasnacionales e instituciones mundiales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, así como los propios estados nacionales. Analizan el fenómeno en términos de un proceso de despojo del recurso a las comunidades indígenas y campesinas que lo han gestionado como un bien común durante miles de años, proceso que se ha profundizado a finales del siglo XX y que es facilitado por los propios gobiernos de los países donde se lleva a cabo dicho despojo (Barlow y Clarke, 2004).

## LA DEPREDACIÓN DEL AGUA POR LA INDUSTRIA, LAS CIUDADES Y LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS CAPITALISTAS

A partir de la revolución industrial, el modo de producción capitalista ha provocado la contaminación, la sobreutilización y el despilfarro crecientes del agua mediante la

producción industrial, la producción agropecuaria y las ciudades construidas a conforme a la lógica capitalista de maximización de ganancias, es decir, una lógica productiva, distributiva y de consumo crecientes que no toman en cuenta la finitud de los recursos naturales como el agua y terminan por devastarlos. La expresión central de esta crisis es la pérdida de la capacidad de autodepuración del agua en su ciclo natural, así como la grave afectación del delicado equilibrio de dicho ciclo natural. En este agravamiento contribuye también el creciente proceso de privatización del recurso que viene ocurriendo en el mundo desde hace 30 años, a finales del siglo XX, encabezado por empresas transnacionales, organismos internacionales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, así como por los estados nacionales (Barlow y Clarke, 2004: 135-151).

Las fuentes de agua dulce están siendo explotadas al máximo, entre otras razones, por el crecimiento de la población mundial,<sup>1</sup> el crecimiento de las ciudades;<sup>2</sup> el rápido crecimiento del consumo de agua por habitante.<sup>3</sup> La población y los habitantes de las ciudades representan el consumo doméstico, el cual únicamente representa 10% del uso del agua. Le sigue el consumo industrial, que utiliza del 20 al 25% del agua dulce del mundo y sus demandas crecen aceleradamente.<sup>4</sup> La irrigación para la producción agrícola reclama entre 60 y 75% de toda el agua utilizada por los

---

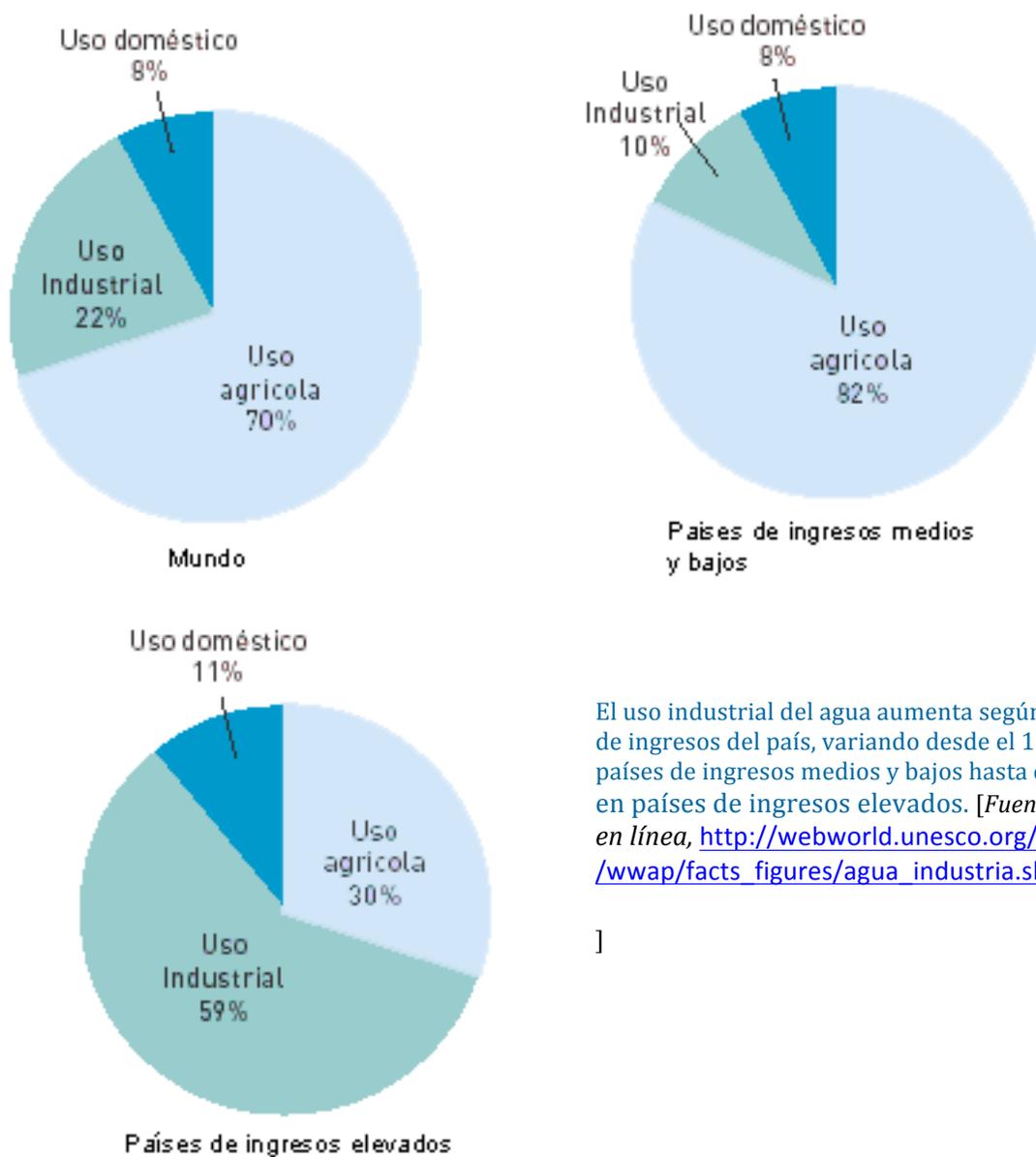
<sup>1</sup> “... mientras que la única fuente renovable de agua dulce es la lluvia en las zonas continentales [...] [es decir, una cantidad limitada de agua], la población del mundo sigue creciendo unos 85 millones de personas cada año. Así pues, la disponibilidad de agua dulce por cabeza está

<sup>2</sup> “Por primera vez en la historia, el número de personas que viven en las ciudades es tan grande como el de las que viven en las comunidades rurales. Hay 22 ciudades en el mundo con población superior a los 10 millones de habitantes. Según datos de las Naciones Unidas, para el año 2030 las ciudades del mundo habrán crecido un 160%, y vivirá en ellas el doble de gente que en el campo” (Barlow y Clarke, 2004: 28).

<sup>3</sup> “El consumo mundial de agua se dobla cada veinte años, más del doble de la proporción del crecimiento de la población humana. La tecnología y los servicios sanitarios, particularmente en los países ricos e industrializados, han permitido a la gente usar mucha más agua de la que necesitan (Barlow y Clarke, 2004: 28).

<sup>4</sup> La industrialización masiva está sacudiendo el equilibrio entre el hombre y la naturaleza en muchos continentes, especialmente en las poblaciones rurales de Latinoamérica y Asia, donde la agricultura basada en la exportación reclama cada vez más el agua que en otro tiempo utilizaban los pequeños granjeros... Muchas de las industrias que hoy experimentan una rápida expansión en el mundo necesitan enormes cantidades de agua. Para fabricar un automóvil se necesitan unos 400,000 litros de agua. Los fabricantes de ordenadores utilizan enormes cantidades de agua dulce destilada para producir sus bienes y constantemente buscan nuevas fuentes... Considerada originalmente una industria «limpia», la moderna tecnología ha dejado un impresionante legado de contaminación en su corta historia (Barlow y Clarke, 2004: 29).

seres humanos.<sup>5</sup> Estos distintos usos del agua presentan actualmente graves problemas por el uso indiscriminado y creciente del recurso (Barlow y Clarke, 2004: 28-30). La ONU tiene el siguiente registro sobre el consumo del agua por sectores:



El uso industrial del agua aumenta según el nivel de ingresos del país, variando desde el 10% en países de ingresos medios y bajos hasta el 59% en países de ingresos elevados. [Fuente: ONU, en línea, [http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/agua\\_industria.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts_figures/agua_industria.shtml)]

]

<sup>5</sup> “Aunque parte de esa agua es para granjas pequeñas, particularmente en el tercer mundo, aumenta incesantemente la cantidad destinada a las granjas industriales, que como es bien sabido abusan del agua y la malgastan sin miramiento alguno... Buena parte de esa agua incluida en ese 65% ya comentado debería considerarse en realidad un uso industrial, puesto que la nueva producción agrícola industrial apenas se parece ya a las granjas comunitarias en todo el mundo” (Barlow y Clarke, 2004: 30).

Sin embargo, hay otras amenazas. Otro fenómeno preocupante es la contaminación masiva de los sistemas de agua superficial del planeta a causa de la deforestación generalizada, la destrucción de humedales, el amontonamiento de pesticidas y fertilizantes en las vías de agua, el calentamiento global, la construcción de presas y el desvío o trasvase de los sistemas de agua,<sup>6</sup> así como la sobreutilización de las aguas superficiales y subterráneas (Barlow y Clarke, 2004: 30-31).<sup>7</sup>

Asimismo, un fenómeno alarmante es la pérdida de la cantidad efectiva de agua dulce disponible en el planeta, de acuerdo con un estudio realizado por el ingeniero hidrólogo eslovaco Michal Kravčík y su equipo de científicos.

Kravčík estudió el efecto de la urbanización, de la agricultura industrial, de la deforestación, de la pavimentación, de la construcción de infraestructuras y de la construcción de presas en los sistemas fluviales de Eslovaquia y países de su entorno. Los resultados del estudio son alarmantes. La destrucción del hábitat natural del agua no sólo afecta a los seres humanos y a la naturaleza, sino que además “disminuye dramáticamente la *cantidad efectiva* de agua dulce disponible en el planeta” (Barlow y Clarke, 2004: 32).

Con base en este análisis realizado por Barlow y Clarke (2004) y los de otros autores, Andrés Barreda (2007a: 217) identifica tres aspectos que caracterizan la crisis mundial del agua: 1) la excluyente distribución social del agua dulce disponible; 2) la letal contaminación del agua dulce por medio de la industria, la producción agropecuaria y la vida urbana, y 3) la tendencia a perder de modo irreversible y en términos absolutos cada vez mayores porciones del agua dulce disponible del mundo.

---

<sup>6</sup> “Otra fuente de contaminación es la construcción de presas y el desvío de los sistemas de agua, que han sido relacionados con concentraciones peligrosas de mercurio y con enfermedades transmitidas a través del agua. Son muchos los proyectos de este tipo que se están llevando a cabo en el mundo” (Barlow y Clarke, 2004: 30).

<sup>7</sup> “Si en 1950 el número de grandes presas en todo el mundo era de unas 5,000, en la actualidad se ha elevado a 40,000, y el número de vías de agua adaptadas para la navegación ha crecido desde menos de 9,000 en 1900 a casi 500,000. En el hemisferio Norte hemos aprovechado y controlado tres cuartas partes del flujo de los mayores ríos del mundo para electrificar nuestras ciudades” (Barlow y Clarke, 2004: 31).

Por sí mismas, cada una de estas tendencias impone daños al consumo alimentario, a la sociedad y a la biósfera, pero articuladas entre sí anuncian un escenario de catástrofe sin precedentes si no ocurren cambios urgentes y de fondo en las relaciones sociales y en la relación que mantenemos con la naturaleza (Barreda, 2007a: 217-218).

## DISTRIBUCIÓN SOCIAL DEL AGUA

En lo que respecta a la *distribución del agua*, en términos cuantitativos y cualitativos ésta es geográficamente desigual. “Aunque en términos globales haya agua suficiente para toda la población terrestre, algunas partes del planeta, y especialmente África, son víctimas de una importante carencia de agua” (Lacoste, 2003: 118). Pero además, la distribución social del agua es injusta, tanto en el plano mundial como al interior de cada país. En contraste con la población rica o con nivel económico alto, la población pobre tiene menos acceso al recurso en cantidad y en calidad.

Según Lester Brown, “en la actualidad una de cada cinco personas en el mundo en desarrollo – es decir, 1,100 millones de personas– viven expuestas a la enfermedad y a la muerte por falta de acceso razonable a una cantidad suficiente de agua potable y segura, definido por las Naciones Unidas como la disponibilidad de un mínimo de 20 litros diarios por persona y día a una distancia no mayor de un kilómetro del hogar” (Postel y Vickers, 2004, citados por Barreda, 2007a: 218).

La gran mayoría de las megalópolis en las que más del 50 por ciento de la población no tienen acceso al agua limpia están situadas en el tercer mundo... Un niño nacido en Occidente o un niño rico del Sur consume entre 40 y 70 veces más agua, por término medio, que otro nacido en el Sur que no tenga acceso al agua (Barlow y Clarke, 2004: 100).

## CONTAMINACIÓN Y DESPERDICIO DEL AGUA

En relación con la *contaminación del agua*, el capitalismo contamina, degrada y despilfarra el agua potable, por el consumo irracional que generan las ciudades, las industrias y las actuales actividades agropecuarias con uso intensivo de agroquímicos, los cuales generan un impacto negativo en el consumo productivo (industrial y rural) y el consumo reproductivo (urbano y rural) del recurso (Barreda, 2007a: 222).

## *Contaminación urbana del agua*

Las ciudades concentran los problemas de contaminación por aguas fecales, por la manipulación consumista de los hábitos domésticos (químicos de limpieza, medicamentos, etcétera) y por la contaminación industrial urbana (Barreda, 2007a: 222). Este problema se agudiza con el acelerado crecimiento de las ciudades en las últimas décadas.

Actualmente la mitad de la humanidad vive en ciudades y dentro de dos décadas casi el 60% de la población mundial habitará en núcleos urbanos. El crecimiento urbano es mayor en los países en desarrollo, donde las ciudades aumentan su población, en promedio, en 5 millones de habitantes al mes. Este acelerado ritmo de crecimiento urbano significa enormes desafíos, entre los cuales la falta de suministro de agua y saneamiento es el más urgente.

En materia de agua son dos los principales desafíos que afectan la sostenibilidad de los asentamientos urbanos: 1) la falta de acceso a agua saludable y a saneamiento y 2) el aumento de desastres relacionados con el agua como inundaciones y sequías. A su vez, estos problemas conllevan graves consecuencias para la salud y el bienestar humanos, la seguridad, el medio ambiente y el desarrollo. La falta de servicios adecuados de suministro de agua y saneamiento conduce a enfermedades como la diarrea o brotes de malaria y de cólera

Aunque la cobertura de suministro de agua y saneamiento ha aumentado entre 1990 y 2008, el crecimiento de la población urbana mundial pone en peligro estos resultados. Mientras que entre 1990 y 2008, 1.052 millones de ciudadanos obtuvieron acceso a fuentes de agua potable y 813 millones a saneamiento, la población urbana creció durante ese periodo en cerca de 1.089 millones de personas (ONU, en línea).

Se estima que, a nivel mundial, un 96% de la población urbana utilizaba una fuente mejorada de abastecimiento de agua en 2010, comparado con un 81% de la población rural. Ello significa que 653 millones de habitantes de zonas rurales carecen de acceso a una fuente adecuada de agua potable. Mientras que en 2010, un 79% de la población urbana tenía acceso a saneamiento mejorado comparado con un 47% para la población rural.

Los más afectados en cuanto a suministro de agua potable y saneamiento son los habitantes pobres de las ciudades, quienes viven en zonas marginales o en asentamientos irregulares en rápido proceso de expansión y donde no están cubiertas las necesidades más básicas para la vida como son agua potable saludable, un saneamiento adecuado, el acceso a servicios de salud, una vivienda duradera y segura. De acuerdo con la ONU (en línea), los pobres pagan más por el agua:

- Un residente de un barrio de tugurios en Nairobi, Kenia, paga entre 5 y 7 veces más por un litro de agua que un ciudadano medio de Norteamérica.
- 828 millones de personas viven en condiciones marginales, sin servicios básicos como el agua o el saneamiento. Esta cifra aumenta a razón de 6 millones de personas al año y alcanzará los 889 millones en 2020.
- El 27% de los hogares urbanos en el mundo en desarrollo no tiene acceso a agua canalizada en su hogar.

Si las ciudades concentran cada vez un mayor número de habitantes y el saneamiento del agua además de no cubrir a toda la población no siempre cumple con las normas ambientales, tenemos ante nosotros el grave problema de la contaminación creciente del agua y las fuentes de la misma por contaminación fecal, por los ya mencionados químicos de limpieza de los hogares, hospitales, oficinas públicas y privadas, sin mencionar los desechos tóxicos de las industrias, además de la contaminación por lixiviación que generan los rellenos sanitarios muchas veces inadecuados y que tampoco cumplen con las normas ambientales. Además de los crecientes hábitos consumistas promovidos por la industria que generan cada vez mayor cantidad de residuos de difícil gestión como los plásticos de las botellas de agua y refrescos, además de los millones de empaques de plásticos de diverso tipo de muchos artículos domésticos, los cuales generan dioxinas y otros contaminantes nocivos para la salud y el ambiente, por mencionar sólo una pequeña parte de los efectos de esta problemática.

## *Contaminación industrial del agua*

*La industria es gran depredadora y contaminadora del agua.* La contaminación tóxica industrial afecta a la mayor parte de las vías de agua en el mundo. “Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), es probable que en el año 2025 la actividad industrial consuma el doble de agua que en la actualidad”, mientras que la contaminación industrial se multiplicará probablemente por cuatro. Las sustancias químicas tóxicas como los bifenilos policlorados, las dioxinas y los furanos, además de las industrias petrolera, petroquímica y del papel,<sup>8</sup> son de las principales contaminadoras del agua superficial y subterránea en el mundo (Barlow y Clarke, 2004: 60).<sup>9</sup> Actualmente las industrias consumen alrededor del 22% del suministro total del agua dulce del mundo, aunque en los países industrializados este porcentaje es mucho más alto (59%) que en los países en desarrollo (10%) (Barreda, 2007a: 223).

Para fabricar un automóvil se necesitan 400,000 litros de agua... Para fabricar un litro de gasolina se requieren 18 litros de agua. Para cada litro de cerveza se necesitan ocho de agua. La moderna ganadería consume casi 40 mil litros por cada kilo de carne que produce... (Barreda, 2007a: 223).

La industria petrolera y petroquímica “ensucia directamente las aguas de ríos, lagos, acuíferos y mares, pero también indirectamente a través de los millones de productos nocivos que ofrece a otras industrias, así como a los comercios y a los consumidores domésticos bajo la forma de gasolinas, aceites y aditivos de la industria automotriz y de los vehículos de transporte, cientos de millones de diversos productos

---

<sup>8</sup> Para convertir la madera en pasta de papel, en el proceso del clorado-lixiviado se producen dioxinas y furanos, algunas de las toxinas más mortíferas conocidas en el mundo (Barlow y Clarke, 2004: 65).

<sup>9</sup> “... una sola gota de petróleo puede convertir 25 litros de agua en peligrosa como bebida. Un gramo de bifenilos policlorados (PCB), sustancia utilizada en múltiples productos, desde los cosméticos a los pesticidas, es suficiente para que 1,000 millones de litros de agua resulten inadecuados para los animales que viven en agua dulce” (Barlow y Clarke, 2004: 64). “Cada año, las 1,200 fábricas de la Baja California, en la costa del Pacífico de México, producen 36,000 toneladas de residuos tóxicos. El condado de San Diego produce más todavía: 160,000 toneladas en el año 2000. No es de extrañar que todos los norteamericanos sean portadores, en sus propios cuerpos, de por lo menos 500 sustancias químicas que eran desconocidas antes de la Primera Guerra Mundial” (Barlow y Clarke, 2004: 64-65).

plásticos<sup>10</sup> y una enorme variedad de sustancias organohalogenadas, los PCB, los residuos hospitalarios, etcétera” (Barreda, 2007a: 224).

La ONU (en línea) tiene el siguiente registro acerca de los contaminantes del agua de origen industrial:

- Unos 300-500 millones de toneladas de metales pesados, solventes, restos tóxicos y otros desechos de la industria se van acumulando año tras año.
- Las industrias que utilizan materias primas orgánicas son las que más contribuyen a la carga de contaminantes orgánicos, siendo el sector de alimentación el que más contamina.
- Contribución del sector alimentario a la producción de desechos orgánicos que contaminan el agua: países de renta elevada: 40%; países de renta baja: 54 por ciento.
- Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los Estados Unidos y en otros países industrializados.
- En los países en desarrollo, un 70% de los desechos industriales se vierten al agua sin tratamiento contaminando así el agua disponible.

### *Contaminación rural del agua*

Por su parte, la *contaminación rural del agua* también es significativa por el uso de agroquímicos, aunque muy difícil de medir según los expertos, mientras que el consumo rural de este recurso es el más alto de todos: “... a nivel mundial el 70 por ciento del agua objeto de operaciones hidráulicas (construcción de embalses o canalización a lo largo de grandes distancias) se destina íntegramente a la agricultura” (Lacoste, 2003: 39). Sin embargo, no todos los productores rurales del planeta usan agroquímicos y no todos cuentan con sistemas de riego; “mientras menos modernos son los campesinos es menor o nula la contaminación que producen y más intactos conservan sus sistemas milenarios de manejo de agua” (Barreda, 2007a: 225).

Es importante señalar que las actividades agropecuarias contaminantes responden a la creciente demanda de las grandes ciudades y utilizan las agrotécnicas de la revolución verde y es esta condición la que lleva a los campesinos dedicados a esta forma de producir a convertirse en agentes de la contaminación del agua.

---

<sup>10</sup> Los billones de bolsas de plástico producidas anualmente tardan mil años en degradarse (Barreda, 2007a: 224).

Esta misma situación caracteriza a las plantaciones forestales, la ganadería y la pesca intensivas con sus meggranjas dedicadas a criar y sacrificar millones de animales, peces y mariscos. El excremento saturado de químicos que produce el manejo industrial de estos animales va a dar al agua de los ríos, mezclado con altas dosis de productos anabólicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, principalmente (Barreda, 2007a: 225).

La cría industrial de animales es sumamente contaminante por las enormes cantidades de estiércol que genera y que resulta imposible manejar de forma segura dadas las más de 400 sustancias peligrosas para la salud que emiten a la atmósfera, tal es el caso de las granjas dedicadas a la cría de cerdos, que “producen una cantidad de estiércol no tratado equivalente a los residuos humanos de una ciudad de 360,000 habitantes” (Barlow y Clarke, 2004: 65).

La agricultura intensiva contamina el agua por las elevadas concentraciones de fertilizantes nitrogenados que utiliza, práctica que ha desestabilizado el equilibrio del nitrógeno en la naturaleza y ha contaminado muchas fuentes de agua (Barlow y Clarke, 2004: 66).<sup>11</sup>

Además, la irrigación excesiva y la agricultura intensiva con uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos, método por el cual la humanidad obtiene hoy en día 40% de sus alimentos en tierras de regadío es una forma de cultivo de la tierra que ha agotado y está agotando las fuentes de agua dulce del planeta. Los países que practican estos métodos de cultivo experimentan problemas crecientes relacionados con la sequía, la desertización, la erosión de la capa superficial del suelo y la escasez de agua (Barlow y Clarke, 2004: 82).

En un informe de junio de 2001, “la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) afirmaba que 1,000 millones de personas vivían en países secos cuyo suelo, esquilado por el uso abusivo, era incapaz de

---

<sup>11</sup> En su estado natural, el nitrógeno es una molécula inocua que constituye el 79% del aire que respiramos... el uso masivo de fertilizantes nitrogenados y de otras fuentes artificiales de nitrógeno ha introducido en el medio ambiente dos veces la cantidad de esa sustancia que había en él antes de que el hombre iniciase prácticas agrícolas... La duplicación del nitrógeno en los ciclos del agua y del suelo ha tenido un profundo impacto sobre los ecosistemas mundiales. El exceso de nitrógeno en el agua rebaja el nivel de oxígeno, lo que a su vez afecta al metabolismo y al crecimiento de las especies oxigenodependientes. Esta situación puede dar lugar con el tiempo a la denominada hipoxia (Barlow y Clarke, 2004: 66-67).

producir suficientes alimentos para sus habitantes. Según ese mismo informe, la desertización afecta ahora a 3,600 millones de hectáreas en más de un centenar de países, y la situación empeora cada día que pasa. En algunos casos extremos de abuso del riego, sistemas enteros de agua se han agotado” (Barlow y Clarke, 2004: 82). Tal es el caso del lago Chad, en África, que ha perdido 90% de sus reservas desde 1960 a causa del riego; el río Zaindeh en el norte de Irán se secó completamente en 1999 por la misma causa; y el caso más tristemente famoso es el del mar Aral, que fue el cuarto lago más grande del mundo, en una cuenca compartida por Afganistán, Irán y cinco países de la antigua Unión Soviética, en la actualidad ha perdido 80% de su volumen de agua y la que ha quedado es diez veces más salada, a causa de la desviación de los ríos que lo alimentaban (Amu y Syr) para producir algodón para exportación durante el periodo de 1940 a 1980 (Barlow y Clarke, 2004: 83-84).

“Para producir una tonelada de carne se requieren al menos 15,000 toneladas de agua, y aproximadamente ésa es también el agua necesaria para producir una tonelada de algodón. Producir trigo o soja requeriría únicamente el 2% de esa cantidad de agua”. Sin embargo, muchos gobiernos en el mundo subvencionan esos cultivos dilapidadores del agua y erosionadores del suelo. “El Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) informa que dos terceras partes de los terrenos dedicados al cultivo en todo el mundo se han degradado a lo largo de los últimos cincuenta años, y que muchas de las prácticas que resultan tan dañinas para la agricultura han tenido también efectos desastrosos sobre los sistemas mundiales de agua dulce” (Barlow y Clarke, 2004: 86-87).

Ante el aumento de la demanda de agua, muchos gobiernos del mundo han buscado la solución en la construcción de más presas y en el desvío de más ríos.<sup>12</sup> La construcción de presas obedece a varias razones: para producir electricidad, para facilitar la navegación, para abastecer de agua a ciudades y campos de cultivo, y para

---

<sup>12</sup> “A lo largo del siglo XX se han construido 800,000 pequeñas presas y cerca de 40,000 grandes presas (de una altura superior a cuatro pisos), de las cuales más de cien son verdaderos monstruos de más de 150 metros de altura. De estas últimas, la inmensa mayoría han sido construidas a partir de 1950. La nación que posee el mayor número de presas es China, y tras ella van Estados Unidos, la antigua Unión Soviética, Japón y la India. Como consecuencia de estas construcciones, más del 60% de los ríos del mundo son aprovechados actualmente... En conjunto, los pantanos creados con las presas han inundado cerca de un millón de kilómetros cuadrados y retienen un volumen de agua seis veces más grande que todos los ríos del mundo juntos” (Barlow y Clarke, 2004: 87-88).

controlar las inundaciones. Sin embargo, “las grandes presas han ido perdiendo prestigio a medida que han ido acumulándose las pruebas de su enorme impacto ecológico”, tal como lo señala Patrick McCully en el libro *Silenced Rivers*, publicado en 1996 (Barlow y Clarke, 2004: 88),<sup>13</sup> el cual es altamente negativo para el ambiente y la salud de las personas.

## PÉRDIDA DEL AGUA DULCE

En lo que se refiere a la *pérdida de agua dulce en el mundo*, éste es un fenómeno relacionado con el hecho de que en los últimos dos siglos el capital industrial ha consumido el agua dulce como si se tratara de un recurso ilimitado, siendo que es finito. La industrialización y la urbanización crecientes ponen en crisis el intercambio global de aguas dulces procedentes de la tierra y el mar. Al reseñar un importante estudio del ingeniero hidrólogo eslovaco Michal Kravčík, Barlow y Clarke (2004: 32-33) señalan lo siguiente:

... a medida que la superficie de la tierra va siendo pavimentada –con la consiguiente pérdida de bosques y praderas y la eliminación de manantiales y arroyos naturales–, menores son las precipitaciones que acogen los lechos de los ríos y las cuencas continentales, donde justamente se necesitan tales precipitaciones, y buena parte de esta agua va directamente al mar donde se vuelve salada. Es como si la lluvia cayera sobre un enorme tejado situado a baja altura, o paraguas, formado por áreas pavimentadas o desprovistas de árboles: todo lo que se encuentra

---

<sup>13</sup> a) “La inundación de la vegetación terrestre crea el hábitat requerido por las bacterias que absorben el mercurio que pueda estar depositado en un determinado suelo. Los pantanos transforman este mercurio de forma que los peces pueden ingerirlo, y posteriormente el mercurio entra en la cadena alimenticia. En este estado, el mercurio sufre un proceso bioacumulativo, de forma que cuando los seres humanos lo ingieren puede resultar mucho más letal que en su forma original... El envenenamiento por mercurio puede provocar ceguera, fracasos reproductivos y daños cerebrales”.

b) Los pantanos artificiales de las presas contribuyen también al calentamiento global, “en la medida en que la vegetación sumergida y en proceso de descomposición lanza a la atmósfera ingentes cantidades de dióxido de carbono y metano, dos importantes gases de efecto invernadero”.

c) “... el tremendo peso del agua en una cuenca que no estaba diseñada para retenerla deforma la corteza terrestre que la sustenta, dando lugar en ocasiones a terremotos”.

d) “Algunos geofísicos creen que las presas han alterado ligeramente la velocidad de rotación de la Tierra y la forma de su campo gravitatorio”.

e) “Las presas, al multiplicar varias veces el área de la superficie del agua expuesta al sol, especialmente en los climas tórridos, pueden provocar también la evaporación de grandes cantidades de agua”.

f) “... los proyectos de presas son la principal causa que pone en peligro y destruye la biodiversidad que tiene por hábitat el agua dulce” (Barlow y Clarke, 2004: 90)

por debajo se mantiene seco, y el agua va a parar fuera de su perímetro. Los bosques y las praderas, verdadero «domicilio» del agua, habrían atrapado la lluvia y la nieve, pero, cuando cae sobre áreas pavimentadas y tierras deforestadas, el agua resbala y se encamina hacia el océano.

Otros factores que contribuyen a la pérdida de agua dulce son la expansión de la frontera agrícola, el sobrepastoreo de la ganadería extensiva y la deforestación,<sup>14</sup> los cuales contribuyen a la expansión de los desiertos en el mundo. Mientras que la desertificación contribuye al calentamiento global,<sup>15</sup> a los huracanes e inundaciones (Barreda, 2007a: 228). En relación con esto, el grupo de científicos de Michal Kravčik ha dado a conocer lo siguiente:

... un alarmante aviso sobre el número creciente de lo que ellos llaman «manchas calientes» en la tierra: lugares donde ha desaparecido el agua previamente existente. En un futuro próximo, el «desecamiento» progresivo de la Tierra tendrá múltiples secuelas: aumento de los casos de sequía; calentamiento global, con sus correspondientes variaciones climáticas extremas; menor protección por parte de la atmósfera; incremento de la radiación solar; disminución de la biodiversidad; derretimiento del hielo en parte de las regiones polares; sumersión;

---

<sup>14</sup> La deforestación también es un grave problema, dado que “los bosques tienen un importante papel en la protección y la purificación de las fuentes de agua dulce. Absorben los contaminantes antes de que alcancen a los ríos y los lagos, y, como los humedales, previenen las inundaciones... Cuando los bosques son escasos o se practican en ellos talas incontroladas, la integridad de las cuencas fluviales se ve amenazada o simplemente se destruye” (Barlow y Clarke, 2004: 73). En agosto de 2001, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) dio a conocer el informe *An Assessment of the Status of World's Remaining Closed Forests*, el cual señalaba que “sólo una quinta parte del planeta estaba en ese momento cubierta de bosques sostenibles y que muy pocos de éstos gozaban de la protección necesaria por parte de los gobiernos” (Barlow y Clarke, 2004: 75).

<sup>15</sup> De acuerdo con Simon Retallack y Peter Bunyard en *The Ecologist*, «las implicaciones [del calentamiento global] para la vida son inmensas. Con temperaturas más altas, es también mayor la energía que impulsa los sistemas climáticos de la Tierra, y esto a su vez provoca cambios más violentos en el clima. Violentas tempestades, inundaciones, sequías, tormentas de polvo, olas marinas, desprendimiento de tierra en el litoral, entrada de agua salada en los acuíferos del subsuelo, cosechas destruidas, bosques agonizantes, la inundación de tierras bajas, y la difusión de enfermedades endémicas como la malaria, la fiebre dengue y la esquistosomiasis será inevitable si el consumo de combustibles fósiles no se reduce progresivamente. [...] En todo el mundo, la agricultura deberá hacer frente a graves trastornos y algunas economías podrían venirse abajo. Habrá millones de refugiados medioambientales: personas que huyen de zonas invadidas por el mar... Ésas son las perspectivas, y los asesores científicos del gobierno de Gran Bretaña advierten que millones de personas van a morir en todo el mundo a consecuencia de los procesos de calentamiento global que ya se han desencadenado».

“A medida que el calentamiento global eleva la temperatura superficial de la Tierra, el agua del suelo necesaria para mantener el ciclo del agua dulce se evapora más rápidamente. El agua superficial (es decir, el agua de lagos y ríos) también se evapora más y las zonas de nieve necesarias para reponer las reservas de agua dulce disminuyen en número y tamaño” (Barlow y Clarke, 2004: 76-78).

desertización continental masiva; y, eventualmente, en palabras de Michal Kravčík, «colapso global»” (Barlow y Clarke, 2004: 34-35).

## CONTEXTO HISTÓRICO ECONÓMICO DE LA CRISIS DEL AGUA

La crisis mundial del agua se intensificó en la segunda mitad del siglo XX, sobre todo a partir del último cuarto de este siglo, e irrumpe con fuerza en una coyuntura de crisis económica mundial del capitalismo (crisis de los años setenta del siglo XX y crisis de 2008), cuando este sistema trata de salir a flote privatizando los bienes comunes (agua, bosques, semillas, tierras, conocimientos tradicionales) que la humanidad aún conserva en la actualidad y que hoy son objeto de interés de las empresas como nuevas fuentes de obtención de ganancias.

Diversos autores coinciden en la intensificación del carácter depredador de los recursos naturales y la privatización de los bienes comunes que ha venido aconteciendo en el periodo capitalista de los últimos treinta años.

Barlow y Clarke (2004: 133-164) llaman a este contexto histórico globalización económica encabezada por empresas transnacionales que se caracteriza por el libre comercio y la mercantilización de los bienes comunes, entre otros importantes aspectos. David Harvey lo llama acumulación por desposesión (Harvey, 2004: 99-129). Jorge Veraza lo plantea en términos de la acumulación originaria terminal capitalista (2007: 53-54).

Barlow y Clarke (2004: 135) plantean que la crisis mundial del agua se desata en el contexto de una economía global encabezada por empresas transnacionales, y que es la globalización económica, modelo dominante de desarrollo de nuestro tiempo, la que impulsa dicha crisis. Por lo que para comprender este proceso es importante analizar las fuerzas de la globalización económica, que en estos momentos están remodelando las vidas de pueblos comunidades y naciones.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> “El modelo dominante de desarrollo de nuestro tiempo es la globalización económica, un sistema impulsado por la idea del carácter inevitable de una única economía global, con leyes universales establecidas por empresas y mercados financieros. Para quienes hoy ejercen el poder, la metáfora definitoria de la etapa posterior a la guerra fría no es democracia ni administración ecológica, sino libertad económica. De ahí que el mundo esté sufriendo un proceso de transformación de dimensiones históricas. Esencialmente, dicha transformación implica en último término un asalto en toda regla a los más diversos ámbitos de la vida. En esta economía global de mercado todo está ahora

La globalización económica inicia desde hace 500 años, cuando los imperios de Europa competían entre sí para controlar el oro, la plata, el cobre y la madera de Asia, África y el continente americano. Sin embargo, es durante el siglo XX cuando dicho modelo avanza cada vez más rápido, especialmente a finales de la década de los ochenta, con la caída del muro de Berlín, que simbólicamente significó el triunfo del capitalismo sobre el comunismo. En este nuevo contexto histórico, las corporaciones trasnacionales son las instituciones dominantes del capitalismo global, ya que en el año 2000, de las 100 economías mayores del mundo, 53 no eran naciones-Estado sino empresas trasnacionales (Barlow y Clarke, 2004: 137).<sup>17</sup>

La globalización económica se rige por los principios del mercado libre, los cuales se retoman en el Consenso de Washington y promueven la liberalización del comercio, las inversiones y las finanzas (Barlow y Clarke, 2004: 137);<sup>18</sup> la privatización de empresas y servicios públicos (entre ellos el servicio público de tratamiento, suministro y manejo del agua);<sup>19</sup> el imperativo del crecimiento, principio

---

en venta, incluso ámbitos de la vida considerados sagrados en otro tiempo, como la salud y la educación, la cultura y la herencia, los códigos genéticos y las semillas, así como los recursos naturales, incluidos el aire y el agua” (Barlow y Clarke, 2004: 136).

<sup>17</sup> “Hace dos décadas las Naciones Unidas informaron que las empresas trasnacionales que actuaban en el mundo eran unas 7,000. Hoy, el número de este tipo de empresas supera las 45,000. Según el Instituto de Estudios Políticos con sede en Washington, de estas empresas las 200 más importantes son tan grandes y poderosas que sus ventas anuales combinadas superan la suma total de las economías de 182 de los 191 países del mundo. Es más, estas empresas detentan casi dos veces más poder económico, en términos de ingresos anuales, que las cuatro quintas partes más pobres de la humanidad (Barlow y Clarke, 2004: 137, 139). Además, según el filósofo canadiense John McMurtry, las corporaciones trasnacionales gozan de inmunidad legal y están protegidas “por una armadura legal que ofrece a estas empresas una impunidad inexplicable respecto de cualquier daño o crimen que cometan contra personas individuales, sociedades o entornos naturales en cualquier parte del mundo” (John McMurtry, citado por Barlow y Clarke, 2004: 142)

<sup>18</sup> “De acuerdo con esta doctrina, es imprescindible que capital, bienes y servicios circulen libremente a través de las fronteras de todo el mundo, sin intervención o regulación de los gobiernos. En el centro de esta ideología se ha de situar la convicción de que los intereses del capital se anteponen a los derechos de los ciudadanos” (Barlow y Clarke, 2004: 137-138).

<sup>19</sup> “... los servicios del agua han suscitado el interés de empresas con ánimo de lucro. Dos conglomerados empresariales trasnacionales con sede en Francia, Vivendi y Suez, desempeñan ahora en el mundo de la industria del agua un papel parecido al de la General Motors y Ford Motor Company en la industria automovilística. El año 2000, Vivendi y Suez ocuparon respectivamente los puestos 91 y 118 de la lista de las 500 empresas más representativas en fortuna global. Entre ambas poseen, o tienen interés por controlar, empresas dedicadas al negocio del agua en más de 130 países en los cinco continentes, y juntas tienen a su cargo actualmente los servicios del agua para más de 100 millones de personas por todo el mundo” (Barlow y Clarke, 2004: 142). El objetivo principal de las empresas privadas que prestan servicios públicos de agua es obtener un beneficio económico, lo cual significa precios más altos por el servicio. Por lo que la gestión privada del agua “se mueve dentro de la dinámica del mercado de aumentar el consumo y obtener el máximo beneficio, sin preocuparse de la

que conduce a un enfrentamiento con la naturaleza y que de acuerdo con Vandana Shiva “implica una forma de robo a expensas de la naturaleza y de las personas”;<sup>20</sup> la mercantilización de los bienes comunes y los recursos naturales como el agua, los bosques, las semillas, entre otros (Barlow y Clarke, 2004: 143-144);<sup>21</sup> la especulación financiera en los mercados de capital (la inversión especulativa suplanta a la inversión productiva), por ejemplo, como en el caso de suelo, que está siendo arrastrado hacia un mercado de futuros de mercancías que implica especulación sobre los precios del agua (Barlow y Clarke, 2004: 152-153); la competitividad internacional, donde lo realmente importante es producir bienes y servicios para los mercados de exportación, más que para el mercado interior y para satisfacer las necesidades locales de desarrollo, además de que “para ser competitivos internacionalmente, los gobiernos nacionales se ven obligados a eliminar todas las barreras que impidan el flujo libre de capitales, bienes y servicios, incluidas aquellas regulaciones del entorno destinadas a proteger recursos naturales como el agua” (Barlow y Clarke, 2004: 156).<sup>22</sup>

---

sostenibilidad a largo plazo de un recurso escaso para las futuras generaciones” (Barlow y Clarke, 2004: 148). Además, los gobiernos deben ofrecer garantías a las empresas privadas y minimizar el riesgo asumido por éstas. “De hecho los bancos de desarrollo a menudo exigen garantías gubernamentales antes de prestar dinero para operaciones privadas como el suministro municipal de agua, y muchos contratos de concesiones de servicios de agua incluyen cláusulas que exigen que sean los gobiernos los que garanticen que los operadores privados van a obtener beneficios mientras esté vigente el contrato... Estas garantías financieras gubernamentales salen, naturalmente, de los bolsillos de los ciudadanos que pagan sus impuestos” (Barlow y Clarke, 2004: 150).

<sup>20</sup> “... la capacidad de aguante del ecosistema del planeta tiene sus límites, especialmente si tenemos en cuenta que en este momento el mundo natural está siendo destruido a pasos agigantados, la deforestación, la desertización y la urbanización” (Barlow y Clarke, 2004: 143).

<sup>21</sup> “... la mercantilización, no sólo del agua sino de otros elementos de la naturaleza y de la vida misma, es un rasgo distintivo de la globalización corporativista actual. Cosas que en otro tiempo se consideraron «bienes comunes» representan hoy la última frontera en la expansión del capitalismo global” (Barlow y Clarke, 2004: 146).

<sup>22</sup> “Para producir con destino a los mercados globales, enormes buques de arrastre han acabado virtualmente con las reservas de peces en muchos caladeros comerciales... Empeñados en llevar adelante una explotación masiva, los gigantes de la madera suponen en este momento una amenaza para más del 70% de las mayores selvas vírgenes del mundo. Por su parte, la acción de la industria minera destruye actualmente cada año más superficie de la Tierra que la erosión natural de los ríos. Y ... la producción de cultivos con vistas a la exportación ha provocado también graves daños de tipo ecológico, como son la erosión del suelo, el agotamiento de los acuíferos y la contaminación química. La fuerte tendencia a exportar ha intensificado significativamente la explotación de los recursos naturales en el Sur” (Barlow y Clarke, 2004: 157).

Para obtener una ventaja competitiva en los mercados globales, tanto los países industrializados como los no industrializados se sienten obligados a prescindir de las normativas que protegen el medio ambiente, incluidas las garantías sobre el agua... Para las empresas multinacionales, las leyes que limitan las exportaciones en gran escala de agua o la privatización de los servicios del agua, o la construcción de presas para la producción de energía eléctrica en ciertos ríos... son... «barreras injustificadas» que frenan el comercio y la inversión internacionales. En un clima económico globalmente competitivo, las empresas transnacionales amenazarán con retirar sus planes de inversión en un determinado país, a menos que el gobierno correspondiente cambie esa regulación sobre el medio ambiente (Barlow y Clarke, 2004: 157-158).

Por su parte, David Harvey, retomando la categoría de *acumulación originaria* de Marx, analiza el capitalismo actual como un *nuevo imperialismo* que se lleva a cabo con los mismos mecanismos de la acumulación originaria clásica, y con el fin de resaltar que la acumulación originaria clásica es un recurso que la acumulación de capital ha continuado utilizando en su posterior desarrollo hasta la actualidad, es decir, que es un proceso todavía vigente y en curso, la denomina *acumulación por desposesión*.

Una revisión general del rol permanente y de la persistencia de prácticas depredadoras de acumulación “primitiva” u “originaria” a lo largo de la geografía histórica de la acumulación de capital resulta muy pertinente, tal como lo han señalado recientemente muchos analistas. Dado que denominar “primitivo” y “originario” a un proceso en curso parece desacertado, en adelante voy a sustituir estos términos por el concepto de “acumulación por desposesión” (Harvey, 2004: 112-113).

Harvey resume las características de la acumulación originaria planteada por Marx para luego compararlas con las características actuales de la acumulación y evidenciar que la depredación, el fraude y el robo siguen siendo prácticas vigentes del capitalismo en todo el planeta:

Una mirada más atenta de la descripción que hace Marx de la acumulación originaria revela un rango amplio de procesos. Estos incluyen la mercantilización y privatización de la tierra y la expulsión forzosa de las poblaciones campesinas; la conversión de diversas formas de derechos

de propiedad –común, colectiva, estatal, etc.– en derechos de propiedad exclusivos; la supresión del derecho a los bienes comunes; la transformación de la fuerza de trabajo en mercancía y la supresión de formas de producción y consumo alternativas; los procesos coloniales, neocoloniales e imperiales de apropiación de activos, incluyendo los recursos naturales; la monetización de los intercambios y la recaudación de impuestos, particularmente de la tierra; el tráfico de esclavos; y la usura, la deuda pública y, finalmente, el sistema de crédito. El Estado, con su monopolio de la violencia y sus definiciones de legalidad, juega un rol crucial al respaldar y promover estos procesos (Harvey, 2004: 113).

Dentro de este contexto de un capitalismo que utiliza el despojo como mecanismo para resolver sus crisis económicas y salvar el proceso de acumulación, Harvey señala que la depredación y el despojo de los bienes comunes (entre ellos el agua), así como su mercantilización, además de la eliminación de los derechos ganados por la clase obrera a través de la lucha de clases, forman parte de los nuevos mecanismos de la acumulación por desposesión:

La reciente depredación de los bienes ambientales globales (tierra, aire, agua) y la proliferación de la degradación ambiental, que impide cualquier cosa menos los modos capital-intensivos de producción agrícola, han resultado de la total transformación de la naturaleza en mercancía. La mercantilización de las formas culturales, las historias y la creatividad intelectual supone la total desposesión –la industria de la música se destaca por la apropiación y explotación de la cultura y la creatividad populares. La corporativización y privatización de activos previamente públicos (como las universidades), por no mencionar la ola de privatización del agua y otros servicios públicos que ha arrasado el mundo, constituye una nueva ola de “cercamiento de los bienes comunes”. Como en el pasado, el poder del Estado es usado frecuentemente para forzar estos procesos, incluso en contra de la voluntad popular... La vuelta al dominio privado de derechos de propiedad común ganados a través de la lucha de clases del pasado (el derecho a una pensión estatal, al bienestar, o al sistema de salud nacional) ha sido una de las políticas de desposesión más egregias llevadas a cabo en nombre de la ortodoxia neoliberal (Harvey, 2004: 114-115).

En este proceso de acumulación por desposesión hay una actuación conjunta del Estado y el capital, señala Harvey, el cual es a su vez un señalamiento del movimiento antiglobalización en su lucha contra la privatización de los bienes comunes encabezada por las empresas (principalmente transnacionales) y respaldada por los estados capitalistas en el mundo. Por lo que Harvey plantea que la acumulación por desposesión “es omnipresente, sin importar la etapa histórica, y se acelera cuando ocurren crisis de sobreacumulación en la reproducción ampliada, cuando parece no haber otra salida excepto la devaluación” (Harvey, 2004: 115).

Harvey hace una periodización de la geografía histórica de la actuación imperialista de los países que encabezan la acumulación de capital mundial desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, tomando en cuenta la hegemonía británica que luego pasó a ser estadounidense en el siglo XX, la cual continúa hasta el presente. También reseña las crisis capitalistas de finales del siglo XX, a partir de la de 1973, pasando por la crisis de la deuda de los países del tercer mundo en los años ochenta, así como por la del sudeste asiático de 1997-1998.

En cada una de esas crisis se hicieron presentes los problemas de sobreacumulación que de manera recurrente enfrenta el capitalismo. Los mecanismos de acumulación por desposesión que en estas ocasiones pusieron en marcha los países hegemónicos de la economía mundial para sortear la crisis fueron, de acuerdo con Harvey, el reciclamiento de los petrodólares que llevaron a cabo los bancos estadounidenses, gracias a su hegemonía financiera mundial durante los años setenta; el comienzo de la aplicación de las políticas neoliberales; los programas de ajuste estructural, como fue el caso de América Latina en los años ochenta del siglo XX (a decir de Harvey, economías enteras fueron asaltadas); la crisis de la deuda de los países del tercer mundo facilitó la imposición de las políticas neoliberales en los países endeudados, que permitieron, entre otras cosas, la penetración de capitales externos, la adquisición de las mejores empresas estatales o privadas, que, al igual que los mercados internos, pasaron a manos de empresas estadounidenses, europeas y japonesas. Es decir, se impuso la privatización de empresas públicas como una de las principales políticas neoliberales.

De este modo, las bajas ganancias en las regiones centrales pudieron ser complementadas con una parte de las mayores ganancias obtenidas en el exterior. La acumulación por desposesión se convirtió en un rasgo mucho más central dentro del capitalismo global (con la privatización como uno de sus principales mantras). La resistencia a esto también se volvió más central dentro del movimiento anticapitalista y antiimperialista (Harvey, 2004: 116-118).

Otra explicación muy importante es que la etapa neoliberal actual del capitalismo se caracteriza por un proceso general mundial de *acumulación originaria residual* y

*terminal*, de acuerdo con el planteamiento de la acumulación originaria de Marx (capítulo XXIV del tomo I de *El capital*), retomado por Jorge Veraza (2007) y según el cual el capital despoja a las comunidades de aquellos recursos y bienes comunes que hasta tiempos recientes no habían sido del interés de las empresas para su proceso de acumulación, como es el caso del agua, la biodiversidad, los recursos genéticos, etc. Es a partir de la segunda mitad del siglo XX, pero sobre todo al final de este siglo cuando el desarrollo tecnológico para la explotación de estos recursos, así como el dominio técnico que el capital ha logrado sobre el planeta entero lo que posibilita, entre otras causas, el interés por controlar y apropiarse de dichos bienes.

Los promotores de la privatización del agua la proponen como solución a la crisis del recurso, y es un proceso que ha ido avanzando a lo largo de los últimos treinta años de neoliberalismo. Sin embargo, la privatización es más bien uno de los factores que están agravando la crisis del agua. Jorge Veraza responde a los promotores de la privatización señalando que en torno a la privatización del agua y la conversión forzada de ésta en mercancía por el neoliberalismo están involucradas tres formas de acumulación originaria de capital, además de que: "... la conversión forzada del agua en mercancía se asocia necesariamente con una expropiación violenta abierta o encubierta que constituye una acumulación originaria de capital que ... no sólo antecede al modo de producción capitalista, sino que además lo acompaña y es relanzada con él en su nueva modalidad por el ... capitalismo neoliberal" (Veraza, 2007: 53-54). Las tres formas de acumulación originaria planteadas por Veraza son las siguientes:

1. La *acumulación originaria de capital* es una acumulación de riqueza anterior y paralela a la acumulación de capital propiamente dicha... Consiste en el despojo, a veces con apariencia legal, de los medios de vida de los campesinos y los artesanos, hasta entonces vinculados tradicionalmente con estos medios y con las condiciones materiales de las que éstos dependen: el suelo, el agua, el aire, los bosques, etcétera. En el capítulo XXIV del tomo I de *El capital*, Marx expone este proceso como condición originaria previa pero que también acompaña al desarrollo capitalista.
2. La *acumulación originaria salvaje residual*: lo que quedaba por arrebatar a los productores directos. Esta forma de acumulación originaria es característica del periodo neoliberal y

surge para compensar la insuficiente tasa y masa de plusvalor que alimenta a la acumulación de capital ya existente; consiste fundamentalmente en un despojo del suelo, aunque también involucra a la cultura. Los pobladores, productores y consumidores son despojados de los aspectos residuales: el suelo, el agua, el subsuelo y la biodiversidad, así como los territorios que aún quedaban en manos de comunidades indígenas o sobre los que está asentada una nación que es incómoda para el imperio y cuenta con recursos estratégicos (caso de Afganistán e Irak y sus yacimientos de petróleo). Esta expropiación incluye condiciones sociales y políticas que obreros, campesinos, colonos y ciudadanos en general habían conquistado en el curso del desarrollo de la sociedad burguesa. Esta acumulación originaria es salvaje porque no se conforma con el plusvalor y la superexplotación de la fuerza de trabajo, sino que le arrebató a la población la riqueza natural y la riqueza cultural.

3. La *acumulación originaria terminal* constituye un segmento particular de la acumulación originaria salvaje neoliberal que se distingue porque involucra la tendencia a acabar con la vida de la clase obrera y de la humanidad y aun con la del propio capitalismo. Esta forma de acumulación de capital genera contradicciones y cuellos de botella cada vez más difíciles de resolver para el capital social global.

Esta última forma de acumulación originaria, la acumulación originaria terminal –plantea Veraza–, es la que opera en los procesos de privatización del agua y la biodiversidad, así como en las expropiaciones que impone el imperialismo norteamericano al conjunto de la humanidad cuando atenta contra la biosfera –como la negativa a la firma del protocolo de Kyoto– o viola impunemente el derecho internacional mediante guerras preventivas o amagos contra diversas naciones con el pretexto de la “guerra contra el terrorismo internacional” (Veraza, 2007: 54-55).

Asimismo, Veraza (2007: 87-94) explica la crisis del agua y su privatización en el marco del proceso de desarrollo capitalista de finales del siglo XX y de la dialéctica entre capital individual y capital social, donde un capital o grupo de capitales hace prevalecer sus intereses frente al capital social, sea nacional o mundial, con lo que se generan figuras sifilíticas autodestructivas de desarrollo capitalista. La privatización del agua corresponde a este tipo de figura.

... no sólo el beneficio de un capital ocurre en detrimento del resto de capitales, sino por un rodeo cada vez más corto, en contra de ese mismo capital individual. Como lo vemos en la situación del capital norteamericano sumido en el fangal de la guerra de Irak...

La necesidad del capital individual se hace valer frente al capital social mediante una *dialéctica de salvación* a través de la cual se impone una dialéctica de prepotencia –que flota en la superfluidad– en la que éste prevalece contra la población en general y la clase obrera en particular, pero que también es *dialéctica de soberbia y engreimiento* frente al capital social y de autodestrucción del propio capital individual.

Ahora en cada país los capitales individuales acumulan directamente contra el capital social. No solo porque el imperio se opone a los bloques de capital social pertenecientes a los diversos países, sino porque los capitales individuales se orientan contra el resto de capitales que conforman al capital social como lo hacen las trasnacionales del agua contra la humanidad y contra los diversos capitales nacionales. El capital social no puede imponer restricciones a la sobreexplotación [sobreutilización] y a la contaminación de los recursos hídricos (Veraza, 2007: 88-90).

Esto fue posible, de acuerdo con el autor, gracias al debilitamiento de la clase obrera y otras formas emergentes de resistencia social desde mediados de los años setenta del siglo XX, que cuando acudieron al Estado pidiendo su auxilio, éste se dualizó entre su responsabilidad de proteger a la población y el interés privado que debe proteger, optando por este último.

La crisis capitalista del agua incluye como componente esencial una *crisis de legalidad* –y ética– debido a que las trasnacionales del agua han emprendido formidables ataques anticonstitucionales contra los recursos hídricos en todas las naciones en las que han tenido como comparsa, ora sometidos a regañadientes, ora embelesados –y con convicción de ayudarles–, a los gobiernos de cada nación, actores sociales en quienes la actuación anticonstitucional adquiere carácter de escándalo y abyección (Veraza, 2007: 93).

Con base en estos argumentos fundamentales se lleva a cabo el análisis de la crisis del agua en México, la cual presenta además particularidades relacionadas con la historia reciente de nuestro país, en términos de las políticas neoliberales y de libre comercio aplicadas en los últimos 30 años, las cuales son también causantes fundamentales de la crisis de este recurso.



## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN A LA CRISIS DEL AGUA EN MÉXICO

### BREVES ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La política hídrica en México ha tenido profundas transformaciones durante los últimos 30 años y está estrechamente relacionada con los cambios en la política económica resultado de las políticas neoliberales que comenzaron a aplicarse a principios de los años ochenta del siglo XX.

Durante el periodo de los años cuarenta hasta principios de los años ochenta del siglo XX, en México se aplicó una política económica llamada de sustitución de importaciones enfocada principalmente a las necesidades del desarrollo nacional (Calva, 2001: 21-25). A partir de mediados de los años ochenta y hasta el presente se cambia la anterior política económica por las políticas neoliberales, las cuales se han caracterizado básicamente por aplicar las siguientes medidas: reducción de la inversión estatal en la economía, reducción del gasto social estatal, desregulación ambiental, privatización de empresas estatales y servicios sociales, disciplina fiscal y liberalización comercial, de acuerdo a los dictados del Consenso de Washington a los que México se adhiere cuando llega al poder una clase política y una burguesía nacionales subordinadas a los intereses de Estados Unidos (Saxe-Fernández, 2002: 75-150; Calva, 2001:25-36).

La crisis de la deuda que afectó a México y muchos países del tercer mundo, la declinación de las reservas petroleras y minerales de Estados Unidos, Europa y Japón, así como el contexto de mayor competencia intercapitalista mundial entre bloques (Estados Unidos, Europa y Asia con Japón a la cabeza) significó para México una mayor presión sobre su soberanía económica y política de parte de Estados Unidos y los organismos financieros internacionales al servicio de éste como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, los cuales diseñaron los programas de ajuste estructural que se aplicaron en México como las supuestas “salidas” a la mencionada crisis de la deuda mexicana de los años ochenta del siglo XX (Saxe-Fernández, 2002: 56-57). México pudo haber seguido otros derroteros para salir de dicha crisis, como el de una negociación colectiva o una moratoria conjunta con el resto de países

latinoamericanos que se encontraban en la misma situación, tal como lo relata John Saxe-Fernández a lo largo de su obra, *La compra-venta de México. Una interpretación histórica y estratégica de las relaciones México-Estados Unidos* (Saxe-Fernández, 2002: 94), sin embargo, este suceso histórico coincidió con el hecho de que la clase política y la burguesía mexicanas en el poder en ese momento se supeditaron a los dictados de los organismos financieros internacionales y de la hegemonía estadounidense por así convenir a sus intereses.

John Saxe-Fernández caracteriza de entreguista y antinacionalista tal actuación de la clase política y la burguesía mexicanas en el poder durante ese periodo y hasta la actualidad, según lo señala en posteriores trabajos (Saxe-Fernández, 2006; 2010), e incluso las compara históricamente con la actuación de Antonio López de Santa Anna, quien entregó a Estados Unidos más de la mitad de nuestro territorio (Saxe-Fernández, 2002: 75-150).

Ante este complejo contexto histórico económico y político, comenzaron a aplicarse en México las políticas económicas neoliberales que significaron cambios trascendentes en su proyecto de nación; de ser un país proteccionista de su planta productiva nacional y de su mercado interno, con fuerte intervención estatal en la economía, pasó a liberalizar sus fronteras eliminando sus barreras proteccionistas y reduciendo la participación del Estado en la economía con la venta de numerosas empresas paraestatales (más de 1,200 empresas de acuerdo con Saxe-Fernández, 2002; de 744 que había en 1982 disminuyeron a 99 en 1993 según Calva, 2001: 28); cambios a la Ley de Inversión Extranjera para facilitar la entrada de capital extranjero, el cual pasó a recibir trato nacional y facilidades para invertir o comprar empresas nacionales públicas o privadas. De hecho, Calva (2001) señala que la mayor parte de la inversión extranjera directa que entra al país después de los cambios a la ley respectiva, se utilizó para la compra de empresas nacionales y sólo una parte reducida para la inversión productiva. Asimismo, se redujo la inversión sectorial industrial, agropecuaria y de servicios sociales así como los salarios, el empleo y la calidad de vida de los mexicanos (Calva, 2001).

En relación con la política hídrica, de acuerdo a la periodización del autor Luis Aboites Aguilar, nuestro país transita del periodo previo al neoliberalismo cuando

predomina una actuación estatal que favorece el *agua nacional*, el cual se caracteriza por grandes inversiones estatales en infraestructura hidráulica: construcción de grandes sistemas de irrigación en el norte y noroeste del país, así como de represas para almacenamiento de agua en el norte y noroeste y de generación de electricidad en el sureste, además de sistemas de abasto de agua potable y alcantarillado en los principales centros urbanos del país (Aboites Aguilar *et al.*, 2010: 21-49); al periodo neoliberal (que propiamente comienza a partir de 1982, con la presidencia de Miguel De la Madrid), en el que predomina el *agua mercantil-ambiental*, cuando el Estado comienza a dar cabida al capital privado en la administración y gestión del agua con vistas a su consiguiente privatización.

Durante el primer periodo (1940-1982), el del *agua nacional*, las afectaciones al sistema hídrico nacional corrieron principalmente por cuenta de las industrias petrolera, azucarera, química, del papel y celulosa, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos, ubicadas principalmente en los corredores industriales del norte, centro y centro occidente del país, así como las provocadas por la agricultura de irrigación en gran escala que usa los paquetes tecnológicos de la revolución verde, localizadas en el norte, noroeste y el bajío; además de las ciudades en crecimiento (Aboites Aguilar *et al.*, 2010: 21-49).

Sin embargo, las afectaciones al sistema hídrico nacional sufridas durante el periodo del *agua nacional* no se comparan con las ocurridas durante el periodo del *agua mercantil-ambiental*, el de los últimos 30 años de la historia reciente de nuestro país que corresponden al neoliberalismo. Es a partir de este último cuando se comienza a exacerbar la crisis del agua en México, principalmente a causa de los siguientes procesos:

1. La reforma al Artículo 115 Constitucional en 1983, que descentraliza la gestión del agua y su saneamiento a los municipios, pero sin los correspondientes recursos para llevar a cabo dicha tarea, lo cual tiene la finalidad de facilitar la consecución del verdadero objetivo de dicha descentralización, que es la privatización de estos servicios (Dávila, 2006; Peña, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2006).

2. La apertura comercial indiscriminada que deja sin protección a la industria, las actividades agropecuarias y los servicios nacionales, así como el mercado interno. Este proceso rompe y desmantela muchos encadenamientos de la planta productiva nacional, de los servicios, así como el mercado interno, construidos durante más de 40 años (1934-1982), facilitando con ello la entrada masiva de capital extranjero en las actividades económicas estratégicas del país (banca, ferrocarriles, telecomunicaciones, puertos, aeropuertos, agricultura de exportación, minería, electricidad, almacenamiento de granos, entre otras), así como en actividades nuevas como la industria maquiladora y en el control de su mercado interno (Saxe-Fernández, 2002; Calva, 2001: 162-275; ).
3. Creación de la Comisión Nacional del Agua en 1989 con vistas a concentrar en una sola entidad gubernamental la administración y gestión del agua en el país, la cual a su vez se dedicaría a reorganizar dicha administración y gestión de los distintos usos del recurso (agropecuario, industrial y urbano) con vistas a su privatización (León y Rosas Landa, 2006; Flores y León, 2006; Dávila, 2006).
4. La desregulación ambiental nacional general y la aplicada al agua (reformas a la Ley de Aguas Nacionales: 1992, 2004), proceso que se lleva a cabo a través de una ingeniería constitucional y de modificación paulatina de las leyes, de manera oculta y sin informar a la ciudadanía, adecuándolas para su mejor omisión y así facilitar la instalación de actividades productivas contaminantes con muy poco o ningún control y vigilancia (Barreda y Espinoza, en prensa).
5. Las reformas a la Ley de Aguas Nacionales en 1992 y 2004, que centralizan el control del sistema hídrico nacional en la Conagua y descentralizan su gestión fragmentando la responsabilidad de la misma entre los tres principales usos (agropecuario, industrial y público urbano). Por lo que se observa una doble estrategia espacial con vistas a la privatización del recurso: “una que divida los espacios y otra que –complementariamente– los integre” (Barreda, 2006: 16).

La vía de la integración implica la coordinación de la privatización mediante el manejo del agua regional por medio de 13 Organismos de Cuenca y 25 Consejos de Cuenca..., y pone como cabeza de todo este entramado a la Comisión Nacional del Agua... La vía de la

fragmentación *distingue* los tres grandes tipos de uso del agua (urbano, rural e industria) y *pulveriza* la privatización de los usos urbanos mediante una estrategia de municipalización de los manejos, los contratos y los mercados del agua. Asimismo, atomiza la privatización de los usos rurales al focalizarlos, sea en los diversos sistemas de riego o en los principales *hot spots* de las montañas y selvas de México, destinados al pago por servicios ambientales. Y deja como tercer «espacio» los recursos hídricos que la gran industria habrá de tomar, sea de las ciudades o de los campos mismos (Barreda, 2006: 17).

6. La reforma al Artículo 27 Constitucional en 1992 que legaliza la compra-venta de las tierras ejidales, antes prohibida por el mismo artículo. Acción que tiene la finalidad de privatizar y reconcentrar nuevamente la propiedad de la tierra al entregar títulos de propiedad a los ejidatarios, así como de expulsar a los pequeños campesinos del campo mexicano calificándolos de ineficientes e improductivos, desconociendo su carácter de guardianes de la riqueza ambiental del campo mexicano y de los servicios ambientales, económicos, sociales y culturales que aportan al país.
7. La firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte entre México, Estados Unidos y Canadá y de 14 tratados de libre comercio con 42 países en tres continentes, además de 28 tratados bilaterales de inversión con otros tantos países. Acción que constituyó el tiro de gracia al sistema hídrico nacional, al inundar el país de empresas y actividades productivas y de servicios súper contaminantes, con poca o ninguna regulación, tales como las maquiladoras en la frontera norte del país, el Istmo y el sureste; los corredores industriales del bajío y el centro; la proliferación de gasolineras, megacentros comerciales generadores de grandes cantidades de basura inorgánica de difícil manejo (Wal-Mart, Costco, Oxxo, etc, proyectos empresariales de infraestructuras que pasan por alto la legislación ambiental y devastan zonas de protección ecológica, tales como proyectos carreteros, aeroportuarios, turísticos y mineros, entre otros (Barreda y García Barrios, en prensa).
8. La descentralización de la gestión del agua rural que fue transferida a los Distritos de Riego y a las Unidades de Riego, con la mismas características de la transferencia que se hizo a los municipios, es decir, sin los recursos necesarios para el

mantenimiento de las infraestructuras, y con la exigencia a los campesinos de constituirse en personas morales con figuras jurídicas de asociaciones civiles o Sociedades de Responsabilidad Limitada. Mecanismos todos encaminados también a facilitar la privatización del recurso a través de la venta de los títulos de concesión de agua y el cambio de los usos de la misma (Gutiérrez *et al.*, 2006: 69-79).

9. El creciente proceso de privatización del agua que viene ocurriendo en la ciudad y el campo a través de la entrega paulatina e invisible de este recurso a la iniciativa privada nacional y transnacional: sistemas operadores municipales, sistemas de riego agrícola, presas, cabezas de cuenca, plantas de tratamiento (Barreda, 2006: 13-28; León y Rosas Landa, 2006: 37-44; Dávila, 2006: 45-59; Gutiérrez *et al.*, 2006: 69-79; Peña, 2006: 81-86; León y Rosas Landa, 2006: 108-113).

Esta serie de cambios en el entorno económico internacional y nacional, así como en las políticas económica e hídrica aplicadas en México durante el periodo neoliberal de los últimos 30 años constituyen los factores que han contribuido al desarrollo de una crisis del agua en México, la cual se ha ido agravando conforme avanza el neoliberalismo en los distintos ámbitos de la vida económica, social, política y cultural del país.

La intención de este trabajo es aproximarse al análisis de la crisis del agua en México a través de los factores que contribuyen a dicha crisis. En los capítulos II y III abordaremos los aspectos específicos de la crisis del agua en México retomando los tres factores de la crisis mundial del agua abordados en el capítulo I, a saber: 1) la excluyente distribución social del agua dulce disponible; 2) la letal contaminación del agua dulce por medio de la industria, la producción agropecuaria y la vida urbana, y 3) la tendencia a perder de modo irreversible y en términos absolutos cada vez mayores porciones del agua dulce disponible.

En primer lugar presentaremos un panorama general de la disponibilidad natural y social del agua en México, con base en las estadísticas oficiales.

## DISPONIBILIDAD NATURAL Y SOCIAL DEL AGUA EN MÉXICO

### *Disponibilidad natural y social decreciente*

En relación con la disponibilidad natural de agua, México recibe anualmente 1,489 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, de la cual se estima que “73.2% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, 22.1% escurre por los ríos o arroyos y 4.7% se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos”. Por lo que México cuenta anualmente con 459 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable (Conagua, 2010: 21).

Recordemos lo señalado por Barlow y Clarke (2004: 26) en el capítulo I, respecto de que el agua dulce disponible para consumo humano es el agua de lluvia, y que en este sentido la lluvia es la parte crucial del ciclo hidrológico para los seres vivos, incluido el ser humano.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011) la población mexicana en ese año ascendía a 112,336,538 habitantes, de los cuales 86,287,410 (76.8%) correspondían a población urbana y 26,049,128 (23.2%) a población rural (ver cuadro 1). Las estadísticas de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) presentan la cifra proyectada de 108.81 millones de habitantes para el año 2010 (Conagua, 2010: 4-7).

Cuadro 1 Población en México (2010)					
Concepto	Población total	Población urbana	%	Población rural	%
Total nacional	112,336,538	86,287,410	76.81	26,049,128	23.19
Fuente: INEGI, 2011.					

En el curso de los últimos 60 años, la disponibilidad natural media per cápita se ha modificado de 17,742 metros cúbicos por habitante al año (m<sup>3</sup>/hab/año) en 1950 a 4,288 m<sup>3</sup>/hab/año en 2008 (ver cuadro 2), periodo durante el cual la población aumentó de 25.82 millones de habitantes en 1950 (mayoritariamente rural) a 108.81 millones en 2008, la cual pasó a ser mayoritariamente urbana (82.63 millones) (ver cuadro 3). Por lo que la población total del país aumentó más de cuatro veces, la población rural casi se duplicó y la población urbana creció más de siete veces en el

periodo 1950-2010 (ver cuadro 3). En consecuencia, la presión del incremento poblacional sobre los recursos hídricos en el nivel nacional es mayor y nos estamos acercando al denominado estrés hídrico,<sup>23</sup> aunque algunas regiones del país ya se encuentran en esta situación, sobre todo en las zonas urbanas en crecimiento.

CUADRO 2		
Variación de la disponibilidad natural media per cápita del agua (1950-2008)		
Año	m <sup>3</sup> /hab/año	Variación porcentual %
1950	17,742	
1960	10,991	-38.05
1970	7,940	-27.76
1980	6,168	-22.32
1990	5,298	-14.11
1995	5,011	-5.42
2000	4,689	-6.43
2005	4,427	-5.59
2008	4,288	-3.14

Fuente: Elaborado con datos de Conagua (varios años), *Estadísticas del Agua en México*, México.

CUADRO 3  
Evolución de la población de México (1950-2008)  
(millones de habitantes)

<sup>23</sup> “La cantidad de agua renovable anual dividida por el número de habitantes en la región o país da como resultado el agua renovable *per cápita*. Se considera que un país o región vive en estado de estrés hídrico si su agua renovable es de 1 700 m<sup>3</sup>/hab/año o menos” (Gleick, 2003, citado por Conagua, 2010: 22).

Evolución de la población de México, de 1950 a 2008 (millones de habitantes)			
Año	Rural	Urbana	Total
1950	14.80	11.02	25.82
1955	17.23	17.76	34.99
1960	18.58	23.10	41.68
1965	19.93	28.43	48.36
1970	21.24	36.45	57.69
1975	22.55	44.47	67.02
1980	22.93	51.34	74.27
1985	23.30	58.21	81.51
1990	23.73	62.73	86.46
1995	24.16	67.25	91.41
2000	24.71	72.98	97.69
2005	24.28	79.20	103.48
2008	24.48	82.63	107.11

NOTA: La población se interpoló al 31 de diciembre de cada año con base en los datos censales. Se considera que la población rural es aquella que integra localidades con menos de 2 500 habitantes, en tanto que la urbana se refiere a poblaciones con 2 500 habitantes o más.  
FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de INEGI. Censos Generales y Conteos.

**CUADRO 3**  
Evolución de la población de México (1950-2008)  
(millones de habitantes)

Año	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Urbana	11.02	14.39	17.76	23.10	28.43	36.45	44.47	51.34	58.21	67.25	72.98	79.20	84.38
Rural	14.80	16.02	17.23	18.58	19.93	21.24	22.55	22.93	23.30	24.16	24.71	24.28	24.42
<b>Total</b>	<b>25.82</b>	<b>30.41</b>	<b>35.00</b>	<b>41.68</b>	<b>48.36</b>	<b>57.69</b>	<b>67.02</b>	<b>74.27</b>	<b>81.51</b>	<b>91.41</b>	<b>97.69</b>	<b>103.49</b>	<b>108.81</b>

Fuente: Conagua, 2010: 4.

Quando se ve la disponibilidad natural per cápita por región hidrológico-administrativa hay variaciones extremas que van desde 165 m<sup>3</sup>/hab/año en la región XIII Aguas del Valle de México, hasta 24,043 m<sup>3</sup>/hab/año en la región XI Frontera Sur (ver cuadros 4 y 5). El caso de la región XIII Aguas del Valle de México es el más crítico de todos dado que no es autosuficiente en el agua que consume sino que tiene que importar agua de otra región (de la región VIII Lerma-Santiago-Pacífico), que también enfrenta serios problemas de disponibilidad per cápita de agua.

**CUADRO 4**  
Agua renovable per cápita por región hidrológico-administrativa (2008)

Núm.	Región hidrológico-administrativa	Agua renovable (millones de m <sup>3</sup> )	Población a diciembre de 2008 (millones de habitantes)	Agua renovable per cápita 2008 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Escorrentamiento natural medio superficial total* (millones m <sup>3</sup> /año)	Recarga media total de acuíferos (hm <sup>3</sup> /año)
I	Península de Baja	4,626	3.68	1,257	3,367	1,259

	California					
II	Noroeste	8,323	2.59	3,208	5,074	3,250
III	Pacífico Norte	25,627	3.96	6,471	22,364	3,263
IV	Balsas	21,680	10.58	2,049	17,057	4,623
V	Pacífico Sur	32,794	4.12	7,955	30,800	1,994
VI	Río Bravo	11,937	10.84	1,101	6,857	5,080
VII	Cuencas Centrales del Norte	7,884	4.15	1,898	5,506	2,378
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34,160	20.80	1,642	26,431	7,728
IX	Golfo Norte	25,543	4.96	5,155	24,227	1,316
X	Golfo Centro	95,866	9.62	9,969	91,606	4,260
XI	Frontera Sur	157,754	6.56	24,043	139,739	18,015
XII	Península de Yucatán	29,645	3.98	7,442	4,329	25,316
XIII	Aguas del Valle de México	3,514	21.26	165	1,174**	2,340
	Total nacional	459,351	107.12	4,288	378,530	80,822
* Se conforma por el escurrimiento natural medio superficial interno más las importaciones, menos las exportaciones procedentes de otros países.						
** Se consideran las aguas residuales de la ciudad de México.						
Fuente: Conagua, 2010: 22.						

CUADRO 5 Agua renovable per cápita por región hidrológico-administrativa (2008) (m3/hab/año)							
Núm.	Región hidrológico-administrativa	Agua renovable per cápita 2008 (m3/hab/año)	%	Población a diciembre de 2008 (millones de habitantes)	%	Agua renovable (millones de m3)	%
XI	Frontera Sur	24,043	560.7	6.56	6.1	157,754	34.3
X	Golfo Centro	9,969	232.5	9.62	9.0	95,866	20.9
V	Pacífico Sur	7,955	185.5	4.12	3.8	32,794	7.1
XII	Península de Yucatán	7,442	173.6	3.98	3.7	29,645	6.5
III	Pacífico Norte	6,471	150.9	3.96	3.7	25,627	5.6
IX	Golfo Norte	5,155	120.2	4.96	4.6	25,543	5.6
II	Noroeste	3,208	74.8	2.59	2.4	8,323	1.8
IV	Balsas	2,049	47.8	10.58	9.9	21,680	4.7
VII	Cuencas centrales del norte	1,898	44.3	4.15	3.9	7,884	1.7
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	1,642	38.3	20.80	19.4	34,160	7.4
I	Península de Baja California	1,257	29.3	3.68	3.4	4,626	1.0
VI	Río Bravo	1,101	25.7	10.84	10.1	11,937	2.6
XIII	Aguas del Valle de México	165	3.8	21.26	19.9	3,514	0.8
	Total nacional	4,288	100.0	107.10	100.0	459,351	100.0
Fuente: Cuadro 4.							

En algunas Regiones Hidrológico-Administrativas, como en la I Península de Baja California, XIII Aguas del Valle de México, VI Río Bravo y VIII Lerma-Santiago-Pacífico, la cantidad del agua renovable per cápita es preocupantemente baja (Conagua, 2010: 23), es decir, se ubican por debajo del nivel que se considera como de estrés hídrico (Gleick, 2003, citado por Conagua, 2010: 22).

Según Carabias y Landa (2005: 28), ya desde 2004 había una baja disponibilidad natural per cápita de agua, asunto que ya era motivo de preocupación.

Si bien es cierto que el ciclo del agua global es renovable y que las moléculas de agua no se desintegran, sino que sólo cambian de estado, la cantidad y calidad del agua sí están disminuyendo en muchas regiones y localidades debido a que los ecosistemas acuáticos están siendo profundamente alterados y, con ellos, el ciclo del agua (Carabias y Landa, 2005: 32).

México cuenta con 731 cuencas hidrológicas,<sup>24</sup> las cuales se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas, y éstas a su vez están agrupadas en 13 regiones hidrológico-administrativas (ver cuadros 4 y 6, mapas 1 y 2) (Conagua, 2012: 12). En lo que se refiere a las aguas subterráneas, el país está dividido en 653 acuíferos (Conagua, 2012: 26).

---

<sup>24</sup> Una *cuenca hidrográfica* es un territorio drenado por un único sistema de [drenaje natural](#), es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único [río](#), o que vierte sus aguas a un único lago [endorreico](#). Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada [divisoria de aguas](#). El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. También recibe los nombres de *hoya hidrográfica*, *cuenca de drenaje* y *cuenca imbrífera*.

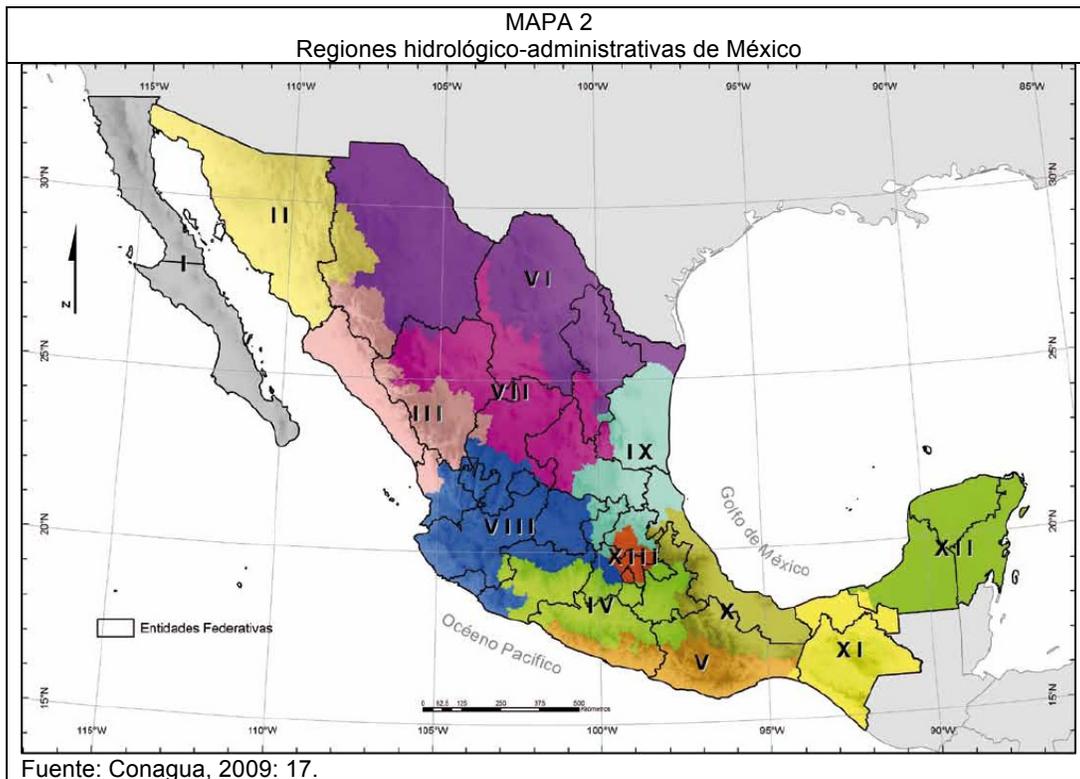
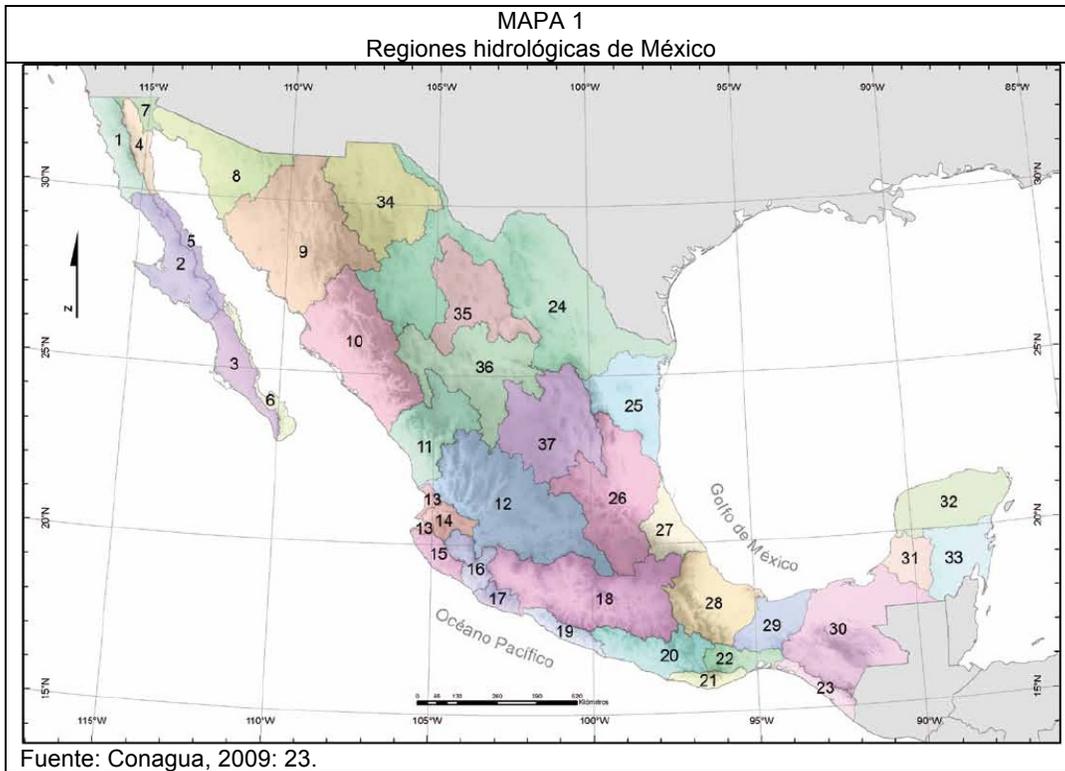
Una cuenca y una *cuenca hidrológica* se diferencian en que la cuenca se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos). (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrográfica](http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrográfica), consulta: 12 de enero de 2014.)

Las cuencas se pueden definir a través de un conjunto consistente de reglas sobre las características topográficas del medio físico, denominándose entonces *cuencas hidrográficas*. Las cuencas también se pueden definir a partir de puntos de drenaje tales como presas, confluencias de ríos o estaciones hidrométricas con el fin de calcular la disponibilidad del agua, denominándose entonces *cuencas hidrológicas*. En México, las cuencas hidrológicas definidas para el cálculo de la disponibilidad tienden a agrupar cuencas hidrográficas de pequeña superficie, por ejemplo pequeñas cuencas hidrográficas costeras; y a subdividir cuencas hidrográficas de mayor tamaño (Conagua, 2010: 18).

**CUADRO 6**  
**Características de las regiones hidrológicas en México**

Características de las regiones hidrológicas						
Región hidrológica	Extensión territorial continental (km <sup>2</sup> )	Precipitación normal anual 1971-2000 (mm)	Escurrimiento natural medio superficial interno (hm <sup>3</sup> /año)	Importaciones (+) o exportaciones (-) de otros países (hm <sup>3</sup> /año)	Escurrimiento natural medio superficial total (hm <sup>3</sup> /año)	Número de cuencas hidrológicas
1. Baja California Noroeste	28 492	249	359		359	16
2. Baja California Centro-Oeste	44 314	101	449		449	16
3. Baja California Suroeste	29 722	185	318		318	15
4. Baja California Noreste	14 418	181	105		105	8
5. Baja California Centro-Este	13 626	101	54		54	15
6. Baja California Sureste	11 558	285	219		219	14
7. Río Colorado	6 911	100	13	1 850	1 863	1
8. Sonora Norte	61 429	301	139		139	5
9. Sonora Sur	139 370	507	4 935		4 935	16
10. Sinaloa	103 483	716	14 408		14 408	23
11. Presidio-San Pedro*	51 717	815	7 956		7 956	23
12. Lerma-Santiago	132 916	723	13 637		13 637	58
13. Río Huicicila*	5 225	1 396	1 277		1 277	6
14. Río Ameca*	12 255	1 023	2 236		2 236	9
15. Costa de Jalisco	12 967	1 186	3 684		3 684	11
16. Armería-Coahuayana*	17 628	911	3 882		3 882	10
17. Costa de Michoacán*	9 205	891	1 635		1 635	6
18. Balsas	118 268	950	17 057		17 057	15
19. Costa Grande de Guerrero	12 132	1 232	6 091		6 091	28
20. Costa Chica de Guerrero	39 936	1 393	18 714		18 714	32
21. Costa de Oaxaca	10 514	971	3 389		3 389	19
22. Tehuantepec	16 363	825	2 606		2 606	15
23. Costa de Chiapas	12 293	2 353	9 604	2 950	12 554	25
24. Bravo-Conchos	229 740	449	5 588	- 432	5 156	37
25. San Fernando-Soto La Marina	54 961	759	4 328		4 328	45
26. Pánuco	96 989	889	20 329		20 329	77
27. Norte de Veracruz	26 592	1 423	14 306		14 306	12
28. Papaloapan	57 355	1 447	49 951		49 951	18
29. Coatzacoalcos	30 217	1 954	39 482		39 482	15
30. Grijalva-Usumacinta	102 465	1 709	73 466	44 080	117 546	83
31. Yucatán Oeste	25 443	1 227	591		591	2
32. Yucatán Norte	58 135	1 092	0		0	0
33. Yucatán Este	38 308	1 240	1 125	864	1 989	1
34. Cuencas Cerradas del Norte	90 829	408	1 701		1 701	22
35. Mapimi*	62 639	356	957		957	6
36. Nazas-Aguanaval*	93 032	422	1 912		1 912	16
37. El Salado*	87 801	428	2 637		2 637	8
Total	1 959 248	759.6	329 140	49 312	378 452	728

Fuente: Conagua, 2010: 239.



Aunque México ya contaba desde finales de los años cuarenta del siglo XX con la gestión del agua por cuencas hidrológicas, de acuerdo con la Ley Reglamentaria en Materia de Aguas del Artículo 27 Constitucional, vigente a partir de enero de 1948, la gestión de los recursos hídricos por cuencas comenzó a ser promovida a nivel internacional a partir de los años noventa del siglo XX por parte de los organismos internacionales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional –como resultado de la Cumbre de Río y la Reunión de Dublín en 1992–,<sup>25</sup> ambos organismos interesados en promover los procesos de privatización del agua en el mundo, a través del programa de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), cuyo plan de acción fue elaborado por el Consejo Mundial del Agua (World Water Council) y la Asociación Mundial del Agua (Global Water Partnership), organismos creados en 1996 por las empresas transnacionales del agua, las cuales son las directamente interesadas en la privatización de la misma (Barlow y Clarke, 2004; Dávila Poblete, 2006; 64).

Ahora veremos la disponibilidad natural de agua dulce en fuentes superficiales y subterráneas.

### *Disponibilidad natural de agua superficial*

Aproximadamente 63% del agua consumida en el país es de origen superficial (50.2 miles de millones de m<sup>3</sup>). “Los ríos y arroyos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil kilómetros, en la que destacan cincuenta ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial...”, sus cuencas cubren 65% de la superficie territorial nacional. Asimismo, dos terceras partes del escurrimiento superficial ocurre en siete ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá (ver mapa 3) (Conagua, 2010: 34). En el curso de estos ríos están asentadas las principales actividades económicas industriales y agropecuarias del país, así como las ciudades más importantes en términos de asentamiento poblacional.

---

<sup>25</sup> Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA), realizada en la ciudad de Dublín entre el 20 y el 31 de enero de 1992, una reunión técnica previa a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) que se llevó a cabo en Río de Janeiro en junio de 1992. En la sesión de clausura se adoptó la llamada Declaración de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sostenible ([http://es.wikipedia.org/wiki/Declaraci%C3%B3n\\_de\\_Dubl%C3%ADn](http://es.wikipedia.org/wiki/Declaraci%C3%B3n_de_Dubl%C3%ADn), consulta: 20 de febrero de 2014).



La disponibilidad de agua superficial “... es nula o muy baja en la península de Baja California, en la península de Yucatán y en la cuenca de México, y baja en la mayor parte de la Altiplanicie Mexicana y en la región hidrológica del sistema fluvial Lerma-Santiago”. En el caso de la Península de Baja California y la altiplanicie mexicana se explica por la escasa precipitación que registran; en la península de Yucatán, aunque la lluvia es abundante, la gran permeabilidad del terreno impide la existencia de corrientes fluviales superficiales; en el caso de las cuencas de México y Lerma-Santiago se explica por el elevado número de habitantes y actividades productivas que en ellas se asientan, especialmente en la cuenca de México (Maderey Rascón y Carrillo Rivera, 2005: 111).

Tenemos que al 30 de junio de 2008, el Diario Oficial de la Federación publica la disponibilidad –en distintas fechas– de 593 cuencas hidrológicas, de las cuales 60 presentan déficit. En orden de mayor a menor, el número de cuencas por región hidrológico-administrativa es la siguiente: XI Frontera Sur (106), IX Golfo Norte (100) y V Pacífico Sur (94), de las cuales las regiones XI Frontera Sur y IX Golfo Norte presentan dos y 11 cuencas con déficit, respectivamente; les siguen las regiones I Península de Baja California (85), VIII Lerma-Santiago-Pacífico (84) y III Pacífico Norte (54), de las cuales las regiones I Península de Baja California y VIII Lerma-Santiago-Pacífico cuentan con una y 23 cuencas con déficit, respectivamente; siguen las regiones II Noroeste (21), X Golfo Centro (21) y IV Balsas (15), de las cuales las regiones II Noroeste y IV Balsas tienen nueve y 14 cuencas con déficit, respectivamente; las regiones VII Cuencas Centrales del Norte y XII Península de Yucatán cuentan con 8 y 5 cuencas, respectivamente. No hay datos disponibles de las regiones XIII Aguas del Valle de México y VI Río Bravo (ver cuadro 7). Por lo que se observa que las cuencas con déficit son las que cuentan con los mayores asentamientos de población y actividades económicas agropecuarias e industriales, es decir, las que se ubican en las regiones siguientes: VIII Lerma-Santiago-Pacífico, II Noroeste, IV Balsas y Golfo Norte, aunque resulta curioso que no haya información de déficit en las regiones XIII Aguas del Valle de México y VI Río Bravo.

CUADRO 7
----------

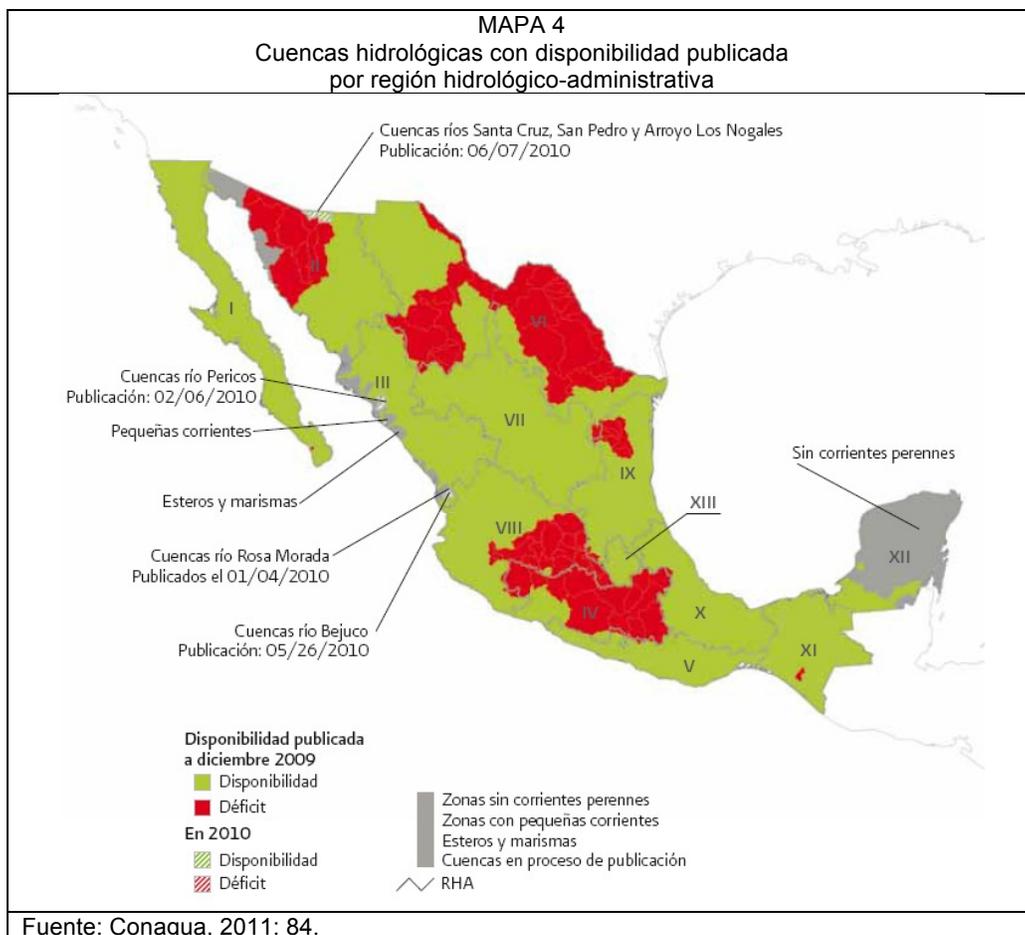
Disponibilidad de aguas superficiales por región hidrológico-administrativa (actualización al 30 de junio de 2008)		
Región hidrológico-administrativa	Número de cuencas	Número de cuencas clasificadas con déficit
I Península de Baja California	85	1
II Noroeste	21	9
III Pacífico Norte	54	0
IV Balsas	15	14
V Pacífico Sur	94	0
VI Río Bravo	ND	ND
VII Cuencas centrales del norte	8	0
VIII Lerma Santiago pacífico	84	23
IX Golfo norte	100	11
X Golfo Centro	21	0
XI Frontera Sur	106	2
XII Península de Yucatán	5	0
XIII Aguas del Valle de México	ND	ND
	593	60

Fuente: Elaborado con datos del cuadro "Cuencas hidrológicas con su disponibilidad media anual de aguas superficiales publicada (Actualización al 30 de junio de 2008)", *Diario Oficial de la Federación*, varias fechas, México, D.F., Conagua, Subdirección General Técnica, México, D.F., 2008.

“En el altiplano norte han disminuido drásticamente los caudales en la cuenca baja del río del Carmen y media del Bravo en Chihuahua; en el río Nazas y el bolsón de Mayrán, así como en el río Aguanaval y el bolsón de Viesca en Durango y Coahuila; en el río de Nadadores en Coahuila; en el río Salinas en Coahuila y Nuevo León; en los ríos Sabinas y Santa Catarina en Nuevo León y el río Ahualulco en la región Venado-Moctezuma en San Luis Potosí. Todos estos ríos se han secado o vuelto intermitentes u ocasionales” (Carabias y Landa, 2005: 34).

Así, de acuerdo con la Conagua, al 30 de junio de 2008, en México hay 60 cuencas hidrológicas con déficit, las cuales corresponden a algunas de las regiones más importantes en términos de asentamiento poblacional y actividades económicas del país, a saber: 23 en la VIII Lerma Santiago Pacífico, 14 de las 15 cuencas de la región IV Balsas, 11 en la región IX Golfo Norte, nueve en la II Noroeste, dos en la región XI Frontera Sur y una en la región I Península de Baja California. Además, según

Arreguín Cortés *et al.* (2010: 57), con base en información de la Conagua sobre la disponibilidad de 722 cuencas del país publicada en el Diario Oficial de la Federación (58 publicaciones de 2003 a 2009) “... puede notarse que son las cuencas Sonora Norte, Sonora Sur, Cuencas Cerradas del Norte, Río Bravo, Lerma Chapala y Río Balsas las que no cuentan con disponibilidad de agua, y la mayoría de ellas están incluso en déficit” (ver mapas 4 y 5) (Arreguín Cortés *et al.*, 2010: 57). Nuevamente, en estas cuencas se ubican importantes asentamientos de población y actividades económicas agropecuarias e industriales.





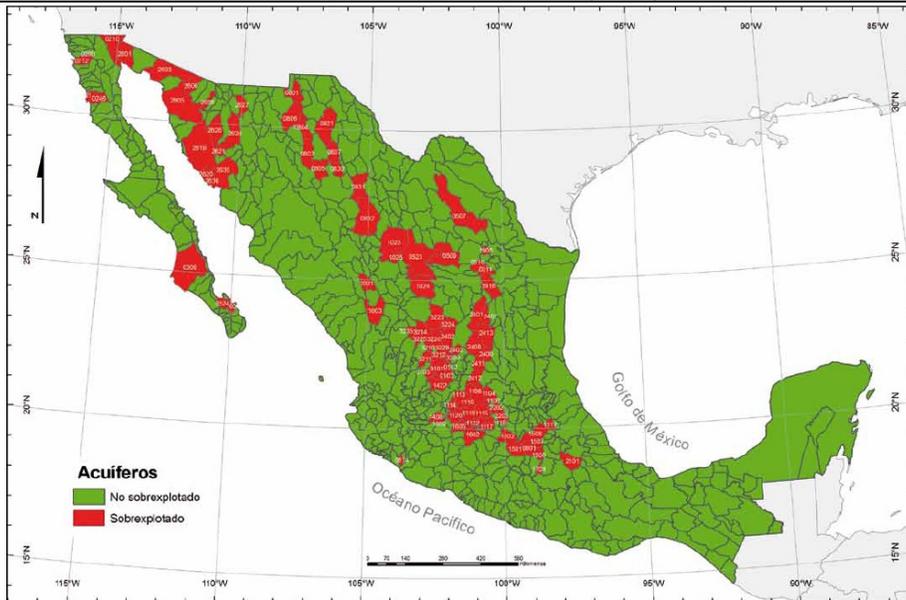
extracciones se concentra en regiones de baja recarga (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 81, 86).

“La recarga media de los acuíferos es del orden de 77 km<sup>3</sup> al año, de los cuales se estiman aprovechamientos por 27.4 km<sup>3</sup>/año. En el balance nacional de agua subterránea, la extracción equivale apenas a 37% de la recarga o volumen renovable. Sin embargo, este balance global no revela la crítica situación que prevalece en muchos acuíferos de las regiones áridas, donde el balance es negativo y se está minando el almacenamiento subterráneo... como sucede en las regiones hidrológico-administrativas I Península de Baja California; VII Cuencas Centrales del Norte; VIII Lerma-Santiago-Pacífico, y XIII Valle de México y Sistema Cutzamala” (Carabias y Landa, 2005: 29; Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 81).

De acuerdo a estudios recientes, la relación extracción/recarga define si un acuífero está sobreutilizado o no (Conagua, 2010: 43), por lo que cuando la extracción es mayor a la recarga hay sobreutilización (sobreexplotación, según Arreguín Cortés *et al.*, 2010: 57). La zona norte y la zona centro tienen *acuíferos sobreutilizados*, mientras que la zona del sureste no presenta ninguno (ver mapas 6 y 7). En los mapas 6 y 7 se pueden apreciar los 101 acuíferos sobreutilizados registrados por la Conagua, que representan 15.5% de los 653 acuíferos que tiene México y de los cuales se extrae 58% del agua subterránea para todos los usos (Conagua, 2008: 42-43). En el año 1975 eran 32 los acuíferos sobreutilizados, 80 en 1985 y 101 al 31 de diciembre de 2008 (Conagua, 2010: 43). Aunque de acuerdo con Moreno Vázquez *et al.* (2010: 80) para el año 2006 ya eran 104 los acuíferos sobreutilizados y en conjunto suministran cerca de 80% del volumen total de agua extraída del subsuelo.

Los casos críticos se presentan en estados del centro y norte de la República Mexicana, en particular en la cuenca del río Lerma (Guanajuato y Querétaro), en la región de La Laguna (Coahuila-Durango), en la península de Baja California, y en Aguascalientes, Chihuahua y Sonora. Se estima que varios de ellos han perdido entre 20 y 25% de su reserva original, y que el valor de minado es de 5,400 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) al año (casi 50% del volumen de agua empleado para abastecimiento público en el país) (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 80).

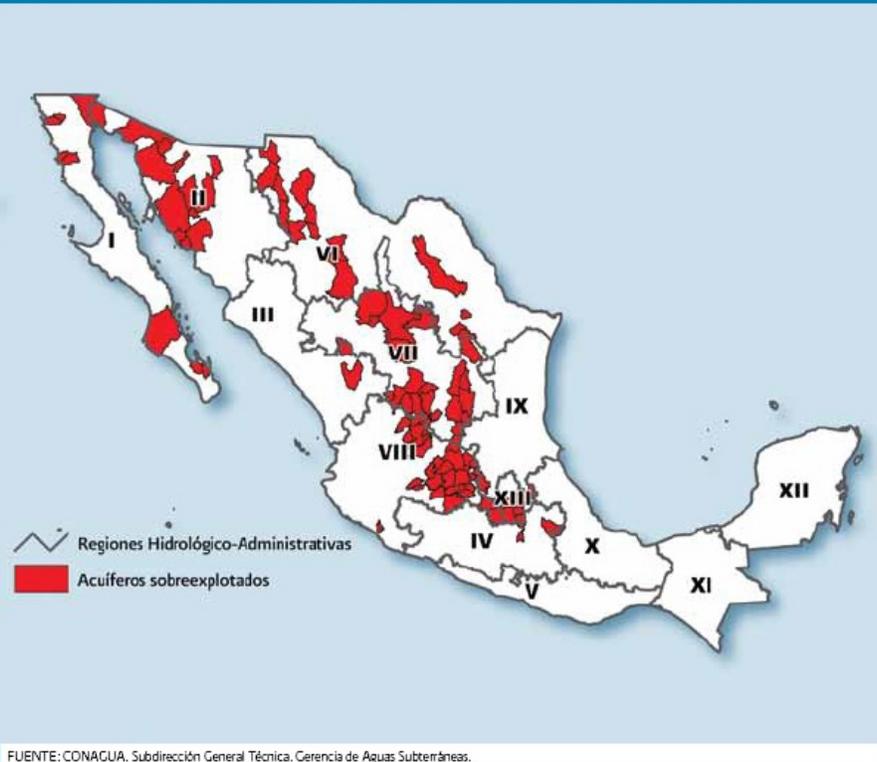
MAPA 6  
Condición de los acuíferos (2009)



Fuente: Conagua, 2009: 49.

MAPA 7

MZ.8 Acuíferos sobreexplotados por Región Hidrológico-Administrativa, 2008



FUENTE: CONAGUA. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Fuente: Conagua, 2010: 44.

Además de los 101 acuíferos sobreutilizados que reconoce la Conagua, Arreguín Cortés *et al.* (2010: 57-58) señalan que existen 69 acuíferos en los que la extracción es igual o mayor a 80% de la recarga, “lo cual los ubicaría en el corto plazo también en situación de sobreexplotación [sobreutilización] si no se toman medidas de control”. Otra cuestión importante es que Arreguín Cortés *et al.* (2010: 57-58) estiman que unos 40 millones de habitantes se ubican sobre los acuíferos sobreutilizados: “35.3 millones asentados en localidades urbanas y 4.7 millones en localidades rurales”.

Carabias y Landa identifican 102 acuíferos sobreutilizados y señalan que la reserva de agua subterránea se está minando a un ritmo de 6 km<sup>3</sup> por año (Carabias y Landa, 2005: 34, 59). Otro cálculo es el de Moreno Vázquez *et al.* (2010: 81), quienes señalan que en los últimos 40 años la reserva nacional de agua subterránea fue minada por sobreutilización en 60,000 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) por año.

La eliminación de la vegetación disminuye la cantidad de agua de lluvia que se filtra para recargar los acuíferos... Se estima que en México se deforestan al año más de 600 000 hectáreas de superficies boscosas y que más de 64% del suelo está degradado. Las principales causas de la deforestación en el país son las actividades agropecuarias (alrededor de 60%), los incendios forestales (20%), la tala inmoderada (4%) y la urbanización (Carabias y Landa, 2005: 34).

Las regiones con el mayor número de acuíferos sobreutilizados son la VIII Lerma-Santiago-Pacífico con 32, le sigue la región VII Cuencas Centrales del Norte con 24, la VI Río Bravo con 14, la II Noroeste con 13, la I Península de Baja California con ocho, la XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala con cuatro, la IV Balsas con dos, la IX Golfo Norte con dos, y la III Pacífico Norte con dos. En estas nueve regiones está asentada 77.3% de la población nacional y en ellas se genera el 75.08% del PIB mexicano, principalmente en las regiones: XIII Aguas del Valle de México (20.72%), VIII Lerma-Santiago-Pacífico (14.29%), VI Río Bravo (14.29%), IV Balsas (10.78%) y IX Golfo Norte (6.87%) (Conagua, 2011: 14).

Además de la sobreutilización de acuíferos, otro problema que se genera con el aprovechamiento de aguas subterráneas es la *intrusión marina*.<sup>27</sup> Los acuíferos que se encuentran cerca de cualquier tipo de fuente de agua salada pueden presentar el problema de intrusión marina, sin que necesariamente se encuentren sobreutilizados.

De las 13 regiones hidrológico-administrativas del país, 11 tienen cercanía al mar.<sup>28</sup> De estas 11 regiones cuatro tienen acuíferos con intrusión marina (I Península de Baja California, 9; II Noroeste, 5; X Golfo Centro, 2, y VIII Lerma Santiago pacífico, 1), y entre esas cuatro regiones reúnen un total de 17 casos (ver cuadro 7). La población asentada en estas regiones es de 36.6 millones de personas (34.3% del total), y la región más importante por sus actividades económicas dada su participación en el PIB global del país es la VIII Lerma Santiago pacífico (14.29%), la segunda en importancia económica después de la región XIII Aguas del Valle de México (20.72%) (Conagua, 2008: 42; Conagua, 2010: 43; Conagua, 2011: 14). Es importante hacer notar que las estadísticas del año 2008 mencionan 17 acuíferos con intrusión marina y las del año 2010 sólo mencionan 16, por lo que ya no aparece la región VIII Lerma Santiago Pacífico, que tiene un acuífero con este problema.

La *salinización de suelos y aguas subterráneas* salobres son otros factores que afectan las aguas subterráneas; el primero al propiciar la recarga con agua salinizada y el segundo al inducir el arrastre de agua congénita salina (Conagua, 2008: 43). Según información de la Conagua, en México hay 32 acuíferos bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres, los cuales se ubican en las regiones hidrológico-administrativas VII Cuencas centrales del norte (19), VI Río Bravo (7), I Península de Baja California (5) y XII Península de Yucatán (1) (ver cuadro 7). Todas estas regiones, excepto XII Península de Yucatán, se ubican en el norte y noroeste del país; la población de las tres primeras es de 18.6 millones de personas (17.4% del total) y la de XII Península de Yucatán de 3.9 millones (3.7% del total). Las

---

<sup>27</sup> "La intrusión marina se entiende como el fenómeno en el que el agua de mar se introduce por el subsuelo hacia el interior del continente ocasionando salinización del agua subterránea; esto ocurre cuando la extracción de agua provoca abatimientos del nivel del agua subterránea por debajo del nivel del mar, alterando el balance dinámico natural entre el agua de mar y el agua dulce" (Conagua, 2008: 43).

<sup>28</sup> Las únicas regiones hidrológico-administrativas que se hayan sin contacto directo con el mar son la región Cuencas Centrales del Norte (VII) y la región Aguas del Valle de México (XIII).

regiones de mayor importancia económica por su participación en el PIB nacional son la VI Río Bravo (14.29%) y XII Península de Yucatán (9.55%), tercero y cuarto lugar, respectivamente; mientras que las regiones I Península de Baja California y VII Cuencas Centrales del Norte participan con el 3.36% y 2.59%, respectivamente (Conagua, 2011: 14).

Rescapitulando, de los 653 acuíferos que tiene México, 101 están sobreutilizados, 17 presentan intrusión marina y 32 están bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres. Además de que Arreguín Cortés *et al.* (2010: 57-58) señalan que existen 69 acuíferos en los que la extracción es igual o mayor a 80% de la recarga, “lo cual los ubicaría en el corto plazo también en situación de sobreexplotación [sobreutilización] si no se toman medidas de control”.

Los especialistas plantean que es necesario fomentar la recarga de los acuíferos, ya que la escasez de agua en la mayor parte del país está asociada a las bajas eficiencias en su uso agrícola y público urbano. Por lo que la mayor posibilidad de recuperación de agua se encuentra en el campo, donde se utiliza 77% del recurso. Sin embargo, la eficiencia con que opera es muy baja, pues en los Distritos de Riego (3.5 millones de hectáreas) es de 37%, y en las unidades de riego (tres millones de hectáreas) de 57%; mientras que en las ciudades los niveles de pérdidas físicas varían de 30 a 50% (Arreguín Cortés *et al.*, 2010: 59-60).

Asimismo, la explotación del agua subterránea no se realiza adecuadamente en algunas regiones como la costa de Sonora (Región Hidrológica de Sonora Sur) y la Comarca Lagunera (Región Hidrológica Mesa del Norte Sur), donde se emplea en actividades agrícolas, y en la cuenca de México, donde es necesaria para usos municipales e industriales (Maderey Rascón y Carrillo Rivera, 2005: 111-112). Además de que la cuenca de México importa agua de otra cuenca (30% de su consumo total), lo cual significa que no sólo se sobreutiliza el agua local, agravándose así la situación de crisis de disponibilidad natural del recurso tanto para la cuenca que la exporta como para la que la importa.

Otro aspecto importante es que en México el área de estudio del agua subterránea se delimita en forma arbitraria, no incluye límites reales y el interés sólo incluye establecer un balance hídrico sin considerar procesos relacionados, tales

como: la profundidad al nivel freático, la necesidad de agua, la distancia entre pozos presentes, la distancia al área de servicio, la presencia de ecosistemas y la respuesta del material productor de agua en relación con el sistema de flujo (Maderey Rascón y Carrillo Rivera, 2005: 64).

Sólo se han realizado estudios hidrogeológicos en 60% del territorio nacional, principalmente en las porciones planas de las cuencas más importantes y las áreas montañosas adyacentes. “El 40% restante corresponde a grandes sierras que, en general, no son propicias para la captación de agua subterránea, pero son importantes por ser receptoras de recarga y transmisoras del agua infiltrada a los acuíferos” (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 81).

Se ha publicado la disponibilidad de los 212 acuíferos más importantes y estudiados, que incluyen los que son claramente sobreutilizados y los que tienen una gran disponibilidad de agua. En ellos se concentra 87% del volumen de agua subterránea extraída del subsuelo a nivel nacional. “De estos acuíferos, 108 tienen una disponibilidad de 18,000 Mm<sup>3</sup> al año, mientras que los 104 restantes tienen un déficit de -4,494 Mm<sup>3</sup> al año” (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 81).

La sobreutilización de acuíferos es alarmante, en todas las regiones del norte, la del Lerma-Santiago y la del Valle de México, los volúmenes extraídos oscilan entre 120 y 448% de la recarga natural, por lo que algunos han sufrido daños irreversibles o su nivel freático ha descendido al punto que la extracción ha dejado de ser costeable (Fundación Gonzalo Río Arronte, 2004).

Carabias y Landa (2005: 60-69) señalan los siguientes problemas en el manejo de los acuíferos:

- La sobreexplotación [sobreutilización] de los acuíferos provoca la movilización de aguas fósiles que contienen sales y minerales nocivos para la salud humana.
- El conocimiento actual sobre las aguas subterráneas de México, sus procesos de extracción y utilización, y su inserción en el ciclo hidrológico es incipiente y se encuentra todavía en proceso de desarrollo.
- Hay desconocimiento del papel de los acuíferos en los ecosistemas y falta de conocimiento sobre el comportamiento del recurso.

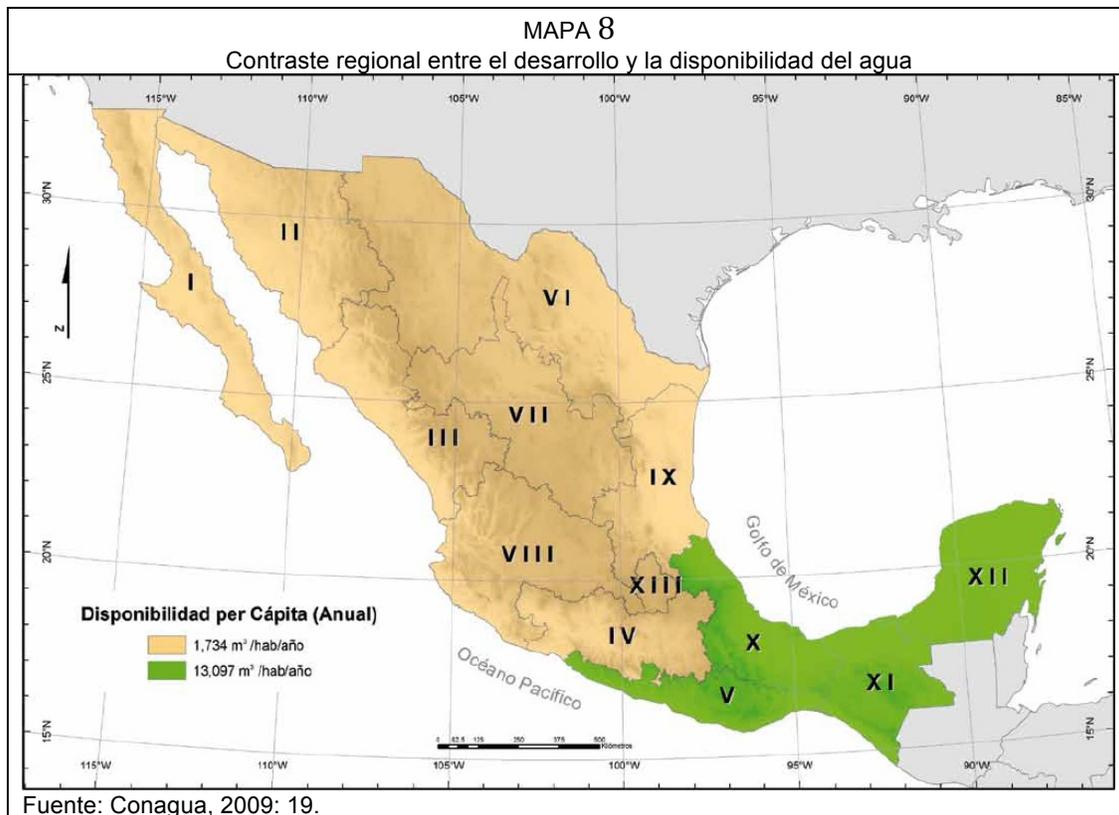
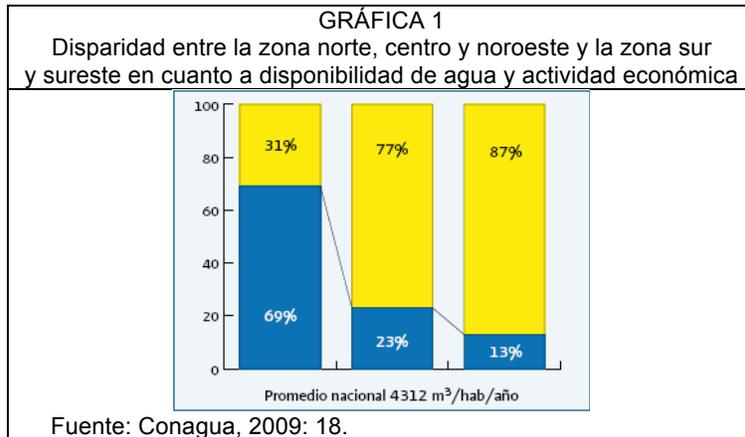
- “Las investigaciones en materia de aguas subterráneas todavía son insuficientes, como consecuencia de los escasos recursos humanos especializados en el campo. A esto se debe agregar la falta de recursos económicos para el mantenimiento de los sistemas de monitoreo, la gran dependencia tecnológica y de capacitación en el manejo de instrumentos de medición, y por ende, la falta de acuíferos instrumentados” (Carabias y Landa, 2005: 67).
- Debilidad de funcionamiento en los comités técnicos de aguas subterráneas (Cotas). Se tienen expectativas que rebasan sus posibilidades técnicas y de gestión, y que no son congruentes con el escaso apoyo financiero con el que cuentan.
- “Regulación que no incentiva el ahorro. ... Los productores agrícolas no tienen incentivos para extraer menores volúmenes de agua subterránea, ya que están obligados por ley a utilizar todo el volumen concesionado; de no hacerlo podrían perder la concesión” (Carabias y Landa, 2005: 69).
- “Insuficientes mecanismos de protección. En nuestro país es aún incipiente la concepción de la importancia de contar con un ordenamiento para el uso y el cuidado de las aguas subterráneas, que permita tipificar la intensidad y la temporalidad de uso de los acuíferos de acuerdo con sus condiciones de disponibilidad y calidad, grados de deterioro o bien según su importancia ecosistémica (reserva para el ambiente) o como reservas de agua a largo plazo. Actualmente existe el mecanismo de decretos de veda hidráulica, pero se recurre a él en pocas ocasiones” (Carabias y Landa, 2005: 69).
- Falta claridad normativa en la aplicación de las vedas y no hay claridad sobre las zonas de protección, además de que hay problemas de insuficiente vigilancia para el cumplimiento de las disposiciones.
- Hay diferencia entre el número de pozos registrados en el Repda y los que realmente operan; por ejemplo, en Guanajuato están registrados 18,000 aprovechamientos, pero en la Dirección Local de la Conagua se estima que por lo menos otros 12,000 se encuentran en proceso de regularización (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 98).
- Continúa el manejo centralizado, no hay una cesión real del poder al nivel local, en particular a los usuarios de agua subterránea (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 98).

En este apartado se observa que la disponibilidad natural per cápita ha disminuido significativamente en los últimos 50 años debido al incremento poblacional y a la concentración de la población y las actividades económicas en las

ciudades. Asimismo, se observa también que las problemáticas de déficit o sobreutilización de aguas superficiales o subterráneas tienen lugar en aquellas regiones con menor precipitación pluvial y que cuentan con los mayores asentamientos de población y de actividades económicas.

### DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DESIGUAL DEL AGUA EN MÉXICO

De acuerdo con la Conagua, “El país se puede dividir en dos grandes zonas: la zona norte, centro y noroeste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 87% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable; y la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se genera el 13% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable” (Conagua, 2009: 18). La gráfica 1 y el mapa 8 muestran la disparidad entre esas dos zonas en cuanto a su disponibilidad y su actividad económica (Conagua, 2009: 18-19).



En México dos terceras partes del territorio se consideran áridas o semiáridas, con precipitaciones anuales menores a los 500 mm, mientras que el sureste es húmedo con precipitaciones que superan los 2,000 mm por año (Conagua, 2012: 6). Por lo que es muy preocupante el hecho de que las regiones con menor disponibilidad natural de agua sean las que tengan la mayor demanda del recurso dada la mayor

cantidad de asentamientos urbanos, industriales y agropecuarios en comparación con las que cuentan con la mayor abundancia natural del recurso y que tienen una menor demanda del mismo. Forma parte de las contradicciones del desarrollo económico capitalista mexicano, el cual enfrenta este límite natural fundamental y no hay señales de políticas económicas sustentables para resolverlo.

## DISPONIBILIDAD SOCIAL DESIGUAL DEL RECURSO

### *Consumo de agua potable*

Para disponer del agua existente en la naturaleza a fin de consumirla y utilizarla, son necesarios tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre, las cuales forman parte de las características químicas, físicas y biológicas del recurso, que no puede ser utilizado de forma directa. De ahí la importancia de potabilizarla ya que el agua contaminada puede provocar distintas enfermedades de origen hídrico, las cuales están entre las causas más comunes de morbilidad y muerte, principalmente las enfermedades infecciosas intestinales que afectan sobre todo a los niños (Conagua, 2010b: 33-34).

Aunque en realidad, esta necesidad de purificar el agua forma parte de la modernidad capitalista que la contamina con los procesos industriales, agropecuarios intensivos en agroquímicos, hormonas de crecimiento y antibióticos, entre muchos otros productos nocivos, además de la concentración de industrias y población en las ciudades que también contribuyen a la contaminación del recurso por los residuos industriales y humanos sin gestión y tratamiento suficiente y adecuado.

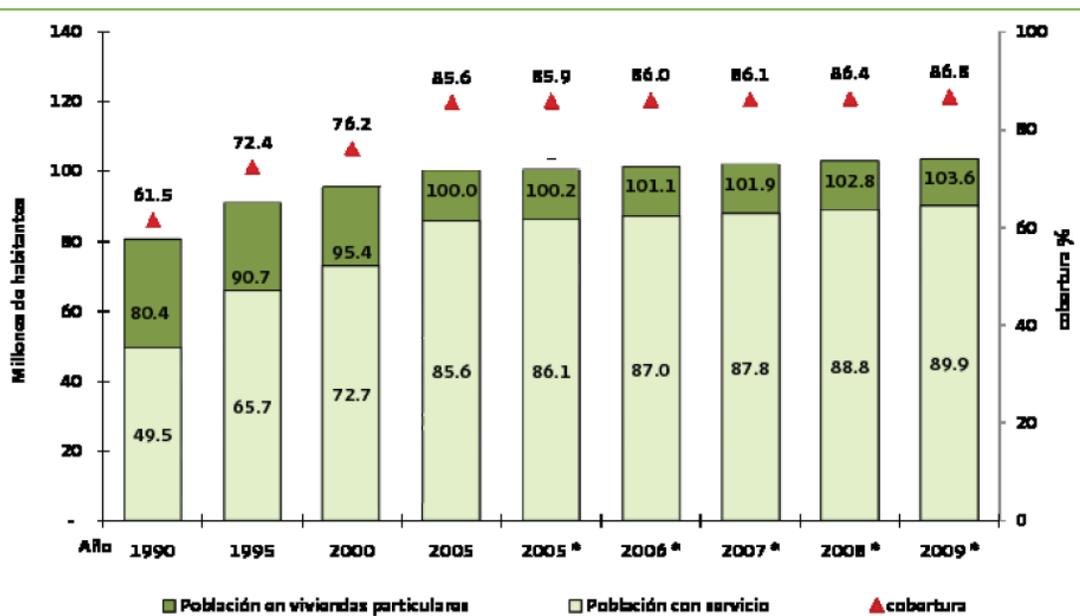
La población de México aumentó de 80.4 millones de habitantes en viviendas particulares en 1990 a 103.6 millones en 2009 (Conagua, 2010b: 23, 24; ver cuadro 8, gráfica 2 y mapa 9)

Cuadro 8

Evolución de la cobertura nacional del alcantarillado (1920-2009)

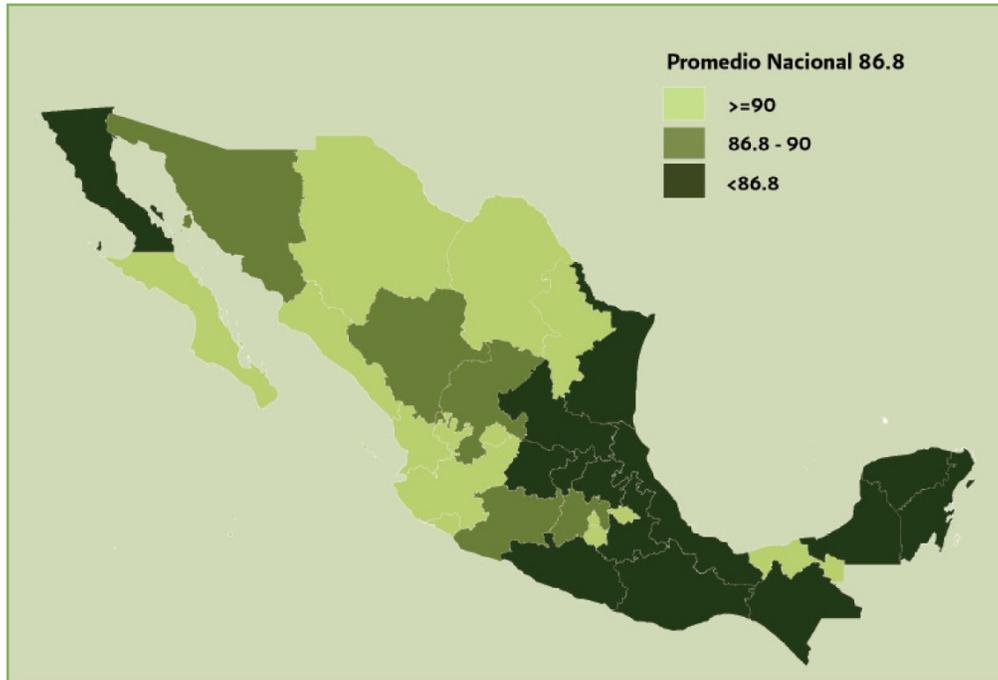
Año	Población total en viviendas particulares	Habitantes (millones)			Porcentaje de cobertura
		Con servicio	Sin servicio	Beneficiados	
1990	80.4	49.5	31.0		61.5
1995	90.7	65.7	25.0	16.2	72.4
2000	95.4	72.7	22.7	7.0	76.2
2005	100.0	85.6	14.4	13.0	85.6
2005*	100.2	86.1	14.1	0.5	85.9
2006*	101.1	87.0	14.1	0.9	86.0
2007*	101.9	87.8	14.1	0.8	86.1
2008*	102.8	88.8	14.0	1.0	86.4
2009*	103.6	89.9	13.7	1.1	86.8

Fuente: 2010b, p. 23.

Gráfica 2  
Cobertura de alcantarillado (1990-2009)

Fuente: Conagua, 2010b, p. 23.

Mapa 9  
Cobertura de alcantarillado en México en 2009 (porcentaje)



Fuente: Conagua, 2010b, p. 19.

### *Cobertura de agua potable*

En México la cobertura nacional de agua potable pasó de 78.4 a 89.2% durante el periodo 1990-2009. Para este último año corresponde un porcentaje de 94.3% para las zonas urbanas (75.1 millones de habitantes) y uno de 78.6% para las rurales (18.8 millones de habitantes). Por lo que la cantidad de población sin dicho servicio sigue siendo alta, ya que pasó de 17.4 millones de habitantes (21.6%) en 1990 a 9.7 millones en 2009 (9.4% de la población total en viviendas particulares), cantidad que se divide en 4.6 millones de habitantes en zonas urbanas y 5.1 millones en zonas rurales.

Destaca el hecho de que los mayores porcentajes de cobertura de agua potable son para los estados y las regiones con menor disponibilidad natural de agua: zona centro, norte y noroeste del país: Distrito Federal (98.4%), Coahuila (97.4%), Aguascalientes (97.2%), Nayarit (97.1%), Colima (96.6%), Tamaulipas (96.6%), Zacatecas (96.2%), Sonora (96%), Sinaloa (95.7%); mientras que la menor cobertura

es para los estados y regiones con mayor disponibilidad natural de agua, nos referimos a estados como Guerrero, Veracruz, Chiapas, Tabasco y Oaxaca con más de 9.3% de habitantes sin el servicio, así como Quintana Roo (9.4%), que durante todo el periodo 1990-2009 se mantienen con el mayor porcentaje de población sin servicio de agua potable, junto con Puebla, San Luis Potosí, Baja California Sur (15.5%), México (9.9%), Baja California (9.7%). Asimismo, sigue siendo más alto el número de habitantes sin servicio de agua potable en las zonas rurales.

### *Cobertura de drenaje y alcantarillado*

En relación con la cobertura de drenaje y alcantarillado, durante el periodo 1990-2009 el promedio nacional de cobertura de drenaje o alcantarillado pasó de 61.5% a 86.8% (49.5 a 89.9 millones de habitantes). Para el año 2009, de los habitantes que cuentan con servicio de drenaje, 74.8 millones de habitantes se ubican en zonas urbanas y 15.1 millones en zonas rurales. Al igual que en materia de agua potable, también las zonas urbanas reportan las mayores coberturas de alcantarillado. Para el año 1990, el porcentaje de cobertura en zonas urbanas es de 79% y el de las zonas rurales de 18.1%; en el año 2009 las zonas urbanas tienen un porcentaje de cobertura de 93.9% y las zonas rurales de 63.2%. Es notorio que en materia de alcantarillado la cobertura es menor que en agua potable, sobre todo en las zonas rurales. Se ha dado mucho más atención a la dotación de agua potable que a la construcción de la infraestructura necesaria para drenaje y alcantarillado, así como para el tratamiento y saneamiento del recurso.

Por entidad federativa, las que cuentan con la mayor cobertura de drenaje y alcantarillado, por arriba del promedio nacional, durante el periodo 1990-2009 son: Distrito Federal (93.3 a 98.9%), Colima (81.8 a 97.4%), Aguascalientes (85.2 a 96.8%), Jalisco (80.3 a 96.8%), Nayarit (59.1 a 96%), Morelos (67 a 95.7%), Nuevo León (80.8 a 95.2%), Tabasco (60.6 a 94.6%), Coahuila (67.3 a 92.8%), Sinaloa (53.5 en 1990 a 92.7%), México (72.5 a 88.1%), Tlaxcala (57.1 a 91.4%) y siete estados más (ver cuadros 9 y 10) (Conagua, 2007: 17, 19).

Cuadro 9  
Habitantes con cobertura de alcantarillado por entidad federativa (1990-2005)

Entidad Federativa	12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005	Diferencia 1990-2005
Aguascalientes	608 599	805 120	885 747	1 014 491	405 892
Baja California	1 056 522	1 592 271	1 834 971	2 315 939	1 259 417
Baja California Sur	199 643	276 735	333 002	433 890	234 247
Campeche	232 250	373 864	416 430	581 038	348 788
Chiapas	1 223 160	1 871 419	2 240 187	3 091 230	1 868 070
Chihuahua	1 577 172	2 197 225	2 490 222	2 764 427	1 187 255
Coahuila de Zaragoza	1 316 700	1 646 567	1 890 128	2 242 240	925 540
Colima	344 044	455 331	473 586	533 747	189 703
Distrito Federal	7 616 749	8 246 267	8 292 918	8 287 261	670 512
Durango	704 564	923 091	1 027 679	1 222 671	518 107
Guanajuato	2 281 514	3 102 541	3 484 378	4 129 605	1 848 091
Guerrero	896 973	1 346 329	1 511 543	1 960 075	1 063 102
Hidalgo	778 467	1 184 420	1 419 826	1 829 279	1 050 812
Jalisco	4 202 895	5 335 761	5 689 217	6 245 516	2 042 621
México	7 075 482	9 731 387	10 592 500	13 189 590	5 114 108
Michoacán de Ocampo	1 939 088	2 668 720	2 865 294	3 264 556	1 325 468
Morelos	793 252	1 164 972	1 249 619	1 426 877	633 625
Nayarit	477 191	665 625	715 386	844 033	366 842
Nuevo León	2 486 140	3 133 608	3 443 170	3 912 075	1 425 935
Oaxaca	855 165	1 345 731	1 466 122	2 068 761	1 213 596
Puebla	1 858 288	2 603 668	3 088 187	4 149 850	2 291 562
Querétaro de Arteaga	562 252	836 477	1 023 118	1 324 421	762 169
Quintana Roo	260 655	532 601	699 085	885 348	624 693
San Luis Potosí	920 024	1 172 573	1 350 447	1 767 366	847 342
Sinaloa	1 161 908	1 621 899	1 838 584	2 175 449	1 013 541
Sonora	1 166 799	1 521 378	1 709 093	1 976 420	809 621
Tabasco	904 861	1 429 311	1 584 951	1 830 903	926 042
Tamaulipas	1 283 841	1 650 847	1 995 598	2 412 835	1 128 994
Tlaxcala	433 136	665 657	781 586	955 451	522 315
Veracruz de Ignacio de la Llave	3 096 110	4 058 582	4 431 074	5 453 307	2 357 197
Yucatán	569 586	756 629	898 327	1 213 634	644 048
Zacatecas	571 671	772 537	932 406	1 138 893	567 222
Total general	49 454 701	65 689 143	72 654 381	85 641 178	36 186 477

Fuente: Conagua, 2007, p. 17.

Cuadro 10  
Cobertura de alcantarillado por entidad federativa (1990-2005)  
(porcentajes)

Entidad federativa	12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005
Aguascalientes	85.2%	93.7%	94.5%	96.9%
Baja California	65.4%	76.0%	80.7%	88.9%
Baja California Sur	64.4%	74.6%	79.9%	89.7%
Campeche	44.2%	58.5%	60.8%	78.4%
Chiapas	38.4%	52.6%	59.3%	74.7%
Chihuahua	65.8%	79.0%	84.3%	89.8%
Coahuila de Zaragoza	67.3%	76.1%	83.3%	91.5%
Colima	81.8%	93.9%	93.1%	98.2%
Distrito Federal	93.3%	97.7%	98.1%	98.6%
Durango	52.5%	64.7%	71.8%	82.6%
Guanajuato	58.0%	70.6%	75.3%	85.8%
Guerrero	34.8%	46.3%	49.7%	64.2%
Hidalgo	41.6%	56.2%	64.0%	79.1%
Jalisco	80.3%	89.5%	91.2%	95.8%
México	72.5%	83.4%	84.9%	91.2%
Michoacán de Ocampo	55.5%	69.3%	72.9%	84.2%
Morelos	67.0%	81.2%	83.6%	92.6%
Nayarit	59.1%	75.0%	78.8%	90.9%
Nuevo León	80.8%	88.6%	91.1%	95.3%
Oaxaca	28.5%	42.0%	42.9%	60.0%
Puebla	45.3%	56.5%	62.8%	79.0%
Querétaro de Arteaga	54.0%	67.2%	73.7%	85.6%
Quintana Roo	54.3%	76.1%	81.3%	89.5%
San Luis Potosí	46.2%	53.5%	59.2%	74.2%
Sinaloa	53.5%	67.3%	73.1%	86.4%
Sonora	64.9%	73.5%	78.2%	85.4%
Tabasco	60.6%	82.0%	84.4%	93.4%
Tamaulipas	57.8%	65.6%	73.4%	82.4%
Tlaxcala	57.1%	75.5%	81.9%	90.6%
Veracruz de Ignacio de la Llave	50.1%	60.4%	64.6%	77.7%
Yucatán	42.1%	48.8%	54.6%	68.2%
Zacatecas	45.0%	58.0%	69.3%	84.2%
Promedio nacional	61.5%	72.4%	76.2%	85.6%

Fuente: Conagua, 2007, p. 19.

Mientras que la población sin servicio de alcantarillado en el año 1990 es de 31 millones de personas (38% de la población total en viviendas particulares), de las cuales 12 millones se ubican en zonas urbanas y 18.9 millones en zonas rurales. En el año 2009 son 13.7 millones los habitantes sin servicio de alcantarillado (13.2% del total de habitantes en viviendas particulares), 4.9 millones en zonas urbanas y 8.8 millones en zonas rurales. Al igual que en el caso de la población sin servicio de agua potable, nuevamente resalta el hecho de que es mayor el número de habitantes de zonas rurales el que no cuenta con servicio de alcantarillado durante todo el periodo 1990-2009, además de que es mayor el número de habitantes que no cuenta con servicio de alcantarillado que el que no cuenta con servicio de agua potable (ver cuadros 8 y 11).

Cuadro 11

Coberturas de los servicios de agua potable y alcantarillado por entidad federativa a diciembre de 2009

Entidad Federativa	Población total	Habitantes en viviendas particulares	Población con servicio				Población sin servicio			
			Agua potable		Alcantarillado		Agua potable		Alcantarillado	
			habitantes	%	habitantes	%	habitantes	%	habitantes	%
Aguascalientes	1 140 554	1 121 167	1 089 974	97.2	1 085 424	96.8	31 192	2.8	35 742	3.2
Baja California	3 206 148	2 935 608	2 650 122	90.3	2 475 523	84.3	285 486	9.7	460 085	15.7
Baja California Sur	570 737	538 923	455 237	84.5	493 904	91.6	83 687	15.5	45 019	8.4
Campeche	793 310	779 023	723 907	92.9	604 483	77.6	55 116	7.1	174 540	22.4
Chiapas	4 495 213	4 332 117	3 483 303	80.4	3 280 815	75.7	848 814	19.6	1 051 301	24.3
Chihuahua	3 380 405	3 209 975	3 052 499	95.1	2 894 826	90.2	157 476	4.9	315 149	9.8
Coahuila de Zaragoza	2 611 845	2 564 696	2 496 815	97.4	2 380 736	92.8	67 881	2.6	183 961	7.2
Colima	600 464	574 338	554 812	96.6	559 675	97.4	19 526	3.4	14 663	2.6
Distrito Federal	8 747 602	8 431 184	8 296 349	98.4	8 337 769	98.9	134 835	1.6	93 416	1.1
Durango	1 535 447	1 505 753	1 439 470	95.6	1 345 088	89.3	66 282	4.4	160 664	10.7
Guanajuato	4 999 901	4 918 435	4 663 100	94.8	4 259 806	86.6	255 335	5.2	658 630	13.4
Guerrero	3 098 595	3 038 157	2 362 647	77.8	2 183 745	71.9	675 509	22.2	854 412	28.1
Hidalgo	2 399 336	2 365 500	2 202 342	93.1	1 921 237	81.2	163 158	6.9	444 263	18.8
Jalisco	6 992 930	6 750 301	6 311 452	93.5	6 532 399	96.8	438 850	6.5	217 902	3.2
México	14 859 656	14 170 217	12 767 922	90.1	12 481 041	88.1	1 402 295	9.9	1 689 176	11.9
Michoacán de Ocampo	3 910 312	3 820 898	3 580 949	93.7	3 387 944	88.7	239 949	6.3	432 954	11.3

Morelos	1 668 627	1 594 222	1 473 371	92.4	1 525 449	95.7	120 851	7.6	68 773	4.3
Nayarit	960 838	938 989	912 039	97.1	901 520	96.0	26 950	2.9	37 470	4.0
Nuevo León	4 433 318	4 334 816	4 118 873	95.0	4 127 642	95.2	215 943	5.0	207 174	4.8
Oaxaca	3 503 399	3 444 324	2 802 319	81.4	2 278 781	66.2	642 005	18.6	1 165 543	33.8
Puebla	5 621 160	5 480 693	4 654 805	84.9	4 401 080	80.3	825 888	15.1	1 079 613	19.7
Querétaro de Arteaga	1 726 352	1 670 868	1 523 753	91.2	1 409 583	84.4	147 115	8.8	261 285	15.6
Quintana Roo	1 328 275	1 156 325	1 047 690	90.6	980 784	84.8	108 635	9.4	175 541	15.2
San Luis Potosí	2 460 693	2 429 837	2 133 741	87.8	1 888 153	77.7	296 096	12.2	541 683	22.3
Sinaloa	2 628 553	2 537 743	2 427 723	95.7	2 353 706	92.7	110 020	4.3	184 037	7.3
Sonora	2 494 938	2 411 120	2 313 992	96.0	2 117 404	87.8	97 127	4.0	293 716	12.2
Tabasco	2 035 494	2 006 173	1 614 205	80.5	1 898 435	94.6	391 968	19.5	107 738	5.4
Tamaulipas	3 186 960	3 086 058	2 979 605	96.6	2 609 231	84.5	106 453	3.4	476 828	15.5
Tlaxcala	1 131 664	1 116 855	1 064 783	95.3	1 020 585	91.4	52 072	4.7	96 270	8.6
Veracruz de Ignacio de la Llave	7 188 606	7 095 736	5 593 558	78.8	5 700 298	80.3	1 502 178	21.2	1 395 438	19.7
Yucatán	1 918 426	1 875 495	1 810 605	96.5	1 267 898	67.6	64 890	3.5	607 597	32.4
Zacatecas	1 362 729	1 347 807	1 296 363	96.2	1 201 350	89.1	51 444	3.8	146 457	10.9
Nacional	106 992 488	103 583 354	93 898 325	90.7	89 906 313.7	86.8	9 685 029	9.3	13 677 040	13.2

Fuente: Conagua, 2010b, p. 17.

**Cuadro 8 (ESTE CUADRO ESTÁ REPETIDO, YA APARECE TEXTO ARRIBA)**

**Evolución de la cobertura nacional del alcantarillado (1920-2009)**

Año	Población total en viviendas particulares	Habitantes (millones)			Porcentaje de cobertura
		Con servicio	Sin servicio	Beneficiados	
1990	80.4	49.5	31.0		61.5
1995	90.7	65.7	25.0	16.2	72.4
2000	95.4	72.7	22.7	7.0	76.2
2005	100.0	85.6	14.4	13.0	85.6
2005*	100.2	86.1	14.1	0.5	85.9
2006*	101.1	87.0	14.1	0.9	86.0
2007*	101.9	87.8	14.1	0.8	86.1
2008*	102.8	88.8	14.0	1.0	86.4
2009*	103.6	89.9	13.7	1.1	86.8

Fuente: 2010b, p. 23.

Por entidad federativa, si bien disminuyó el número de habitantes sin servicio de alcantarillado durante el periodo 1990-2009, tanto en términos absolutos como relativos, destaca el hecho de que durante dicho periodo nueve estados de la República mexicana se mantienen siempre con los mayores porcentajes de habitantes en viviendas particulares sin dicho servicio, a saber: Oaxaca, Yucatán, Guerrero, Chiapas, Campeche, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz e Hidalgo, estados que en el año 2009 reúnen un total de 7.3 millones de habitantes, que representan 53.5% de la población en viviendas particulares sin servicio de alcantarillado. Además de los nueve estados ya mencionados, otros cinco estados tienen los mayores porcentajes de población sin servicio de alcantarillado en el año 2009: Baja California, Querétaro, Tamaulipas, Quintana Roo y Guanajuato. Estos 14 estados con el mayor porcentaje de población sin servicio de alcantarillado reúnen un total de 9.3 millones de habitantes que representan 68.3% de la población total en viviendas particulares sin dicho servicio. Es de destacar que son las entidades federativas del sur-sureste del país las que tienen los más altos porcentajes de población sin servicio de alcantarillado, que es el mismo caso de la población sin servicio de agua potable, siendo que esta zona geográfica cuenta con la más alta disponibilidad natural de agua y la menor densidad de población en el país (ver cuadros 8 y 11) (Conagua, 2010b: 27).

En el ANEXO 1 se hace una revisión estadística detallada de la cobertura de agua potable y alcantarillado por regiones hidrológico-administrativas y por estados.

### *Consideraciones generales sobre la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado*

De acuerdo con la Fracción III del Artículo 115 Constitucional la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable y alcantarillado recae desde 1981 en los municipios, y a partir de 1999 la Federación les transfirió también la responsabilidad del tratamiento y la disposición de sus aguas residuales. Los municipios suministran estos servicios mediante organismos operadores municipales y estatales, que son generalmente instancias descentralizadas, aunque en algunos casos se trata de una función más de la estructura administrativa del gobierno municipal. Carabias y Landa (2005: 86) estiman que en el país existen alrededor de 1,200 organismos operadores

tanto municipales como estatales, de los cuales 389 son los más importantes porque atienden localidades con más de 20,000 habitantes.

Carabias y Landa señalan además algunas de las deficiencias más importantes de los organismos operadores municipales: cobertura parcial de servicios, falta de planeación, inviabilidad económica, insuficiente inversión, falta de recursos económicos para pagar adeudos por derechos de uso de agua, baja recaudación por cobro, tarifas que no reflejan el verdadero costo de provisión del servicio, problemas políticos, capital humano inadecuado, exceso de personal y alta rotación de su personal directivo. Asimismo, la descentralización de los servicios de agua potable y alcantarillado ha ocurrido de manera desventajosa para los municipios, ya que la Federación actúa promoviendo la descentralización en difíciles contextos administrativos, financieros y de disponibilidad del recurso hídrico. Además, los municipios enfrentarán situaciones muy difíciles para resolver los rezagos que tienen en la cobertura de agua potable y alcantarillado, a los que se agrega el problema del tratamiento de las aguas residuales, el cual es más complejo y les será difícil resolver tan prontamente como se requiere. Por otra parte, la planeación de la expansión de estos servicios está desarticulada de la dinámica de ocupación del territorio y de la política de población (Carabias y Landa, 2005: 86).

Otro problema del subsector de agua potable, alcantarillado y saneamiento es que en el año 2004 la CNA estimó que para lograr contener el crecimiento de la demanda de agua, revertir la sobreutilización de los acuíferos y reducir los rezagos en materia de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para el año 2025, es necesaria una inversión anual de 30,000 millones de pesos (del año 2000) (Carabias y Landa, 2005:, 87). Esta estimación de los requerimientos anuales de inversión para el subsector supera en mucho a la que se ha realizado durante el periodo 1991-2009, tanto por la Conagua como por los gobiernos estatales y municipales en su conjunto (ver cuadros 12 y 13]) (Conagua, 2010b: 3-4). En el año 2002, la inversión total para el subsector fue de 10,419 millones de pesos; en el año 2005 de 21,607.3 millones; en el año 2006 de 15,728.5 millones; en el año 2008 de 26,319.8 millones y en el año 2009 de 30,247 millones de pesos. Hay que señalar que estos recursos ya invertidos son a pesos corrientes y no constantes.

Esta insuficiencia de recursos se ha utilizado como argumento para la privatización de los servicios del subsector tanto por parte de las autoridades del agua como por el sector empresarial interesado e incluso especialistas académicos. Es el caso de Carabias y Landa (2005: 87), quienes señalan que no será posible reducir los rezagos en el subsector si sólo se cuenta con financiamiento del gobierno federal, por lo que se pueden desarrollar proyectos rentables en las ciudades medianas y grandes con la participación del sector privado en la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, lo cual podría ser un factor de rápido crecimiento de la cobertura y mejora de estos servicios.

Sin embargo, Carabias y Landa (2005: 88) reconocen que “la privatización del agua, tal como se ha aplicado en otros países, no procede en México, ya que implica transferencia de propiedad y eso legalmente no es posible. Como lo señala el Artículo 27 Constitucional, el agua es propiedad de la nación y su dominio es inalienable e imprescriptible”.

Otro problema importante para los organismos operadores es que muchas dependencias de los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial, instituciones de los gobiernos federal, estatales o municipales, órganos constitucionales autónomos y empresas paraestatales no pagan por el consumo del agua, lo cual resulta una gran carga financiera para los organismos operadores. Además, enfrentan también problemas en el tratamiento de aguas residuales: poca capacidad de pago, sobreespecificación de las normas de infraestructura, algunos contratos establecen realizar un tratamiento secundario cuando con el primario debería ser suficiente y menos costoso, y los contratistas han sido generalmente empresas interesadas en la construcción y no en la operación (Carabias y Landa, 2005: 89).

Asimismo, donde más se necesita la participación del sector público es en el medio rural, dada la dificultad de las pequeñas comunidades para financiar los costos de construcción de los sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales. (Carabias y Landa, 2005: 89).

Además, es importante incorporar estrategias encaminadas al cuidado de los ecosistemas, ya que la sola expansión de la infraestructura no garantiza la disponibilidad del recurso hídrico. El saneamiento debe ser integral, de tal manera

que incluya no sólo el incremento del servicio de alcantarillado y el número de plantas de tratamiento de aguas residuales, sino también la conservación de la cantidad y la calidad del agua, el estado de salud de los ecosistemas y todas aquellas medidas obligadas de prevención y reparación del daño a los cuerpos de agua superficial y subterránea derivados de su entubamiento, extracción y uso directo local. Se requieren soluciones integrales que consideren aspectos ambientales y sociopolíticos a la vez, con el fin de lograr el abastecimiento de agua de calidad adecuada para diversos usos; necesitamos ecosistemas sanos para tener agua de buena calidad y una población sana. Los problemas asociados con la calidad del agua deben ser discutidos por toda la sociedad (Carabias y Landa, 2005: 89; Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 291-292).

Por lo que recapitulando lo abordado en este apartado de distribución social injusta del agua, podemos destacar los siguientes aspectos: continúa existiendo una gran cantidad de población sin servicios de agua potable y alcantarillado, contradictoriamente en aquellos estados y regiones con mayor disponibilidad natural de agua; asimismo, la población rural es la que menos cuenta con estos servicios.

Por su parte, el servicio de agua potable y alcantarillado se ha descentralizado a los municipios, pero estos no cuentan con los recursos necesarios para gestionarlos, por lo que se les está orillando a la privatización de dichos servicios, principalmente en las zonas urbanas con más de 50 mil habitantes.

Cuadro 12

Inversión realizada por la Conagua, gobiernos estatales, municipales y otros  
en el subsector de agua potable, alcantarillado y saneamiento en México (1991-2009)

<b>CUADRO 1.1 Inversiones CONAGUA por sector de origen del recurso, 1991-2009<sup>a/</sup></b> <b>(millones de pesos)</b>					
<b>Año</b>	<b>Federal</b>	<b>Estatal</b>	<b>Municipal</b>	<b>Otros<sup>b/</sup></b>	<b>Totales</b>
1991	998.0	729.0	NA	836.0	2 563.0
1992	1 271.0	626.0	NA	563.0	2 460.0
1993	1 569.0	906.0	102.0	578.0	3 155.0
1994	1 424.0	427.0	127.0	352.0	2 330.0
1995	545.0	672.0	432.0	595.0	2 244.0
1996	1 178.0	346.0	171.0	50.0	1 745.0
1997	1 284.0	512.0	505.0	109.0	2 410.0
1998	1 708.0	453.0	243.0	206.0	2 610.0
1999	1 621.0	752.0	205.0	163.0	2 741.0
2000	2 133.0	1 327.0	106.8	344.3	3 911.1
2001	1 055.7	744.2	313.7	611.9	2 725.5
2002	1 685.4	1 005.8	695.1	192.4	3 578.7
2003	3 302.1	2 075.6	1 828.9	152.1	7 358.8
2004	3 086.1	2 572.0	1 103.9	438.6	7 200.6
2005	6 175.3	4 790.7	2 610.0	907.1	14 483.0
2006	5 152.8	2 513.9	2 542.7	916.3	11 125.8
2007	8 275.6	3 799.1	2 381.3	1 193.4	15 649.4
2008	10 718.6	5 879.3	2 899.4	794.9	20 292.2
<b>2009</b>	<b>12 763.7</b>	<b>5 055.0</b>	<b>2 948.0</b>	<b>1 806.0</b>	<b>22 572.7</b>

a/ Inversiones del Gobierno Federal y sus contrapartes ejecutadas a través de los programas a cargo de la CONAGUA.

b/ Inversiones de las comisiones estatales, créditos, aportaciones de la EPA e iniciativa privada.

NA No Aplicable (los montos están integrados en el rubro de otros).

FUENTE: CONAGUA/SGAPDS/Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado.

Fuente: Conagua, 2010b, p. 3.

Cuadro 13

Inversión total realizada en el subsector de agua potable,  
alcantarillado y saneamiento en México (2002-2009)

<b>CUADRO 1.2 Inversiones totales por sector de origen del recurso, 2002-2009<sup>a/</sup></b> <b>(millones de pesos)</b>					
<b>Año</b>	<b>Federal</b>	<b>Estatal</b>	<b>Municipal</b>	<b>Otros<sup>b/</sup></b>	<b>Totales</b>
2002	2 293.0	1 146.0	695.0	6 285.0	10 419.0
2003	4 237.7	2 147.5	1 926.8	4 121.5	12 433.5
2004	4 071.4	3 035.4	1 386.5	4 996.0	13 489.3
2005	7 085.3	4 988.4	2 917.8	6 615.9	21 607.4
2006	5 771.4	2 699.2	2 817.4	4 440.5	15 728.5
2007	9 432.6	4 140.4	2 714.2	5 230.2	21 517.4
2008	12 318.7	6 279.2	3 237.2	4 484.7	26 319.8
<b>2009</b>	<b>14 815.3</b>	<b>5 596.3</b>	<b>3 642.6</b>	<b>6 192.8</b>	<b>30 247.0</b>

a/ Inversiones totales en el subsector, incluyen los programas a cargo de la CONAGUA más las realizadas por SEDESOL, CDI, BANRURAL, organismos estatales e iniciativa privada.

b/ Inversiones de las comisiones estatales, créditos, aportaciones de la EPA e iniciativa privada.

FUENTE: CONAGUA/SGAPDS/Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado.

Fuente: Conagua, 2010b, p. 4.

## Potabilización del agua

De acuerdo con el inventario nacional de plantas potabilizadoras municipales, al 31 de diciembre de 2009 existen en México 631 plantas en operación, con una capacidad instalada de 133 m<sup>3</sup>/s, que procesan y potabilizan un caudal de 90 m<sup>3</sup>/s, principalmente de aguas superficiales. De los 328.2 m<sup>3</sup>/s de agua suministrada a nivel nacional, se estima que 62% (203.5 m<sup>3</sup>/s) proviene de fuentes subterráneas, el resto del suministro se obtiene de fuentes superficiales, del cual se procesan para su potabilización 83.1 m<sup>3</sup>/s. Durante el periodo 1993-2009, el número de plantas potabilizadoras en operación se incrementó de 222 en 1993 a 336 en el año 2000, 488 en 2005 y 631 en 2009, las cuales potabilizan un caudal de 69,938.5 l/s en 1993; 78,319 l/s en el año 2000; 87,052.3 l/s en 2005, y 90,040.2 l/s en 2009; aunque su capacidad instalada es mucho mayor: 105,003.2 l/s en el año 2000; 121,758.4 l/s en el año 2005, y 133,090.5 l/s en el año 2009 (ver cuadro 14) (Conagua, 2010b: 34). Es decir, hay una capacidad instalada subutilizada de plantas potabilizadoras.

Cuadro 14  
Plantas potabilizadoras municipales en México (1993-2009)

Año	En operación		
	Nº de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)
1993	222	ND	69 938.5
1994	233	ND	74 028.5
1995	287	96 625.8	76 617.5
1996	257	ND	72 337.5
1997	260	ND	74 422.5
1998	295	104 041.8	76 842.0
1999	324	104 846.7	78 157.0
2000	336	105 003.2	78 319.0
2001	400	114 703.7	84 878.9
2002	439	122 239.3	81 796.6
2003	465	123 722.9	83 660.0
2004	482	125 294.4	85 605.8
2005	488	121 758.4	87 052.3
2006	491	118 137.7	85 399.0
2007	541	126 492.0	86 393.2
2008	604	130 877.8	87 310.0
2009	631	133 090.5	90 040.2

Fuente: Conagua, 2010b, p. 34.

Por entidad federativa, los estados con el mayor número de plantas potabilizadoras en el año 2009, en orden de mayor a menor, son los siguientes: Sinaloa (142), Tamaulipas (54), Zacatecas (54), Tabasco (44), Distrito Federal (38), Colima (33), Durango (33), Guanajuato (28), Baja California (26), Jalisco (24) y Sonora (24). Estos 11 estados reúnen en conjunto 500 de las 631 plantas potabilizadoras existentes en el año 2009, que representaban 79% del total (ver cuadro 15). Excepto por el caso de Tabasco, todas las demás entidades federativas mencionadas se ubican en las regiones del país con baja disponibilidad natural de agua. Resalta el hecho de que los estados de Oaxaca, Chiapas y Campeche reportan 6, 4 y 2 plantas potabilizadoras, respectivamente; y que Morelos, Nayarit, Quintana Roo, Tlaxcala y Yucatán no reportan ninguna planta potabilizadora. Los estados de Oaxaca, Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán se ubican en la región sur-sureste del país, que cuenta con la más alta disponibilidad natural de agua (Conagua, 2010b: 35).

Cuadro 15  
Plantas potabilizadoras por entidad federativa, 2009

Entidad federativa	En operación		
	N° de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)
Aguascalientes	3	44.0	26.0
Baja California	26	12 006.0	6 448.0
Baja California Sur	15	215.1	215.1
Campeche	2	25.0	23.0
Chiapas	4	4 500.0	2 510.0
Chihuahua	5	710.0	420.0
Coahuila de Zaragoza	18	2 132.2	1 707.2
Colima	33	10.7	4.7
Distrito Federal	38	3 788.5	2 935.0
Durango	33	29.7	21.8
Guanajuato	28	404.8	342.5
Guerrero	11	3 278.0	2 973.0
Hidalgo	2	130.0	130.0
Jalisco	24	16 197.0	9 490.0
México	11	22 164.0	16 739.0
Michoacán de Ocampo	5	3 025.0	2 495.0
Morelos	0	0.0	0.0
Nayarit	0	0.0	0.0
Nuevo León	12	14 571.2	7 251.2
Oaxaca	6	1 291.3	771.3
Puebla	4	715.0	545.0
Querétaro de Arteaga	6	269.0	212.0
Quintana Roo	0	0.0	0.0
San Luis Potosí	14	1 315.0	957.1
Sinaloa	142	9 267.0	7 743.6
Sonora	24	4 130.0	2 138.2
Tabasco	44	11 605.0	8 100.0
Tamaulipas	54	14 345.0	11 438.0
Tlaxcala	0	0.0	0.0
Veracruz de Ignacio de la Llave	13	6 912.0	4 393.7
Yucatán	0	0.0	0.0
Zacatecas	54	10.1	9.8
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>631</b>	<b>133 090.5</b>	<b>90 040.2</b>

Fuente: Conagua, 2010b, p. 35

## *Agua y salud*

De acuerdo con la OMS (OMS, 2009, citada por Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 299), el agua no segura, sanidad e higiene conforman uno de los diez factores que influyen en la salud de la población en México. Este mismo factor se ubica entre los cinco principales factores ambientales de riesgo para países con economías como la mexicana.

En México, el servicio de agua potable que ofrecen los municipios a la población, sobre todo en áreas rurales, aún es bajo, los niveles de eficiencia de la

desinfección se encuentran por debajo del 85%, y el objetivo es evitar que el agua sea un posible vehículo transmisor de enfermedades infecciosas intestinales, las cuales tienen una alta incidencia en México ya que se encuentran dentro de las diez principales causas de morbimortalidad (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 291, 293). Para ello la Conagua creó el Programa Agua Limpia, cuyo objetivo es ofrecer apoyo técnico y financiero a las entidades federativas y autoridades que brindan el servicio de agua potable, con lo cual supuestamente se debe apoyar a las autoridades de salud para evitar el crecimiento de la incidencia de enfermedades infecciosas intestinales, las cuales ascendieron a 6,831,630 de casos en 2002 y a 5,493,387 de casos al cierre preliminar de la semana epidemiológica 52 de 2009, según el Boletín Epidemiológico de la Secretaría de Salud (ver cuadro 16) (Conagua, 2010b: 40, 44). Por lo que en México aún no está resuelto el problema de las enfermedades transmitidas por agua, además de que recientemente se dio a conocer información relevante acerca de que el agua es el vehículo de transmisión que causa enfermedades respiratorias. Las enfermedades consideradas en México por las autoridades del agua y de salud se presentan el cuadro 17 (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 291, 293).

Cuadro 16  
Casos registrados de enfermedades infecciosas del aparato digestivo en México (2002-2009)

Enfermedad	Número de casos por año								Diferencia
	2002 *	2003 *	2004 *	2005 *	2006	2007	2008	2009	
Enfermedades infecciosas intestinales	6 831 630	6 191 011	5 951 869	5 912 952	5 765 081	5 450 896	5 500 546	5 493 987	-6 559
Shigelosis	31 473	27 704	22 321	19 441	16 483	14 617	12 885	12 441	- 444
Fiebre tifoidea	7 889	20 020	25 952	31 790	37 012	44 535	44 199	46 724	2 525
Paratifoidea y otras salmonelosis	80 494	102 754	109 444	109 536	115 014	120 712	120 986	137 270	16 284
Infección intestinal, debida a virus y otros organismos y las mal definidas	5 374 980	4 823 611	4 778 135	4 765 567	4 716 011	4 521 349	4 645 091	4 645 673	582
Intoxicación alimentaria bacteriana	21 659	36 057	39 947	40 599	37 987	36 580	35 887	38 967	3 080

Fuente: Conagua, 2010b, p. 44.

Cuadro 17  
Clasificación de las enfermedades relacionadas con el agua\*

Categoría Agente	Organismo/Infección	Tipo de patógeno	Considerado en México
Origen hídrico (fecal-oral)			
Diarrea/Disenterías	<i>Escherichia coli</i> , Cólera, <i>Campylobacter</i> , Salmonelosis, Shigelosis	Bacteria	CONAGUA, SS
	Rotavirus, Norovirus, Adenovi- rus, Hepatitis	Virus	SS
	Giardiasis, Amebiasis, <i>Cryptos- poridium</i>	Protozoario	SS
	Ascaris, Trichuris, Taenia	Helminto	SS
Fiebres entéricas	Tifoidea, Paratifoidea	Bacteria	CONAGUA, SS
	Poliomielitis	Virus	CONAGUA
Contacto con agua	Infecciones de piel y ojos	Bacteria Protozoario, Virus	SS
Basado en agua	Schistosomiasis	Helminto	SS
Insectos vectores por ma- nejo de agua	Malaria/Paludismo, Oncocercosis, Dengue clásico y hemorrágico, Triponosomiasis	Protozoario Helminto Virus	SS

\* Modificado de Gleick, 1998, adaptada para México.

SS = Secretaría de Salud, CONAGUA = Comisión Nacional del Agua, 2008.

Fuente: Mazari Hiriart *et al.*, 2010, p. 294.

Otro aspecto relevante de la relación entre agua y salud es que para entender el papel que juegan las condiciones ambientales en la salud de la población humana se debe conocer también cuál es el papel de las poblaciones de microorganismos, animales y vegetales que cohabitan en los ecosistemas. La nueva corriente de *ecosalud* plantea que, a partir del trabajo multidisciplinario, se logran mantener ecosistemas saludables y gente saludable. En este sentido, la alteración del agua –componente de los ecosistemas– por contaminación, explotación intensiva, modificación de los sistemas de agua subterránea, etcétera, resulta de gran relevancia para conservar la salud humana (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 294-295).

Las autoridades responsables del tema agua y salud en México son la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), a través de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y la Secretaría de Salud (SS), respectivamente. Para ello, la Conagua publica anualmente las *Estadísticas del Agua en México*, la SS publica el Boletín Epidemiológico semanalmente y, además, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), que depende de la SS, publica la calidad bacteriológica del agua a partir de las mediciones de cloro residual y bacterias indicadoras.

En la relación agua-salud deben distinguirse las enfermedades de origen hídrico (por ingesta), las enfermedades por contacto con agua, así como las enfermedades producidas por vectores que requieren de agua para completar una parte de su ciclo de vida (ver cuadro 17). Sin embargo, cuando analizamos las enfermedades gastrointestinales como son reportadas por la SS, con los datos de calidad del agua generados por la Conagua, nos encontramos los siguientes hechos (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 299-300):

1. Las enfermedades gastrointestinales de transmisión fecal-oral no sólo están asociadas con el consumo de agua contaminada, sino también con el consumo de alimentos contaminados, en los que se incluyen los que se consumen crudos (por ejemplo, las ensaladas). Por lo tanto, si se utiliza esta información, se supondría que la contaminación de los alimentos es por agua contaminada y no por un manejo insalubre de los mismos.
2. Las categorías que se consideran en el Boletín Epidemiológico, órgano oficial de reporte de enfermedades emitido por la SS, varían, esto es, no siempre se reportan las mismas categorías, lo cual dificulta el seguimiento de una enfermedad en particular e imposibilita hacer comparaciones a lo largo del tiempo.
3. En el caso de las enfermedades gastrointestinales de origen viral, no es posible conocer la situación, ya que el número de casos se agrega a los casos de enfermedades mal definidas (A04, A08-A09). Este punto toma relevancia al notar que el número de casos en esta categoría rebasa los cuatro millones anuales.
4. México es el segundo consumidor de agua embotellada y el primer país consumidor de refrescos embotellados en el mundo. Una proporción importante de la población no consume el agua de los sistemas de distribución, independientemente de contar o no con

un buen servicio de abastecimiento. La norma oficial mexicana que se refiere a las especificaciones sanitarias del agua embotellada o envasada es la NOM-201-SSA1-2002. La instancia responsable para el cumplimiento de la misma es la SS, a través de la Cofepris; sin embargo, no se encontró información oficial acerca de la calidad microbiológica del agua embotellada.<sup>29</sup>

Las enfermedades que considera la SS como enfermedades infecciosas intestinales, y que la Conagua considera de manera concentrada para relacionar la calidad del agua con la incidencia de enfermedades, son las siguientes: amebiasis intestinal, shigelosis, fiebre tifoidea, giardiasis, infecciones intestinales debidas a otros organismos y las mal definidas, intoxicación alimentaria bacteriana, paratifoidea y otras salmonelosis, así como otras infecciones intestinales debidas a protozoarios. El cuadro 18 muestra las enfermedades que se reportan en el Boletín Epidemiológico Nacional, mismas que pueden estar asociadas con el uso y consumo de agua contaminada con heces fecales. La calidad del agua en todo el país es un tema fundamental de microbiología ambiental, especialmente si se considera que diversos patógenos de origen hídrico continúan emergiendo y que su resistencia a los antibióticos es cada vez mayor (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 301, 303).

---

<sup>29</sup> Con datos publicados por la *US Environmental Protection Agency* (USEPA, 2004) con respecto a la ingesta promedio de agua per cápita como referencia, y en los que se consideran principalmente las diferencias de consumo por edad, el volumen diario de agua que se ingiere es de 926 ml por persona, por día. Por lo tanto, cada día, la población mexicana ingiere más de 98 millones de litros. Así que el volumen de agua embotellada vendida durante 2008 cubrió el consumo anual de 15.6% de toda la población, esto es, 16.5 millones de personas (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 300).

Cuadro 18  
 Enfermedades asociadas con el agua, reportadas en el Boletín Epidemiológico Nacional  
 de acuerdo con la clasificación de enfermedades de la Organización Mundial de la Salud

Tipo de enfermedad	Enfermedad
Bacteriana	Cólera (A00), Fiebre tifoidea (A01.0), Paratifoidea y otras Salmonelosis (A01.1-A02), Shigelosis (A03)
Parasitaria	Giardiasis (A07.1), Amebiasis (A06.0-A06.3, A06.9), Ascariasis (B77)
Virales y mal definidas Hepatitis viral	Infecciones intestinales virales y mal definidas (A04, A08-A09) Hepatitis A (B15)

Fuente: Mazari Hiriart *et al.*, 2010, p. 302.

En relación con los temas ambientales, una preocupación es que en México no se han resuelto del todo los problemas sanitarios básicos relacionados con enfermedades infecciosas (los niveles más altos de mortalidad en los estados de Guerrero, Chiapas, Michoacán y Oaxaca son por enfermedades infecciosas y desnutrición) y ya enfrentamos un incremento en las enfermedades degenerativas crónicas, asociadas con compuestos derivados de actividades industriales y agrícolas (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 305).

Otro problema que no ha sido evaluado en toda su dimensión es el que representa el incremento en el uso de compuestos sintéticos orgánicos, generados artificialmente por el hombre, como residuos de plaguicidas (fumigantes, fungicidas, insecticidas, herbicidas, entre otros), residuos tanto líquidos como sólidos que contienen componentes persistentes, como disolventes producidos por actividades industriales, así como derivados de la industria petrolera con compuestos de tipo aromático, como subproductos de combustibles. No se han valorado ni cuantificado los efectos de estos compuestos en la salud pública, pero sí se reconoce que son carcinogénicos y que ocasionan daños irreversibles a la salud (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 307).

Al igual que el caso anterior, otro problema preocupante de salud pública relacionada con el agua es el de los compuestos denominados disruptores endocrinos (DE), que se vierten al agua en gran cantidad. En la actualidad se estima que aproximadamente 100,000 sustancias son sospechosas de comportarse como DE. Éstos provienen de productos y subproductos farmacéuticos e industriales, como medicamentos, envases para alimentos y bebidas, recubrimientos de productos enlatados, productos para la higiene personal (champús, jabones, pastas dentales, desodorantes, cosméticos), productos para limpieza en el hogar (limpiadores de pisos y de vidrios, suavizantes de ropa y detergentes), entre otros. Estos compuestos han adquirido gran importancia en los últimos 50 años por las consecuencias que producen en el medio ambiente, de tal manera que es poco probable encontrar un ecosistema en el que no estén presentes; son de diversa naturaleza química y entre los más conocidos se encuentran medicamentos hormonales, plaguicidas, dioxinas, compuestos fenólicos, disolventes, ftalatos y bifenilos policlorados (BPC). Todos los disruptores endocrinos tienen la capacidad de alterar los procesos hormonales de los seres vivos, además de que intervienen en los procesos metabólicos; asimismo son considerados compuestos que causan problemas de intersexualidad, teratogénesis y carcinogénesis (Guillette *et al.*, 1994; Guillette, 1995; Folmar *et al.*, 1996, citados por Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 308-309).

México todavía no cuenta con datos sobre la presencia de DE y mucho menos con información para determinar su procedencia a fin de establecer una norma, o al menos un programa preventivo que regule el uso de estas sustancias en ningún tipo de ecosistema terrestre o acuático.

Por último, la escasa información y el deficiente monitoreo tanto en salud pública como en la calidad del agua no han permitido realizar asociaciones entre éstas. El monitoreo de bacterias, en especial coliformes, que son indicadoras de la posible presencia de materia fecal en el agua, es poco específico ya que no permite saber si está presente otro tipo de microorganismos, como virus o parásitos de mayor tamaño, y si existe resistencia de éstos a los sistemas de tratamiento y desinfección. En las dos últimas décadas no hemos avanzado en los temas relacionados con el agua y la salud al ritmo que la problemática lo requiere.

Por lo que destacan cuatro problemas fundamentales en la relación agua-salud: uno es el de los problemas de salud generados por beber agua contaminada; un segundo problema es el de los problemas de salud generados por consumir alimentos crudos regados con agua contaminada; un tercer problema es el de las enfermedades transmitidas por vectores que se reproducen en aguas contaminadas, y un cuarto problema es el de las enfermedades producidas por el contacto de la piel con aguas contaminadas.

Además está el problema de la falta de seguimiento, registro e información oficial adecuados de las enfermedades causadas por cada uno de esos cuatro factores; y, adicionalmente, el de la falta de información sobre la calidad del agua potable y del agua embotellada o envasada.



## CAPÍTULO 3. PÉRDIDA Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN MÉXICO

### PÉRDIDA DE LA CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE

De acuerdo con la Conagua, al 30 de junio de 2008, en México hay 60 cuencas hidrológicas con déficit: 23 en la VIII Lerma Santiago Pacífico, 14 de las 15 cuencas de la región IV Balsas, 11 en la región IX Golfo Norte, nueve en la II Noroeste, dos en la región XI Frontera Sur y una en la región I Península de Baja California. Además, según Arreguín Cortés *et al.* (2010: 57), con base en información de la Conagua sobre la disponibilidad de 722 cuencas del país publicada en el Diario Oficial de la Federación (58 publicaciones de 2003 a 2009) "... puede notarse que son las cuencas Sonora Norte, Sonora Sur, Cuencas Cerradas del Norte, Río Bravo, Lerma Chapala y Río Balsas las que no cuentan con disponibilidad de agua, y la mayoría de ellas están incluso en déficit" (ver mapas 4 y 5) (Arreguín Cortés *et al.*, 2010: 57).

"En el altiplano norte han disminuido drásticamente los caudales en la cuenca baja del río del Carmen y media del Bravo en Chihuahua; en el río Nazas y el bolsón de Mayrán, así como en el río Aguanaval y el bolsón de Viesca en Durango y Coahuila; en el río de Nadadores en Coahuila; en el río Salinas en Coahuila y Nuevo León; en los ríos Sabinas y Santa Catarina en Nuevo León y el río Ahualulco en la región Venado-Moctezuma en San Luis Potosí. Todos estos ríos se han secado o vuelto intermitentes u ocasionales" (Carabias y Landa, 2005: 34).

Consideremos el caso de las aguas subterráneas. Según Arreguín Cortés *et al.* (2010: 57-58), unos 40 millones de habitantes se ubican sobre los acuíferos sobreutilizados: "35.3 millones asentados en localidades urbanas y 4.7 millones en localidades rurales".<sup>30</sup> A esto se agrega que la eficiencia con que opera el manejo del agua en México es muy baja. En los Distritos de Riego (3.5 millones de hectáreas) es de 37% y en las unidades de riego (3 millones de hectáreas) de 57%; mientras que en las ciudades los niveles de pérdidas físicas varían de 30 a 50% (Arreguín Cortés *et al.*,

---

<sup>30</sup> Las regiones con el mayor número de acuíferos sobreutilizados son la VIII Lerma-Santiago-Pacífico con 32, le sigue la VII Cuencas Centrales del Norte con 24, la VI Río Bravo con 14, la II Noroeste con 13, la I Península de Baja California con ocho, la XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala con cuatro, la IV Balsas con dos, la IX Golfo Norte con dos, y la III Pacífico Norte con dos. En estas nueve regiones está asentada 77.3% de la población nacional.

2010: 59-60). Finalmente, Carabias y Landa (2005: 34, 59) señalan que la reserva de agua subterránea se está minando a un ritmo de 6 km<sup>3</sup> por año pues:

La eliminación de la vegetación disminuye la cantidad de agua de lluvia que se filtra para recargar los acuíferos... Se estima que en México se deforestan al año más de 600 000 hectáreas de superficies boscosas y que más de 64% del suelo está degradado. Las principales causas de la deforestación en el país son las actividades agropecuarias (alrededor de 60%), los incendios forestales (20%), la tala inmoderada (4%) y la urbanización (Carabias y Landa, 2005: 34).

Estos son algunos de los factores estructurales subyacentes de la escasez creciente del agua subterránea y ciertamente tienen antecedentes históricos. Previo a la década de los ochenta, la sobreutilización de los acuíferos y las aguas superficiales ocurrió como resultado de una fuerte expansión de la economía mexicana, sobre todo la agrícola, que utiliza más del 70% del recurso hídrico. Pero lo importante a destacar es que la mayor parte del aumento en la sobreutilización del recurso ha ocurrido en la denominada por Aboites *et al.* (2010) etapa mercantil-ambiental o mejor conocida como etapa neoliberal (ver cuadro 1, y nótese que el déficit nacional ha alcanzado – 5,490 Mm<sup>3</sup>, según Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 89). Como se muestra en el cuadro 1, año tras año, a partir de la década de los noventa del siglo XX, bajo la presión de los intereses económicos agrícolas y urbanos, la Conagua continúa dando concesiones para la extracción de agua. El problema es que, simultáneamente, de los 32 acuíferos sobreutilizados que existían en 1975 se pasó a 104 en 2006, y de este centenar – menos del 20% del total nacional– se extrae actualmente el 80% del volumen de agua del subsuelo (Chávez *et al.*, 2006, citado en Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 89). Además, en los últimos 40 años la reserva nacional de agua subterránea fue minada en 60,000 Mm<sup>3</sup>, lo que significa un importante aumento del estrés hídrico en las áreas áridas y semi-áridas del país.

Cuadro 1  
Evolución de la sobreutilización de los acuíferos en México

	1975	1981	1988	1990	1994	2004	2008
Recarga	10	31	31	40	63	75	79
Extracción	11	16	25	28	24	28	29
Acuíferos sobreexplotados	32	36	50	60	80	97	123

Fuente: Moreno *et al.* (2010).

En México las investigaciones en materia de aguas subterráneas son muy insuficientes, como consecuencia de la centralización de la poca información existente en manos de la Conagua y los escasos recursos financieros y humanos asignados. Esto se expresa en la falta de especialistas en el tema, recursos económicos para el mantenimiento de los sistemas de monitoreo, la gran dependencia tecnológica y de capacitación en el manejo de instrumentos de medición y la falta de acuíferos instrumentados (Carabias y Landa, 2005: 60-69).

En conclusión, la sobreutilización de acuíferos en México es alarmante en todas las regiones del norte, la del Lerma-Santiago y la del Valle de México. Los volúmenes extraídos oscilan entre 120 y 448% de la recarga natural, por lo que algunos han sufrido daños irreversibles o su nivel freático ha descendido al punto que la extracción ha dejado de ser costeable (Fundación Gonzalo Río Arronte, 2004).

## USOS DEL AGUA

En México los usos del agua se registran en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Ahí se inscriben todos los títulos y volúmenes de concesión o asignación de aguas nacionales que otorga la Comisión Nacional del Agua (Conagua). El registro clasifica los usos del agua en 12 rubros, los que para fines prácticos se han agrupado en cinco grandes grupos, los cuales a su vez se clasifican en usos consuntivos y no consuntivo.

## *Usos consuntivos*

- Agrícola: incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros, además de los volúmenes de agua que se encuentran pendientes de inscripción.
- Abastecimiento público: incluye los rubros público urbano y doméstico.
- Industria autoabastecida: incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio.
- Termoeléctricas: incluye todas las plantas generadoras de electricidad que no son hidroeléctricas.

## *Uso no consuntivo*

- Hidroeléctricas: presas generadoras de electricidad.

Mazari Hiriart *et al.* (2010: 296) señalan que en su documento de 2008 la Conagua no define los términos “público urbano y servicios” ni tampoco “múltiples y otros” ni “industrial”. Estos datos, por lo tanto, no dejan del todo claro la cantidad de agua que se usa ni para qué uso se destina.

El agua utilizada en el país para usos consuntivos es de 79.8 km<sup>3</sup>. De este volumen, 63% (50.2 km<sup>3</sup>) proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos) y el 37% (29.5 km<sup>3</sup>) de fuentes subterráneas (acuíferos) (Conagua, 2010: 61). El mayor volumen concesionado para usos consuntivos corresponde a las actividades agrícolas (76.7%, 61.8 km<sup>3</sup>), principalmente el agua empleada para riego.<sup>31</sup> Le sigue el uso para abastecimiento público<sup>32</sup> (14.1%, 11.4 km<sup>3</sup>); las termoeléctricas (5.1%, 4.1 km<sup>3</sup>) y la

---

<sup>31</sup> “Las carencias y deficiencias en la tecnología e infraestructura de riego hacen que la eficiencia sea tan solo de 46%, es decir, que 54% del agua asignada para riego regresa al ciclo hidrológico sin ser aprovechada en la agricultura” (Carabias y Landa, 2005: 31). “Del volumen total de agua que se extrae para la agricultura, entre 40 y 60% (que oscila entre 22.4 y 33.6 km<sup>3</sup>) no llega a las parcelas por ineficiencia en la conducción” (Carabias y Landa, 2005: 63).

<sup>32</sup> “Un importante problema de los servicios de abastecimiento público de agua es la alta incidencia de fugas, que oscila entre 30 y 50 por ciento” (Carabias y Landa, 2005: 32).

industria autoabastecida<sup>33</sup> (4.1%, 3.3 km<sup>3</sup>) (ver cuadros 2, 3 y 4; gráficas 5 y 6) (Conagua, 2011: 45).

Cuadro 2  
Usos consuntivos, según origen del tipo de fuente de extracción, 2008  
(miles de millones de metros cúbicos, km<sup>3</sup>)

Uso	Origen		Volumen total	Porcentaje de extracción
	Superficial	Subterráneo		
Agrícola <sup>a</sup>	40.7	20.5	61.2	76.8
Abastecimiento público <sup>b</sup>	4.2	7.0	11.2	14.0
Industria autoabastecida <sup>c</sup>	1.6	1.6	3.3	4.1
Termoeléctricas	3.6	0.4	4.1	5.1
<b>TOTAL</b>	<b>50.2</b>	<b>29.5</b>	<b>79.8</b>	<b>100.0</b>

NOTA: 1 km<sup>3</sup> = 1 000 hm<sup>3</sup> = mil millones de m<sup>3</sup>.

Los datos corresponden a volúmenes concesionados al 31 de diciembre de 2008.

<sup>a</sup> Incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA. Incluye asimismo 1.30 km<sup>3</sup> de agua correspondientes a Distritos de Riego pendientes de inscripción.

<sup>b</sup> Incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.

<sup>c</sup> Incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA.

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Administración del Agua.

Fuente: Conagua, 2010, p. 61.

<sup>33</sup> "Si bien la industria autoabastecida sólo consume 10% del agua total (7.3 km<sup>3</sup> anuales), la contaminación que genera en demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es tres veces mayor que la que producen 100 millones de habitantes. En 2002 los giros industriales con mayores descargas contaminantes sumaban un volumen total de 170.6 m<sup>3</sup>/s. La actividad con mayor volumen de descarga es la acuacultura, con 67.6 m<sup>3</sup>/s (39.6%), seguida por la industria azucarera 45.9 m<sup>3</sup>/s (27%), la petrolera 11.4 m<sup>3</sup>/s (6.6%), los servicios 10.3 m<sup>3</sup>/s (6%) y la química 6.9 m<sup>3</sup>/s (4%). A su vez, la industria azucarera es la que produce la mayor materia orgánica contaminante, y la petrolera y química las que producen los contaminantes de mayor impacto ambiental" (Carabias y Landa, 2005: 32).

**Cuadro 3**  
**Volúmenes concesionados para usos consuntivos**  
**por región Hidrológico-Administrativa, 2008 (millones de metros cúbicos)**

No	Región Hidrológico Administrativa	Volumen total concesionado	Agrícola <sup>a</sup>	Abastecimiento público <sup>b</sup>	Industria autoabastecida sin termoeléctricas <sup>c</sup>	Termoeléctricas <sup>d</sup>
I	Península de Baja California	3 510.3	2 892.7	327.5	91.1	199.0
II	Noroeste	7 608.8	6 526.8	983.6	91.4	7.0
III	Pacífico Norte	10 439.0	9 741.7	639.3	58.0	0.0
IV	Balsas	10 702.6	6 307.7	997.5	227.1	3 170.2
V	Pacífico Sur	1 351.5	1 000.0	333.1	18.4	0.0
VI	Río Bravo	9 234.3	7 735.1	1 182.5	205.0	111.6
VII	Cuencas Centrales del Norte	3 832.5	3 371.8	371.1	61.2	28.3
VIII	Lerma Santiago Pacífico	14 162.0	11 668.6	2 057.5	411.4	24.5
IX	Golfo Norte	4 746.8	3 688.0	526.6	466.6	65.6
X	Golfo Centro	4 956.6	2 960.0	744.0	875.7	377.0
XI	Frontera Sur	2 190.1	1 630.5	456.9	102.7	0.0
XII	Península de Yucatán	2 368.2	1 443.3	471.0	444.5	9.4
XIII	Valle de México	4 649.6	2 248.7	2 106.8	211.5	82.6
<b>TOTAL NACIONAL</b>		<b>79 752.3</b>	<b>61 214.9</b>	<b>11 197.5</b>	<b>3 264.6</b>	<b>4 075.2</b>

NOTAS: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras.

Los volúmenes son al 31 de diciembre de 2008.

La regionalización de los volúmenes se hizo con base en la ubicación de los aprovechamientos inscritos en el REPDA y no el lugar de adscripción de los títulos respectivos.

<sup>a</sup> Incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA.

<sup>b</sup> Incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.

<sup>c</sup> Incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA.

<sup>d</sup> Se incluye el volumen total concesionado para generación de energía eléctrica sin contar hidroelectricidad.

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de:

CONAGUA. Subdirección General de Administración del Agua. *Volúmenes inscritos en el REPDA al 31 de diciembre de 2008.*

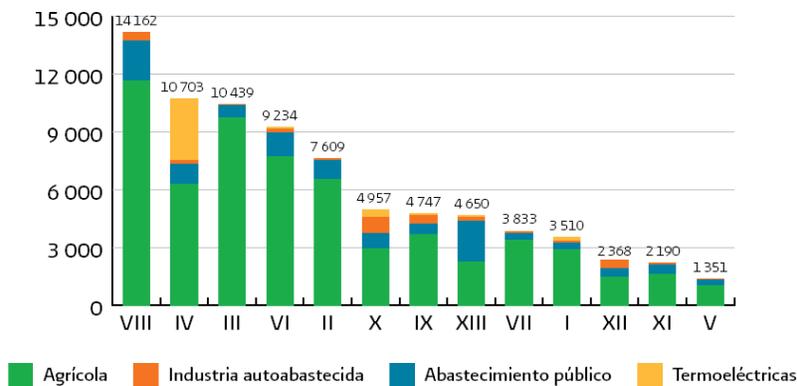
Fuente: Conagua, 2010, p. 63.

**Cuadro 4**  
**México: títulos y volúmenes de aguas subterráneas por uso de agua (2009)**

Uso	Títulos	Volumen de extracción m <sup>3</sup> /año	Porcentaje
Agrícola	114,674	17,600,606,197	60.6969
Agroindustrial	56	5,102,257	0.0176
Doméstico	14,322	26,753,182	0.0923
Acuicultura	153	18,485,610	0.0637
Servicios	4,731	660,773,846	2.2787
Industrial	4,490	1,442,063,692	4.9731
Pecuario	20,411	124,611,218	0.4297
Público urbano	54,402	6,952,349,814	23.9756
Múltiples	30,722	2,165,639,302	7.4684
Generación de energía eléctrica	1	778,857	0.0027
Comercio	3	106,280	0.0004
Otros	4	281,416	0.0010
Totales	243,969	28,997,551,671	100

Fuente: Moreno Vázquez *et al.*, 2010, p. 87.

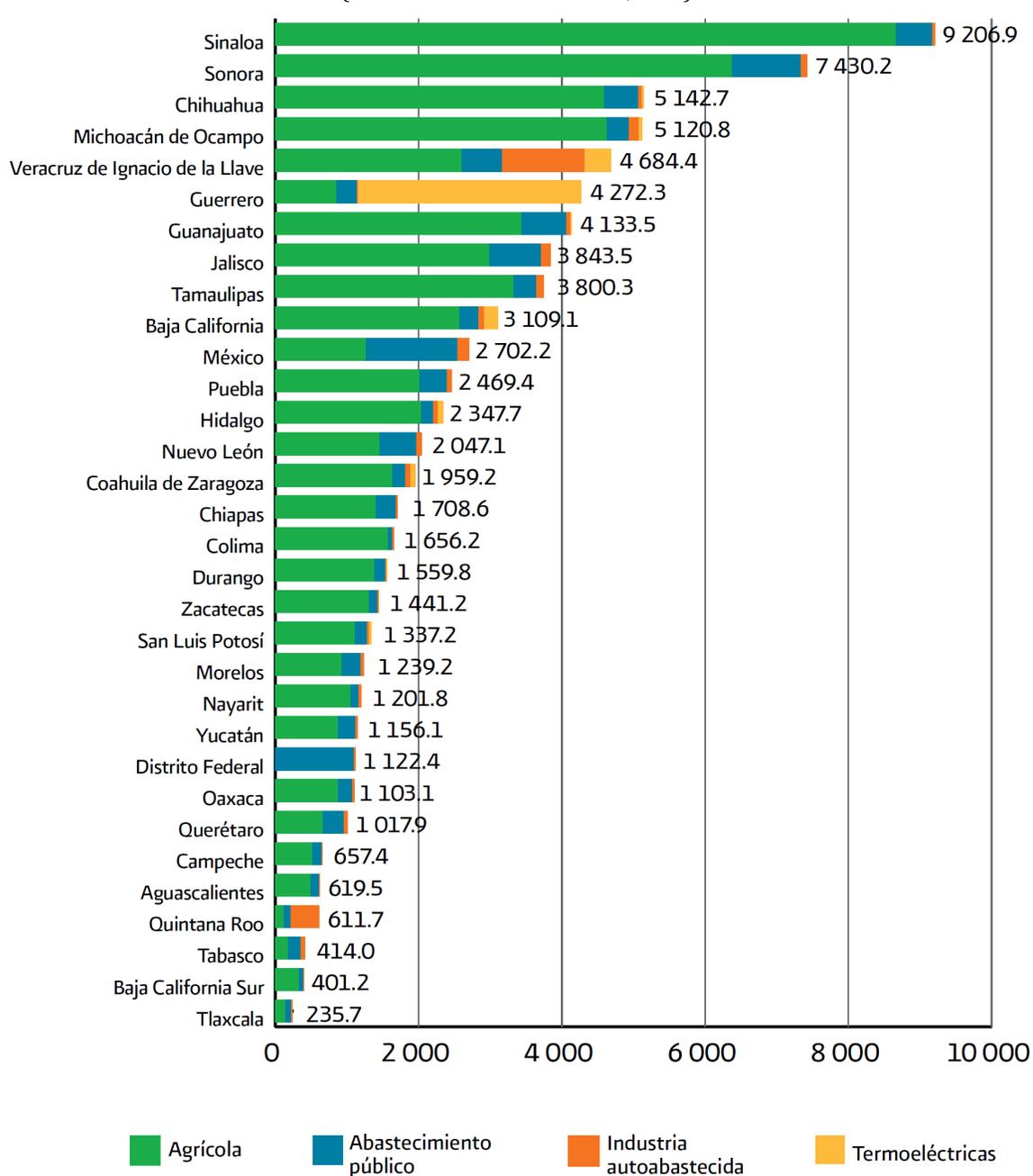
**Gráfica 5**  
**Volúmenes concesionados para usos consuntivos**  
**por Región Hidrológico-Administrativa, 2008 (millones de metros cúbicos)**



NOTA: La regionalización de los volúmenes se hizo con base en la ubicación de los aprovechamientos inscritos en el REPDA y no el lugar de adscripción de los títulos respectivos.

Fuente: Conagua, 2010, p. 62.

Gráfica [6]  
 Volúmenes concesionados para usos consuntivos por entidad federativa, 2008  
 (millones de metros cúbicos, hm<sup>3</sup>)



NOTA: La regionalización de los volúmenes se hizo con base en la ubicación de los aprovechamientos inscritos en el REPGA y no el lugar de adscripción de los títulos respectivos. Los volúmenes son al 31 de diciembre de 2008.

Fuente: Conagua, 2010, p. 64.

El porcentaje que representa el agua utilizada para usos consuntivos respecto al agua renovable es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en un país, cuenca o región. Se considera que si el porcentaje es mayor al 40% se ejerce una fuerte presión sobre el recurso (Conagua, 2010: 72). El país en su conjunto experimenta un grado de presión del 17.4%, lo cual se considera de nivel moderado; sin embargo, como es de esperarse, las zonas centro, norte y noroeste del país experimentan un grado de presión fuerte sobre el recurso (Conagua, 2010: 72). En la región XIII Valle de México la presión es de 132.3%; en la región VI Río Bravo es de 77.4%; en la región I (Península de Baja California) es de 75.9%; y en la región II (Noroeste) es de 91.4 por ciento (ver cuadro 5, mapa 12) (Conagua, 2010: 73).

**Cuadro 5**  
Grado de presión sobre el recurso hídrico, por Región Hidrológico-Administrativa (2008)

No	Región Hidrológico Administrativa	Volumen total de agua concesionado (millones de m <sup>3</sup> )	Agua renovable media (millones de m <sup>3</sup> )	Grado de presión (%)	Clasificación del grado de presión
I	Península de Baja California	3 510	4 626	75.9	Fuerte
II	Noroeste	7 609	8 323	91.4	Fuerte
III	Pacífico Norte	10 439	25 627	40.7	Fuerte
IV	Balsas	10 703	21 680	49.4	Fuerte
V	Pacífico Sur	1 351	32 794	4.1	Escasa
VI	Río Bravo	9 234	11 937	77.4	Fuerte
VII	Cuencas Centrales del Norte	3 833	7 884	48.6	Fuerte
VIII	Lerma Santiago Pacífico	14 162	34 160	41.5	Fuerte
IX	Golfo Norte	4 747	25 543	18.6	Moderada
X	Golfo Centro	4 957	95 866	5.2	Escasa
XI	Frontera Sur	2 190	157 754	1.4	Escasa
XII	Península de Yucatán	2 368	29 645	8.0	Escasa
XIII	Valle de México	4 650	3 514	132.3	Fuerte
<b>TOTAL NACIONAL</b>		<b>79 752</b>	<b>459 351</b>	<b>17.4</b>	<b>Moderada</b>

NOTAS: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras.

Grado de presión sobre el recurso hídrico =  $100 \times (\text{Volumen total de agua concesionado} / \text{Agua renovable})$ .

Fuente: Conagua, 2010, p. 73.

Mapa 12

Grado de presión sobre el recurso hídrico por Región Hidrológico-Administrativa (2008)

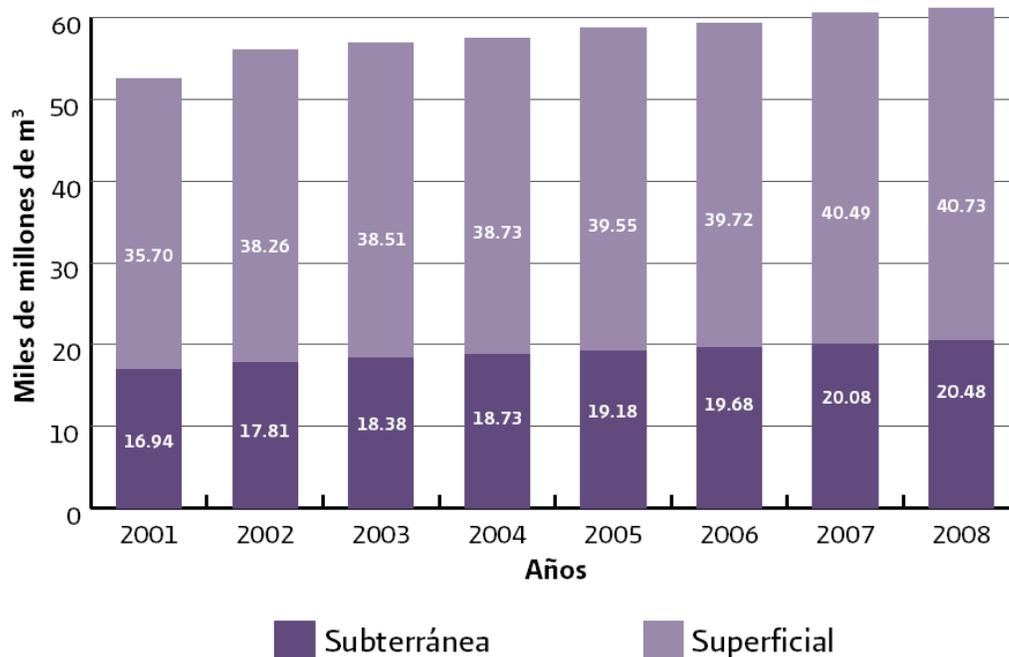


Fuente: Conagua, 2010, p. 74.

### *Uso agrícola y contaminación del agua por el sector*

El principal uso del agua en México es el agrícola, y éste se refiere principalmente al agua utilizada para el riego de cultivos. Nuestro país ocupa el sexto lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego con 6.46 millones de hectáreas, de las cuales 54% corresponde a 85 Distritos de Riego y el porcentaje restante a más de 39 mil Unidades de Riego. Una tercera parte (20.5 km<sup>3</sup>) del agua concesionada para el uso agropecuario, que agrupa los usos agrícola, acuicultura, pecuario, múltiple y otros, es de origen subterráneo (ver cuadro 2, gráfica 7) (Conagua, 2010: 66).

Gráfica 7  
Evolución del volumen concesionado para uso agropecuario por tipo de fuente (2001-2008)  
(miles de millones de metros cúbicos)



Nota: Incluye los usos agrícola, acuacultura, pecuario, múltiple y otros de la clasificación del Repda.  
Fuente: Conagua, 2010, p. 67.

Los estados de Chihuahua, Sonora y Guanajuato extraen 30% del total del agua subterránea utilizada a nivel nacional; mientras que Jalisco, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Durango extraen otro 25%. Entre los ocho estados, representan el 80% de la extracción para uso agrícola. Estas ocho entidades federativas más el Distrito Federal, el Estado de México y Puebla concentran 67% de la extracción total de agua subterránea, 48% se destina al uso agrícola y 16% al abastecimiento público (Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 88).

Los principales problemas que enfrenta el uso agrícola del agua son la baja eficiencia en el aprovechamiento del recurso (46%), lo cual se relaciona con la ausencia de mantenimiento y conservación de la infraestructura de riego, y el empleo excesivo de agroquímicos y las descargas de excretas animales de las granjas, los cuales contaminan gravemente las fuentes superficiales y subterráneas, reduciendo su calidad y cantidad efectiva. Aun cuando se han introducido mecanismos de

tecnificación del riego en algunas partes del país, los cuales han permitido disminuir la cantidad de agua utilizada por hectárea de riego, esto no ha repercutido en la disminución de la extracción del recurso sino que el agua ahorrada se destina a extender la superficie de cultivos (Carabias y Landa, 2005: 63-65; Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 96). En parte, ello se debe a una tarifa eléctrica preferencial para uso agrícola que disminuye el incentivo al ahorro para la innovación tecnológica y tiene por lo mismo un elevado costo medioambiental (Carabias y Landa, 2005: 65; Moreno Vázquez *et al.*, 2010: 96). En consecuencia:

Aunque el riego ha logrado aumentar la productividad 3.6 veces en comparación con las áreas de temporal, y los cultivos de riego representan más de la mitad de la producción agrícola nacional, la sobreexplotación [sobreutilización] de algunos acuíferos, el uso inadecuado de instrumentos tecnificados, así como el empleo excesivo de productos químicos han causado severos daños en los niveles y en la calidad del agua de esos acuíferos. En algunas zonas de riego los niveles del agua subterránea se han abatido decenas de metros, incrementándose el costo de extracción y, por lo tanto, de la producción de cultivos (Carabias y Landa, 2005: 63).

Según Arreguín Cortés *et al.* (2010: 60) “es necesario modernizar y tecnificar las zonas agrícolas; incentivar el reuso del agua; promover la reconversión de cultivos de acuerdo con la disponibilidad del recurso; ajustar las concesiones de riego a la disponibilidad de agua en la región; dar el mantenimiento adecuado a la infraestructura de riego, desde las presas hasta los puntos de entrega a los usuarios, y fortalecer a las organizaciones de usuarios”.

El desperdicio del agua por la agricultura es resultado de la ineficiencia en su manejo, y al uso agrícola del agua se le atribuye la contaminación difusa del recurso por el uso excesivo de agroquímicos y químicos para los cultivos y la cría industrial de animales (Pérez Espejo, 2012).

## *Uso industrial del agua y contaminación del recurso por este sector*

No se conoce con precisión la situación real de este sector debido a la precaria disponibilidad de información y a la incapacidad de las instituciones de los tres niveles de gobierno de mantener un sistema de monitoreo y supervisión de las industrias que les permita mantener actualizado el “Sistema Nacional de Información del Agua”. La información oficial en materia de agua e industria en México es confusa, no se publica en forma actualizada, es imprecisa y poco sistemática, es poco accesible y es poco usada por el propio aparato gubernamental (Aboites *et al.*, 2008; Jiménez Cisneros, 2007, citados por López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 179).

La cantidad y calidad de los registros disponibles en México se limitan a la poca y deficiente información oficial de la Conagua. No existe otra fuente de información disponible para valorar el estado que guarda el consumo de agua, la generación, tratamiento y reuso de aguas residuales industriales en México. No se dispone de información sobre el uso del agua en la industria de antes de la década de los noventa, ya que la disponibilidad de información está ligada a la publicación e implementación de la normatividad vigente, a saber: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Es importante mencionar que las crisis económicas recurrentes han afectado también, de manera significativa, los esquemas de monitoreo y la recopilación de información (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 180).

En México, el uso industrial del agua se integra primordialmente por la industria autoabastecida y las termoeléctricas. Los principales rubros de la industria autoabastecida son las industrias química, azucarera, petrolera, de celulosa y de papel, las cuales se abastecen de manera directa de ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Las termoeléctricas incluyen centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbo gas y de combustión interna. Un porcentaje de 76% del agua concesionada a termoeléctricas en el país corresponde a la planta carboeléctrica de

Petacalco, ubicada en las costas de Guerrero, muy cerca de la desembocadura del río Balsas (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 183).

La región con mayor volumen concesionado para la industria autoabastecida (incluye rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio) es la Golfo Centro, mientras que la región Pacífico Sur es la que cuenta con el menor volumen concesionado. En lo que se refiere al uso en termoeléctricas, la región del Río Balsas es la que posee el mayor volumen concesionado, mientras que en 2007 regiones como la Noroeste, la Pacífico Norte, la Pacífico Sur y la Frontera Sur no disponían de concesiones para dicho uso (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 184).

El estado de Veracruz presenta el mayor consumo de agua para la industria con 1,150.6 millones de m<sup>3</sup>. La principal actividad industrial responsable de este consumo es la producción de azúcar. Por otro lado, el estado de Guerrero tiene el mayor volumen concesionado para uso en termoeléctricas con 3,122.1 millones de m<sup>3</sup> por la presencia de la planta carboeléctrica de Petacalco (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 185).

Las industrias alimentarias, de la pulpa de papel, de textiles y de curtidos de pieles; las industrias química, farmacéutica y del petróleo; así como la industria metálica, las maderas y la industria manufacturera también se caracterizan por una alta demanda de agua. En México, las cuencas más contaminadas lo son por la industria. También existe poca información referente a cuánta contaminación genera cada tipo de industria sólo se dispone información global para toda la industria. Sin embargo, es claro que la industria textil, la alimentaria y la petrolera son las que más contribuyen a este problema (Jiménez Cisneros, 2006, citado por López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 182). Los ríos Grijalva y Coatzacoalcos reciben descargas de efluentes de la industria azucarera y petroquímica. Siguen en grado de contaminación la del Papaloapan, que recibe efluentes provenientes tanto de las industrias cerveceras y químicas como de destilerías y tenerías, y la del Pánuco, que capta desechos provenientes de la industria del petróleo. Otros problemas de calidad del agua se producen por la industria de generación de energía eléctrica (Jiménez Cisneros, 2006, citado por López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 182)

Como en otros países de América Latina y el Caribe, en México la aplicación de la normatividad relacionada con el control de la contaminación del agua industrial es muy débil, debido principalmente a la falta de capacidad para la inspección y el seguimiento de la ley, lo que a su vez se explica por la carencia de asignación de recursos económicos. En México la Ley establece que “quien contamina paga”. Sin embargo, este principio es insuficiente para controlar todos los problemas que generan las industrias debido a que: a) no previene el uso excesivo del agua; b) no tiende necesariamente a prevenir la contaminación, sino sólo a sancionarla una vez que se produce, y c) en general, el lapso de tiempo que ocurre entre la emisión del contaminante y los efectos observados es tan largo que es difícil identificar la fuente que lo originó. A esto debe agregarse que el control de las industrias que pertenecen al gobierno no se realiza en la práctica, como podría esperarse que ocurriría por la colusión entre autoridades y empresarios (Jiménez Cisneros, 2006, citado por López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 183).

En relación con el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria, en México se tomaron por primera vez medidas oficiales con la publicación, en 1971, de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPCCA). Esta ley estuvo vigente hasta 1982, cuando se publica la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA), cuya vigencia se prolongó hasta 1988. Con la publicación de estas leyes, en el periodo de 1971 a 1988 numerosas industrias incluyeron en su organigrama un área ambiental. Sin embargo, las crisis económicas recurrentes pospusieron muchas de sus buenas intenciones en materia medioambiental y las empresas terminaron por cerrar sus áreas ambientales (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 197). Con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988 y sus revisiones en 1996 y 2007, se impulsó nuevamente el tema medioambiental en la industria. Sin embargo, en general las empresas no crearon un área medioambiental especial, sino que la abrieron dentro o junto con áreas ya existentes como seguridad o higiene. Desafortunadamente, el personal a cargo del área ambiental con frecuencia no tiene capacitación formal en el área, lo que ha propiciado que la industria mexicana enfrente de manera recurrente problemas como los siguientes (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 198):

- a) Altos pagos por multas debido al incumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga.
- b) Problemas con las aguas provenientes de la operación de los sistemas de pre-tratamiento del agua.
- c) Incremento del costo del agua potable y del agua de pozo.
- d) Escasez de agua potable.
- e) Uso y manejo ineficiente del agua.
- f) Operación deficiente o nula de los sistemas de tratamiento.
- g) Reuso incipiente del agua residual.

Existen deficiencias importantes en la normatividad actual en cuanto a las sanciones por contaminar, y las políticas públicas no fomentan la reducción del consumo de agua, la minimización en la generación de aguas residuales, el reuso directo ni el tratamiento ni reciclaje desde una perspectiva integral. Por otro lado, la incapacidad estructural y funcional creada de los organismos competentes del gobierno a nivel federal, estatal y municipal para monitorear y supervisar los sistemas implementados por la industria para el manejo del agua y de las aguas residuales propician que no haya un avance significativo en la aplicación de las leyes y regulación ambiental, y en el cumplimiento de las mismas por la industria desde la publicación de la LFPCCA en 1971. Esto queda de manifiesto con el porcentaje tan bajo (15.8%) de tratamiento de las aguas residuales industriales y el bajo nivel de tratamiento que se les da las mismas. Esto desde luego se traduce en problemas severos de contaminación de los cuerpos de agua y bienes nacionales.

Entre los problemas más importantes para la aplicación de leyes, reglamentos y normas para mejorar el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria se pueden mencionar las siguientes (López Zavala y Flores Arriaga, 2010: 198-199):

- a) Las autoridades no tienen un diagnóstico detallado y preciso de cuántas empresas cuentan con un sistema bien establecido para el manejo del agua y de las aguas residuales y la situación que guardan dichos sistemas.

- b) No disponen de infraestructura ni recursos humanos para el monitoreo y supervisión de las empresas.
- c) No tienen recursos para establecer una red profesional de monitoreo y supervisión de la industria contaminante.
- d) Tienen estrategias equivocadas para el monitoreo y supervisión de la industria contaminante.
- e) Las sanciones y multas aplicadas a industrias contaminantes que no cumplen con las leyes y la normatividad son muy bajas, lo que favorece el pago recurrente como un mecanismo de “compra de derechos a contaminar”.
- f) No existe un modelo estratégico para incentivar a las empresas a aplicar y promover programas, acciones y proyectos para la producción más limpia.

Evidentemente, en este ambiente institucional la corrupción y el tráfico de influencias en la aplicación de leyes y normatividad promueven la inconsciencia e irresponsabilidad de los empresarios, al motivar que el interés económico para unos pocos impere sobre el interés medioambiental y los derechos humanos al agua y el medioambiente adecuado.

Es decir, predomina una actitud permisiva de las autoridades encargadas de vigilar la contaminación del agua, así como una desregulación ambiental que favorece dicha actitud.

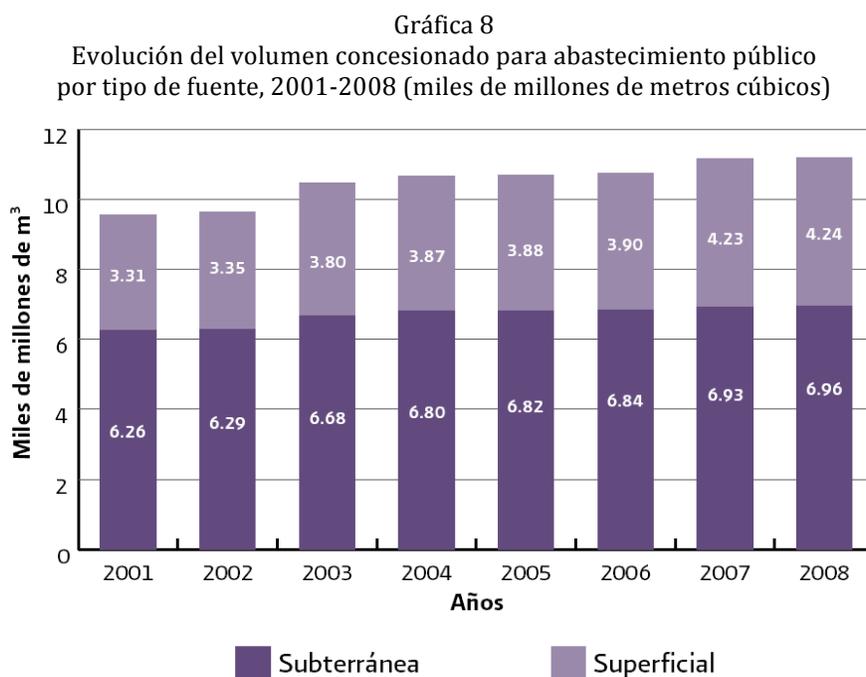
### *Abastecimiento público y contaminación doméstica urbana del recurso*

El abastecimiento público agrupa al uso público urbano y al doméstico. Incluye la totalidad del agua entregada a través de las redes de agua potable que abastecen a los usuarios domésticos (domicilios), así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes. En México, el servicio de agua potable, conjuntamente con los de drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales se encuentra a cargo de los municipios (Conagua, 2010: 67), como resultado de la reforma al artículo 115 constitucional aprobada en 1983. Después, la Conagua (creada en 1989) diseñó un nuevo esquema para la prestación de los servicios urbanos, los

llamados organismos operadores, “organismos descentralizados y autónomos de los gobiernos que pueden ser operados ya sea como empresas para-municipales o como empresas concesionarias privadas” (Pineda Pablos *et al.*, 2010: 118-119).

El abastecimiento público consume 37.5% (4.2 km<sup>3</sup>) del agua superficial y 62.5% (7 km<sup>3</sup>) del agua subterránea, por lo que el consumo total para este tipo de uso es de 11.2 km<sup>3</sup>. En el periodo 2001-2008 el agua superficial concesionada para este uso creció 28.1% y el agua subterránea 11.2% (ver gráfica 8) (Conagua, 2010: 61, 67). Los principales problemas que enfrenta este uso del agua son las fugas en la red de agua potable (ineficiencia física), que oscilan entre 30 y 50% (Ruelas Monjardín *et al.*, 2010: 250), el crecimiento demográfico (aproximadamente de 25% al año 2030), las deficiencias en la cobranza y en el establecimiento de las tarifas y la reducción significativa en la disponibilidad a causa del cambio climático.

Pineda Pablos *et al.* (2010: 117) plantean que con un manejo más eficiente, la mayoría de las ciudades podrían enfrentar el crecimiento demográfico con los volúmenes de agua de que actualmente disponen, y sólo aquellas ciudades que ya no puedan incrementar más sus eficiencias tendrían que acceder a nuevas fuentes de suministro.



NOTA: Incluye los usos público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.  
Fuente: CONAGUA, 2010, p. 68.

También consideran importante desarrollar sistemas de información continuos, regulares y confiables de los usos y consumos del agua. Como señalan Pineda Pablos *et al.* (2010: 127), un aspecto clave del desarrollo de la información es el conocimiento de las pérdidas del sistema:

Una de las primeras auditorías de pérdidas de agua en la red de las tuberías en México fue la efectuada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) de manera exploratoria, en 1998, en varias ciudades. Ahí se encontró que, en promedio, 17% de las tomas tenían fugas de agua y que en dichas fugas se perdía 25% del caudal de suministro. Algo notable de este estudio fue haber mostrado que la mayor incidencia de fugas estaba en las derivaciones que van hacia las viviendas (tomas domiciliarias). Esas fallas son resultado de años de tolerancia hacia deficientes calidades de materiales, mano de obra no especializada y mala supervisión en las obras (IMTA, 2007, citado por Pineda Pablos *et al.*, 2010: 128).

Un estudio del IMTA sobre las experiencias de la ciudad de Guanajuato y otras parecidas en otras ciudades del país demuestra que la mejora de eficiencias y el avance hacia la sustentabilidad del manejo del agua es un asunto complejo: no basta con reparar fugas, pues lo que se tapa por un lado sale por otro cuando aumentan las presiones y los flujos del agua en la red (IMTA, 2007, citado por Pineda Pablos *et al.*, 2010: 128). Lo que queda claro es que se requieren sistemas de información confiables y un manejo del agua más eficiente, mejorar la eficiencia física y la eficiencia comercial, las pérdidas del líquido son altas y las deficiencias en el cobro del servicio deben mejorarse (Pineda Pablos *et al.*, 2010: 136).

## CALIDAD DEL AGUA

### *Monitoreo gubernamental de la calidad del agua*

En México, los problemas de calidad del agua son severos y tienen un fuerte rezago en su atención comparados con los relativos a la cantidad y a la provisión de servicios a la población (Carabias y Landa, 2005: 73).

Las principales fuentes de contaminación del agua en México tienen su origen en la basura que se arroja a los sistemas de alcantarillado y a ríos y lagos; a las descargas de los centros urbanos y las industrias, y a las áreas agrícolas, principales responsables de la contaminación difusa en el país (Arreguín Cortés *et al.*, 2010: 60).

La Comisión Nacional del Agua, a través de su Red Nacional de Monitoreo (RNM), realiza la medición sistemática de la Calidad del Agua en los principales cuerpos de agua del país desde 1973 (Conagua, 2005: 63). La red de monitoreo del agua ha aumentado considerablemente durante los últimos años. En el año 2002 la Conagua contaba con 742 sitios de monitoreo, en 2004 con 964 sitios, en 2005 con 914, en 2006 con 1,026 y en 2007 con 1,014. En 2008, la Red Nacional de Monitoreo contaba con 1,186 sitios de supervisión distribuidos en todo el país, y para 2009 ya eran 1,510 (Conagua, 2010: 46; Conagua, 2011: 35).

El cuadro 6 muestra los sitios monitoreados por esta red en 2008 y 2009.

Cuadro 6  
Sitios de la Red Nacional de Monitoreo (2008, 2009)

<b>T2.15 Sitios de la Red Nacional de Monitoreo, 2008</b>			<b>T2.12 Sitios de la Red Nacional de Monitoreo, 2009</b>		
Red	Área	Sitios (número)	Red	Área	Sitios (número)
Red Primaria	Cuerpos superficiales	209	Red Primaria	Cuerpos superficiales	220
	Zonas costeras	48		Zonas costeras	78
	Aguas subterráneas	139		Aguas subterráneas	150
Red Secundaria	Cuerpos superficiales	244	Red Secundaria	Cuerpos superficiales	272
	Zonas costeras	23		Zonas costeras	23
	Aguas subterráneas	23		Aguas subterráneas	45
Estudios Especiales	Cuerpos superficiales	97	Estudios Especiales	Cuerpos superficiales	162
	Zonas costeras	47		Zonas costeras	53
	Aguas subterráneas	266		Aguas subterráneas	409
Red de Referencia de Agua Subterránea		90	Red de Referencia de Agua Subterránea		98
<b>TOTAL</b>		<b>1 186</b>	<b>Total</b>		<b>1 510</b>

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General Técnica.

Fuente: CONAGUA, 2010, p. 46.

Fuente: Conagua. Subdirección General Técnica. 2010.

Fuente: CONAGUA, 2011, p. 35.

De acuerdo con información de la Conagua, la evaluación de la calidad del agua en México se realiza con tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendedos Totales (SST) (Conagua, 2010: 46; Conagua, 2011: 36). Estos parámetros muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación de la calidad del agua por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable (Semarnat, 2010: en línea). La evaluación a partir de estos indicadores se empezó a realizar en el año 2003. Antes de este año la calidad del agua se evaluaba a partir del Índice de Calidad del Agua (ICA).<sup>34</sup>

La DBO5 se utiliza para determinar la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en los cuerpos de agua, proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal. La DQO determina la cantidad total de materia orgánica presente en los cuerpos de agua proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal. El aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos.

Los SST tienen su origen en las aguas residuales municipales y no municipales y la erosión del suelo (por ejemplo, por áreas con deforestación severa). El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática.

---

<sup>34</sup> El Índice de Calidad del Agua (ICA) es un sistema cualitativo que permite hacer comparaciones de niveles de contaminación en diferentes áreas. El ICA se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones. Éste índice consideró 18 parámetros para su cálculo con distintos pesos relativos (Wi), según la importancia que se le concedía a cada uno de ellos en la evaluación total. A lo largo de estas décadas, el crecimiento poblacional y principalmente el crecimiento industrial ha impactado los cuerpos de agua con sus descargas, las cuales vierten una serie de contaminantes tóxicos, tales como los metales pesados y los compuestos orgánicos, que no estaban considerados en el ICA, por lo que la evaluación que se hace actualmente con dicho índice es parcial y no necesariamente corresponde a la realidad (Semarnat, *Indicadores de calidad del agua [en línea]*, [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_AGUA05\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce) [consulta: 21 de junio de 2010]).

De acuerdo con Carabias y Landa (2005: 75), el uso de los parámetros demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO) no garantiza la adecuada evaluación de la calidad del agua para los usos requeridos. Y de acuerdo con Jiménez Cisneros *et al.* (2010: 267) hay además “una marcada centralización del seguimiento de la calidad del agua, que si bien aporta datos acerca de los efectos en las ciudades más pobladas y algunas zonas industrializadas, también conlleva a la falta de información en sitios alejados del centro, como algunos estados del norte y de las penínsulas de Baja California y Yucatán, al igual que en zonas económicamente marginadas como Guerrero, Oaxaca y Chiapas”. Por su parte, la Conagua ha señalado que los sitios con monitoreo de calidad del agua están ubicados en zonas con una alta influencia antropogénica.

Conforme a su concentración, los criterios que conforman la escala de clasificación de calidad del agua se muestran en el cuadro 7:

**Cuadro 7**  
**Escalas de clasificación de la calidad del agua**

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>		
<b>Criterio (mg/l)</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Color</b>
DBO <sub>5</sub> ≤ 3	<b>EXCELENTE.</b> No contaminada.	<b>AZUL</b>
3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6	<b>BUENA CALIDAD.</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.	<b>VERDE</b>
6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30	<b>ACEPTABLE.</b> Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	<b>AMARILLO</b>
30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120	<b>CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	<b>NARANJA</b>
DBO <sub>5</sub> > 120	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	<b>ROJO</b>
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>		
DQO ≤ 10	<b>EXCELENTE.</b> No contaminada.	<b>AZUL</b>
10 < DQO ≤ 20	<b>BUENA CALIDAD.</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.	<b>VERDE</b>
20 < DQO ≤ 40	<b>ACEPTABLE.</b> Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	<b>AMARILLO</b>
40 < DQO ≤ 200	<b>CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	<b>NARANJA</b>
DQO > 200	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	<b>ROJO</b>
<b>Sólidos Suspendedos Totales (SST)</b>		
SST ≤ 25	<b>EXCELENTE.</b> Clase de excepción, muy buena calidad.	<b>AZUL</b>
25 < SST ≤ 75	<b>BUENA CALIDAD.</b> Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.	<b>VERDE</b>
75 < SST ≤ 150	<b>ACEPTABLE.</b> Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido.	<b>AMARILLO</b>
150 < SST ≤ 400	<b>CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido.	<b>NARANJA</b>
SST > 400	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA.</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces.	<b>ROJO</b>

Fuente: CONAGUA, 2010, p. 47

De acuerdo con Mazari Hiriart *et al.* (2010: 298), los datos sobre la calidad del agua en México son imprecisos y poco sistemáticos. A lo largo del periodo 1990-2009

se han aplicado varios índices de calidad del agua (ICA).<sup>35</sup> En la actualidad, en lugar de un índice, se reportan sólo tres parámetros –Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales–, lo cual da una idea poco adecuada de la calidad del agua. En el país existen limitaciones financieras para medir los parámetros de calidad, que el ICA se base en menos parámetros implica un menor costo, pero es una visión incompleta de la calidad real del agua y de los sistemas de tratamiento que debieran usarse para mejorar la situación.

Con base en los parámetros DBO5, DQO y SST, que constituyen un ICA con un número de parámetros muy reducido, se consideran de tres a cinco categorías de calidad del agua: excelente, aceptable y contaminada en diversos grados (levemente a fuertemente contaminada). Estos intervalos han cambiado cinco veces durante la década de dos mil, por lo que los indicadores e índices no son comparables. Esto ocasiona que exista, por un lado, poca certidumbre en las interpretaciones sobre la calidad del agua y, por otro, poca posibilidad de seguimiento en casos de monitoreo (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 298).

### *Monitoreo de DBO5 en aguas superficiales*

De acuerdo al monitoreo de DBO5 que informa la Conagua, en el año 2003 la calidad del agua superficial fue 51.8% excelente, 12.9% de buena calidad, 15.7% de calidad aceptable, 14.3% contaminada y 5.3% fuertemente contaminada. En el año 2008 la calidad del agua superficial en México fue 40.6% excelente, 25.3% de buena calidad, 20.5% aceptable, 9.5% contaminada y 4.1% fuertemente contaminada (Conagua, 2005: 65; Conagua, 2010: 49). Es decir, en el periodo de 2003 a 2008, el agua de calidad excelente disminuyó de 51.8% a 40.6%, según el monitoreo del indicador de DBO5; la de buena calidad pasó de 12.9% a 25.3%; la de calidad aceptable pasó de

---

<sup>35</sup> En el pasado los índices de calidad del agua (ICA) “se basaban en 15 parámetros: oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, sólidos suspendidos, coliformes totales, coliformes fecales, nitratos, amonio, fosfato, fenoles, temperatura, alcalinidad, dureza y cloruros. A cada uno de estos parámetros se le asignaba un peso específico y se obtenía una media geométrica para posteriormente asignarle una calificación de 0 a 100, de acuerdo con la concentración o densidad de cada medición (Leon Vizcaino, 1991, citado por Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 298).

15.7% a 20.5%; la contaminada de 14.3 a 9.5%, y la fuertemente contaminada de 5.3 a 4.1 por ciento (ver cuadro 8).

CUADRO 8 Distribución porcentual de los sitios de monitoreo de la calidad del agua superficial, con base en los parámetros de: DBO5, DQO y SST a nivel nacional (2003 a 2008)																		
Año	Total (%)			Excelente (a)			Buena calidad (b)			Aceptable (c)			Contaminada (d)			Fuertemente contaminada (e)		
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST
2003	100	100	100	51.8	28.8	44.4	12.9	21.4	28.7	15.7	18.4	16.5	14.3	20.4	7.7	5.3	11	2.7
2004	100	100	100	41.3	23.9	45.3	21.8	18.5	29.6	21.3	19.6	13.1	10.3	26.2	7.6	5.3	11.8	4.4
2005	100	100	100	42.2	25.6	49.4	21.6	16.9	32	19.2	18.1	11.9	12.4	28.3	5.3	4.6	11.1	1.4
2006	100	100	100	40.4	19.5	45.3	25.3	18.9	33	17.6	23.8	14	11.3	26.8	5.4	5.4	11	2.3
2007	100	100	100	38.2	21.9	35.9	30.2	23.7	41.5	17.6	21.9	14.6	9.4	22.4	5.8	4.6	10.1	2.2
2008	100	100	100	40.6	23.3	42.3	25.3	22.2	33.1	20.5	22.9	15.5	9.5	23.7	6.8	4.1	7.9	2.3

NOTA:  
 DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días.  
 DQO: Demanda Química de Oxígeno.  
 SST: Sólidos Suspendidos Totales.

(a) Para DBO5: Menor o igual a 3 mg/l; y para DQO: Menor o igual a 10 mg/l; y para SST: Menor o igual a 25 mg/l. No contaminada.  
 (b) Para DBO5: Mayor a 3mg/l y menor o igual a 6 mg/l; y para DQO: Mayor a 10 mg/l o igual a 20 mg/l; y para SST: Mayor a 25 y menor o igual a 75 mg/l. Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable para DQO.  
 (c) Para DBO5: Mayor de 6mg/l y menor o igual a 30 mg/l; y para DQO: Mayor de 20 mg/l y menor o igual a 40 mg/l; y para SST: Mayor a 75 y menor o igual a 150 mg/l. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.  
 (d) Para DBO5: Mayor de 30mg/l y menor o igual a 120 mg/l; y para DQO: Mayor de 40mg/l y menor o igual a 200 mg/l; y para SST: Mayor a 150 y menor o igual a 400 mg/l. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.  
 (e) Para DBO5: Mayor a 120 mg/l; y para DQO: Mayor de 200mg/l; y para SST: Mayor a 400 mg/l. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fecha de actualización: Viernes 23 de julio de 2010.

Fuente: INEGI, *Medio ambiente. Agua* [en línea], <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385> [consulta: 5 de julio de 2011].

Sin embargo, al nivel de Regiones Hidrológico-Administrativas la distribución de la calidad del agua es más diferenciada. Así, en el periodo de 2003 a 2008, como expresión de la disminución a nivel nacional (51.8 a 40.6%), el agua de calidad excelente, según el parámetro DBO5, disminuyó en siete de las 13 regiones hidrológicas del país: I Península de Baja California (43.7 a 25%), II Noroeste (80 a 60%), III Pacífico Norte (70 a 68.3%), VI Río Bravo (69.2 a 23.9%), VII Cuencas Centrales del Norte (90 a 85.7%), XI Frontera Sur (71.9 a 21.8%) y X Golfo Centro (62.2 a 0%); aumentó en cuatro de ellas: IV Balsas (28.2 a 32.7%), VIII Lerma-Santiago-Pacífico (30.1 a 40.4%), IX Golfo Norte (66.6 a 80.5%) y XII Península de Yucatán (91.7 a 100%); en la región XIII Aguas del Valle de México se mantuvo el

mismo porcentaje (4 a 4%); y en la V Pacífico Sur no hay datos disponibles para 2003 y en 2008 es de 0 por ciento.

Según Arreguín Cortés *et al.* (2010: 60), la demanda bioquímica de oxígeno es un indicador de contaminación de origen municipal y doméstico, y las regiones más contaminadas de acuerdo con este indicador son Valle de México, Golfo Norte, Lerma-Santiago-Pacífico y algunos sitios de Golfo Centro.

### *Monitoreo del DQO en aguas superficiales*

De acuerdo al monitoreo del DQO en 2003 y 2008, la calidad *excelente* del agua superficial en México pasó de 28.8 a 23.3%; la de buena calidad de 21.4 a 22.2%; la de calidad aceptable de 18.4 a 22.9%; la de calidad contaminada pasó de 20.4 a 23.7%; y la fuertemente contaminada de 11 a 7.9 por ciento (ver cuadro 8). Según Jiménez Cisneros *et al.* (2010: 269), estos valores muestran un limitado avance en el control de la contaminación.

Por regiones hidrológico-administrativas, en el periodo de 2003 a 2008, ocho de las 13 regiones con calidad del agua excelente, según el monitoreo de DQO, redujeron su porcentaje: III Pacífico Norte (33.3 a 18.7%), VI Río Bravo (34.6 a 32.8%), VII Cuencas Centrales del Norte (29.4 a 14.3%), VIII Lerma-Santiago-Pacífico (10 a 1.3%), IX Golfo Norte (53.3 a 50.9%), XI Frontera Sur (66.6 a 31.2%), XII Península de Yucatán (79.9 a 64.3%) y XIII Aguas del Valle de México (6.2 a 4%); tres regiones aumentaron su porcentaje de calidad excelente: IV Balsas (10.7 a 15.5%), V Pacífico Sur (20 a 71.4%) y X Golfo Centro (33.3 a 44.1%); la región I Península de Baja California se mantuvo con el mismo porcentaje (12.4%) y la región II Noroeste pasó de datos no disponibles en 2003 a 28.5% en 2008.

De acuerdo con Arreguín Cortés *et al.* (2010: 60-61), la demanda química de oxígeno es un indicador que normalmente se asocia a la contaminación por descargas industriales, y el mismo muestra que las regiones del Valle de México, Lerma-Santiago-Pacífico, Balsas y Golfo Centro son las que mayores niveles de contaminación presentan.

## *Monitoreo de los SST en aguas Superficiales*

De acuerdo al monitoreo de los sólidos suspendidos totales (SST), en el periodo de 2003 a 2008 la calidad excelente de aguas superficiales se redujo de 44.4 a 42.3%; la de buena calidad aumentó de 28.7 a 33.1%; la de calidad aceptable disminuyó de 16.5 a 15.5%; la contaminada disminuyó de 7.7 a 6.8%; y la fuertemente contaminada disminuyó de 2.7 a 2.3 por ciento.

Para el año 2008, según el monitoreo de los sólidos suspendidos totales (SST), 42.3% del agua superficial del país es excelente; 33.1% es de buena calidad; 15.5% es aceptable; 6.8% está contaminada, y 2.3% está fuertemente contaminada (Conagua, 2010: 53).

No contamos con información sobre SST por región hidrológico-administrativa para el año 2003. Las regiones hidrológico-administrativas con los porcentajes más altos de *excelente* calidad del agua para el año 2008, según el monitoreo de los SST, son: XII Península de Yucatán (100%), X Golfo Centro (75%), VI Río Bravo (65%) y IX Golfo norte (63.5%) (Conagua, 2010: 53).

Por región hidrológico-administrativa, las regiones con agua *contaminada* para el año 2008 son: XIII Aguas del Valle de México (36%), II Noroeste (10.7%), XI Frontera Sur (9.4%), IV Balsas (8.6%), VIII Lerma Santiago Pacífico (7.9%), V Pacífico Sur (6.7%), IX Golfo Norte (5.8%), X Golfo Centro (3.8%) y I Península de Baja California (3.4%) (Conagua, 2010: 53).

Asimismo, las regiones con agua *fuertemente contaminada* para el año 2008, de acuerdo al monitoreo de los SST, son: IV Balsas (8.6%), V Pacífico Sur (6.7%), VII Cuencas centrales del norte (4.8%), XIII Aguas del Valle de México (4%), II Noroeste (3.6%), VIII Lerma Santiago Pacífico (1.9%) y VI Río Bravo (1.6%) (Conagua, 2010: 53).

Según Arreguín Cortés *et al.* (2010, p. 61), la medición de los SST indica problemas en las zonas costeras desde Colima a Guerrero, sur de Veracruz y Tabasco, y regiones de los ríos Santiago, Lerma, Bravo y Soto La Marina.

## *Cuencas y cuerpos de agua fuertemente contaminados*

De acuerdo a los resultados de la evaluación de la calidad del agua conforme a estos tres indicadores (DBO5, DQO, SST), la Conagua determinó que 19 cuencas del país estaban fuertemente contaminadas en algún indicador, en dos de ellos o en todos en el año 2008 (ver cuadro 10), y para 2009 ya eran 21 (Conagua, 2010: 52; Conagua, 2011: 36, 40).

Mientras que para el año 2003, de acuerdo con los resultados de la evaluación de la calidad del agua con base en el ICA, a diciembre del año 2002 había 13 cuencas con los cuerpos de agua más contaminados (ver cuadro 9) (Conagua, 2003: 35):

Es decir, que según la información oficial, en el lapso de 2003 a 2008 aumentaron de 13 a 19 el número de cuencas fuertemente contaminadas en el país, dicho aumento corresponde a las regiones IV Balsas (pasó de una a cuatro) y a la región VIII Lerma-Santiago-Pacífico (que pasó de cinco a ocho); mientras que para el año 2009 ya eran 21, cuando se incluyeron los ríos Yaqui y Mayo, de la Región II Noroeste (ver cuadros 9 y 10, y mapa 13).

Aunque de acuerdo a Pérez Espejo (2012: 27), “ríos muy importantes, como el Conchos, que se usa de manera intensiva como receptor de descargas agrícolas sólo tiene un punto de monitoreo”.

Cuadro 9  
Cuerpos de agua altamente contaminados en México (diciembre de 2002)

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

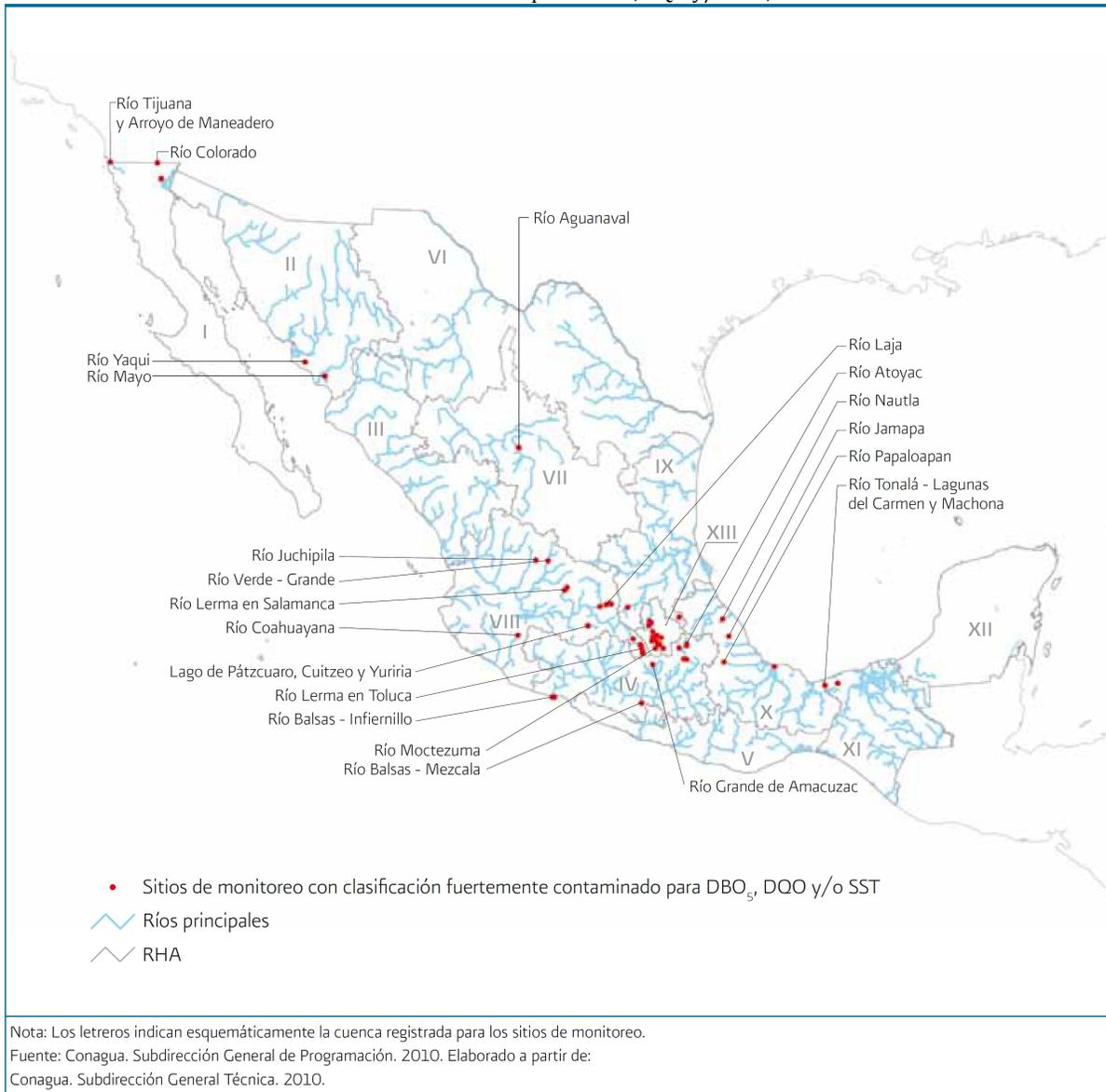
Fuente: CONAGUA (2003: 35).

**Cuadro 10**  
**Cuencas y cuerpos de agua fuertemente contaminados en México (2008)**

Región Hidrológico-Administrativa		Cuencas o subsueltas	Cuerpos de agua con sitios de monitoreo fuertemente contaminados
I	Península de Baja California	Río Tijuana - Arroyo de Maneadero	Río Tijuana
		Río Colorado	Río Nuevo
IV	Balsas	Río Atoyac	Río Alseseca
			Río Atoyac
			Río Zahuapan
		Río Balsas – Infiernillo	Estuario del río Balsas
		Río Balsas – Mezcala	Río Balsas - Mezcala
			Río Iguala
Río Grande de Amacuzac	Arroyo Salado		
	Río Cautla		
V	Pacífico Sur	Río Atoyac	Río Verde
VI	Río Bravo	Río Bravo – Ojinaga	Río Bravo
VII	Cuencas Centrales del Norte	Río Aguanaval	Río Aguanaval
VIII	Lerma Santiago Pacífico	Río Coahuayana	Río Tamazula
		L. de Pátzcuaro – Cuitzeo y L. de Yuriria	Lago de Cuitzeo
		Río Verde - Grande	Río Aguascalientes
			Río San Juan de los Lagos
			Río Verde
		Río Lerma - Salamanca	Río Turbio
		Río Lerma - Toluca	Laguna de Almoloya del Río
			Río Lerma
		Arroyo Mezapa	
		Río Armería	Río Tuxcacuesco
Río La Laja	Río La Laja		
Río Santiago - Guadalajara	Río Santiago		
IX	Golfo Norte	Río Moctezuma	Río San Juan del Río
X	Golfo Centro	Río Nautla y Otros	Arroyo El Diamante
XIII	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	Río Moctezuma	Río Churubusco
			Río de las Avenidas
			Río de los Remedios
			Río San Juan Teotihuacan
			Río de la Compañía
			Río San Buenaventura
			Presa derivadora Tlamaco - Juandho

Fuente: CONAGUA (2010: 54).

**Cuadro 13**  
**Cuencas con sitios de monitoreo con clasificación**  
**fuertemente contaminados para DBO<sub>5</sub>, DQO y/o SST, 2009**



Fuente: Conagua, 2011: 40.

Mientras que Carabias y Landa señalan que “Las cuencas que destacan por sus altos índices de contaminación son la del Lerma-Santiago, Balsas y Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala” (CNA, 2003 y 2004a, citados por Carabias y Landa, 2005: 33).

## *Consideraciones sobre la contaminación en aguas superficiales y subterráneas*

En relación con los problemas de la calidad del agua en los ríos y las cuencas más contaminados, Jiménez Cisneros *et al.* (2010: 270) señalan que en 22 años (1985 a 2006) los problemas de contaminación se han mantenido prácticamente en los mismos sitios –aun con el uso de dos sistemas diferentes para la medición de la calidad del agua (ICA y DQO)–, y a partir de 1998 se sumaron algunas cuencas de la región norte a los sitios existentes.

Asimismo, la información federal respecto de la calidad del agua de los lagos y presas es sumamente escasa y a veces contrasta con la reportada por los investigadores. Además, el modo como se evalúa la calidad del agua impide visualizar otros problemas de contaminación, por ejemplo, en el caso de la presencia de arsénico en las presas de la Comarca Lagunera (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 270-271).

Para el caso del agua subterránea, los datos acerca de su cantidad y calidad son todavía más limitados que para el agua superficial.

La calidad del agua de acuíferos se deteriora por la sobreexplotación [sobreutilización] y las descargas de contaminantes. Estas descargas pueden ocurrir no sólo por el vertido de aguas residuales al suelo o directamente en los mantos freáticos, sino también por fuentes difusas, como son los lixiviados provenientes de los numerosos basureros lícitos mal diseñados o clandestinos a lo largo del país (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 271-272).

Se ha detectado que 80% de los acuíferos contienen agua de buena calidad, y se han identificado 40 acuíferos con cierta degradación en su calidad por actividades antropogénicas o por causas de origen natural (CNA, 2001, citado en Carabias y Landa, 2005: 74). Uno de los principales problemas producidos por la sobreutilización de acuíferos es la intrusión salina, que ocurre por la introducción del agua de mar en acuíferos costeros o por el lavado de suelos salinos en zonas áridas y semiáridas. “Actualmente, existen 17 acuíferos afectados por este problema, en magnitudes

crecientes, en los estados de Baja California, Veracruz, Sonora, Baja California Sur y Colima, y 16 más en la zona norte del país” (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 272).

Otro problema de calidad que resulta de la sobreutilización de acuíferos, y que tiene efectos severos en la salud, es la concentración de manera natural o artificial de flúor y arsénico. La Conagua (2005) ha reportado la presencia de arsénico en la región de la Comarca Lagunera (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 272).

Desde 1997 existe abundante evidencia de contaminación por arsénico en el acuífero de Zimapán, Hidalgo, en valores que exceden cinco veces los límites máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud y la normatividad mexicana (Armienta *et al.*, 1997); por otro lado, la presencia de este mineral ha sido detectada en acuíferos del valle del Guadiana, en Durango (Alarcón-Herrera *et al.*, 2001), y 17 municipios de la región de los Altos de Jalisco (Hurtado Jiménez *et al.*, 2006). Diversas universidades han encontrado elevadas concentraciones de flúor (>1.5 mg/L) en acuíferos de San Luis Potosí, Durango, Aguascalientes y Chihuahua (Díaz Barriga *et al.*, 1997; Alarcón Herrera *et al.*, 2001; Bonilla Petriciolet *et al.*, 2002, y Dozal *et al.*, 2005). Por otra parte, en el acuífero de la zona norte de Guanajuato ha sido encontrado cromo hexavalente, proveniente tanto de fuentes naturales como antropogénicas (Armienta *et al.*, 1993) (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 272).

La presencia de arsénico también ha sido detectada en la Cuenca del Río Apatlaco, en Morelos.

Además de lo anterior, la sobreutilización de acuíferos en zonas urbanas contribuye a la aspiración del agua residual de las redes de drenaje (Jiménez, 2008, citado por Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 272), aunque de ello hay poca información.

Datos reportados por la Conagua en 2006 muestran que existe infiltración de aguas residuales en ocho acuíferos del centro del país y uno en la península de Yucatán. Lo anterior se ha visto reflejado en un contenido de nitrógeno amoniacal y nitratos que excede el límite máximo permitido por la norma de agua potable en los acuíferos de Mérida, Tlaxcala y el Valle de Tula, en Hidalgo (Muñoz *et al.*, 2004; Graniel *et al.*, 1999, y Jiménez *et al.*, 2007); incluso existe evidencia de contaminación fecal en

mantos freáticos de Tula y la zona sur de la ciudad de México (Gallegos *et al.*, 1999 y Ryan, 1989, citados por Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 272).

Al igual que para las aguas superficiales, los problemas de contaminación en los acuíferos se han mantenido en las mismas regiones por casi 25 años; además de que se observa también el incremento en el número de acuíferos contaminados así como sobreutilizados. “A pesar de lo preocupante de estos problemas, las Estadísticas del Agua en su versión de 2008 [así como la de 2011], no reportan los datos correspondientes de calidad sino únicamente información acerca del tema de la salinidad” (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 273).

### *Saneamiento de la contaminación urbana, industrial y agrícola del agua*

En México, un volumen considerable de aguas residuales es vertido sin previo tratamiento contaminando el suelo y las aguas superficiales, tanto en zonas urbanas como rurales, creando un riesgo obvio para la salud humana y el medio ambiente (Conagua, 2010b: 44).

Por lo que la contaminación de las fuentes de agua proviene de la inadecuada disposición de las aguas residuales y residuos sólidos. Las descargas de aguas residuales en el país han aumentado como resultado del crecimiento poblacional e industrial, y la Conagua se ha enfocado en promover más el saneamiento de las fuentes puntuales de origen municipal.

De acuerdo a la manera como entran en el ambiente, las descargas de aguas residuales se clasifican en puntuales y difusas. Las primeras pueden ser de origen municipal o industrial (lo que la Conagua llama “no municipal”), mientras que las segundas son de naturaleza muy variada. “Algunos ejemplos de descargas difusas son el drenaje agrícola, la escorrentía proveniente de campos agrícolas o de pastoreo, la escorrentía pluvial, las fugas en tuberías que transportan combustibles o en gasolineras y las fugas en la red de alcantarillado” (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 281-282).

La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. A finales del año 2001, más de 70% de los cuerpos de agua del país presentaban algún indicio de contaminación (CNA, 2003 y 2004a, citados por Carabias y Landa, 2005: 33).

El propósito de tratar las aguas residuales es evitar la contaminación de los cuerpos de agua nacionales a los que son vertidas o bien reusar el agua. Sin embargo, si los procesos de tratamiento son deficientes, se incrementa la probabilidad de encontrar microorganismos como virus, algunas bacterias, protozoarios y huevos de helminto, que son tolerantes a los procesos de tratamiento de aguas residuales y que constituyen un riesgo para la salud pública una vez que las aguas son descargadas desde las plantas de tratamiento (Maier *et al.*, 2009, citados por Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 303).

Es importante señalar que el énfasis de las autoridades en el tratamiento deja de lado la necesidad de reforzar la legislación y las políticas de prevención para evitar la contaminación en vez de promover únicamente la construcción de plantas de tratamiento.

De acuerdo a su origen, las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales urbanos y rurales, en tanto que las segundas son aquellas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional, como es el caso de la industria autoabastecida.

De acuerdo con Aldama Rodríguez (2004: 17), de un universo regularizable de 403,600 usuarios de aguas nacionales, al mes de abril del año 2000 se había regularizado el 98 por ciento aproximadamente. Sin embargo, de un universo de 163,500 descargas de aguas residuales, se había regularizado sólo el 2 por ciento.

Según las estadísticas del agua de 2003 (Conagua, 2003: 36, 62, 64), a diciembre de 2001 los centros urbanos generaron 7.95 km<sup>3</sup> de aguas residuales municipales (252 m<sup>3</sup>/s), de los cuales se recolectaron en alcantarillado 6.37 km<sup>3</sup> (202 m<sup>3</sup>/s) y se trataron 50.8 m<sup>3</sup>/s (20.2% del total generado y 25.1% del total

recolectado). Asimismo, estas aguas residuales municipales generaron 2.10 millones de toneladas de DBO, de las cuales se recolectaron en alcantarillado 1.60 millones de toneladas de DBO, de las que a su vez se removieron en los sistemas de tratamiento 0.42 millones de toneladas de DBO (20% del total generado y 26.3% del total recolectado). Mientras que la industria generó 5.39 km<sup>3</sup> de aguas residuales (171 m<sup>3</sup>/s), de los cuales se trataron 25.4 m<sup>3</sup>/s (14.8% del total generado), los que a su vez generaron 6.18 millones de toneladas de DBO, de las que se removieron en los sistemas de tratamiento 1.10 millones de toneladas de DBO (17.8 por ciento).

Para el año 2008, de acuerdo con la Conagua (2010: 110; 2011: 73), los centros urbanos generaron 7.44 km<sup>3</sup>/año de aguas residuales municipales (235.8 m<sup>3</sup>/s), de los cuales se recolectaron en alcantarillado 6.56 km<sup>3</sup>/año (208 m<sup>3</sup>/s) y se trataron 2.64 km<sup>3</sup>/año (83.64 m<sup>3</sup>/s) (35.5% del total generado y 40.2% del total recolectado). Esta cantidad de aguas residuales generó 2.01 millones de toneladas de DBO<sub>5</sub> al año, de las cuales se recolectaron en alcantarillado 1.77 millones de toneladas de DBO<sub>5</sub> al año y se removieron en los sistemas de tratamiento 0.58 millones de toneladas de DBO<sub>5</sub> al año (28.9% del total generado y 32.8% del total recolectado).

Mientras que para el mismo año 2008, la industria generó 6.01 km<sup>3</sup>/año de aguas residuales (190.4 m<sup>3</sup>/s), de las cuales se trataron 1.07 km<sup>3</sup>/año (33.7 m<sup>3</sup>/s) (17.7% del total generado). Esta cantidad de aguas residuales generaron 7 millones de toneladas de DBO<sub>5</sub> al año, de las cuales se removieron en los sistemas de tratamiento 1.15 millones de toneladas de DBO<sub>5</sub> al año (16.4% del total generado) (Conagua, 2010: 110; Conagua, 2011: 73).

Por lo que del total de aguas residuales municipales generadas en 2008 sólo 35% recibe tratamiento, en tanto que de las aguas residuales industriales, el porcentaje de tratamiento es 18% (Conagua, 2010: 110). En el año 2008, las 1,833 plantas *de tratamiento de aguas residuales municipales* en operación del país trataron 83.6 m<sup>3</sup>/s, es decir, 40% de los 208 m<sup>3</sup>/s recolectados en los sistemas de alcantarillado (Conagua, 2010: 111-113). Mientras que, en el mismo año, 2,082 plantas *de tratamiento de aguas residuales industriales* en operación a nivel nacional trataron 33.8 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales industriales (17.7% del total generado) (Conagua, 2010: 114-115).

Resalta el hecho de que la industria lleve a cabo el tratamiento de un porcentaje menor de las aguas residuales (contaminación) que genera en comparación con las urbanas y que además, aunque aparentemente genera menos aguas residuales que las ciudades, la magnitud de la contaminación del agua que provoca es mayor que la urbana de acuerdo al indicador DBO5.

Durante el periodo 1985-2007 se observa un incremento de 34% en el caudal de aguas residuales municipales, el cual se debe al crecimiento poblacional correspondiente a ese periodo, que fue de 58.2 a 103.5 millones de habitantes.

El volumen de aguas residuales de las fuentes industriales se triplicó entre 1992 y 1996, y a partir de este año permanece sin importantes variaciones..., los datos de descargas difusas de origen agrícola, ocasionalmente reportados, muestran que en 1999 representaban cerca del triple del volumen descargado por los municipios (Jiménez, 2005, citado por Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 282).

La cobertura de alcantarillado sigue siendo limitada (86%) y sólo existe infraestructura de tratamiento para 32.6% del agua colectada. “Además, no toda el agua que es tratada cumple con la normatividad correspondiente. Algunos reportes aislados indican que en 1999, cuando el caudal tratado era de 44 m<sup>3</sup>/s, 5% del agua tratada cumplía con la norma” (Aboites *et al.*, 2008, citado por Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 283). Es importante mencionar que en el año 2007, para tratar 243 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales domésticas, se contaba con 1,712 plantas de tratamiento en el país, las cuales operaban a 74% de su capacidad instalada (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 283).

Respecto de las descargas industriales, la cobertura de tratamiento es de 15.8% del total que se genera, a pesar de que la infraestructura de depuración ha crecido considerablemente, ya que el número de plantas depuradoras se triplicó entre 1989 y 1999 e incrementó 47% entre 1999 y 2007. El caudal de agua residual no municipal tratada se ha mantenido relativamente constante entre 30 y 40 m<sup>3</sup>/s, y sólo 7% del total de agua residual producida por la industria (13 m<sup>3</sup>/s) cumple con la normatividad vigente (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 283).

De acuerdo con la Conagua (2010b: 46), la cobertura de tratamiento de las aguas residuales municipales se incrementó de 45.9 m<sup>3</sup>/s (23% del total colectado) en el año 2000, a 88.1 m<sup>3</sup>/s (42.1% del total colectado) en el año 2009 (ver cuadro 11). Mientras que el número de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales se incrementó de 394 en 1992 a 793 en el año 2000 y a 2029 en el año 2009 (ver cuadro 12). En el cuadro 12 se aprecia que la capacidad instalada de las plantas de tratamiento para los años reportados es siempre mayor al caudal realmente tratado, por ejemplo: 48,172 l/s de capacidad instalada y 32,905 l/s de caudal tratado en 1995; 68,970 l/s de capacidad instalada y 45,927 l/s de caudal tratado en el año 2000; y 120,861 l/s de capacidad instalada y 88,127 l/s de caudal tratado en el año 2009.

Cuadro 11  
Evolución en la cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales en México (2000-2009)

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Incremento de caudal (m <sup>3</sup> /s)		4.9	5.3	4.1	4.3	7.3	2.6	4.9	4.3	4.5
Acumulado (m <sup>3</sup> /s)	45.9	50.8	56.1	60.2	64.5	71.8	74.4	79.3	83.6	88.1
Agua residual colectada (m <sup>3</sup> /s)	200.0	202.0	203.0	203.0	205.0	205.0	206.0	207.0	208.0	209.0
Porcentaje	23.0	25.2	27.7	29.7	31.5	35.0	36.1	38.3	40.2	42.1

Fuente: Conagua, 2010b, p. 46.

Cuadro 12  
Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales  
en operación en México (1992-2009)

Año	Plantas en operación		
	N° de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)
1992	394	ND	30 554
1993	454	ND	30 726
1994	461	ND	32 065
1995	469	48 172	32 905
1996	595	51 696	33 745
1997	639	57 402	39 389
1998	727	58 560	40 855
1999	777	61 559	42 397
2000	793	68 970	45 927
2001	938	73 853	50 810
2002	1 077	79 735	56 148
2003	1 182	84 331	60 243
2004	1 300	88 718	64 542
2005	1 433	95 774	71 785
2006	1 593	99 764	74 388
2007	1 710	106 267	79 388
2008	1 833	113 024	83 640
<b>2009</b>	<b>2 029</b>	<b>120 861</b>	<b>88 127</b>

Fuente: Conagua, 2010b, p. 47.

Por entidad federativa, los estados con el mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el año 2009 son: Durango (174), Sinaloa (162), Chihuahua (140), Jalisco (122), Aguascalientes (117), Veracruz (105), Sonora (83), México (78), Querétaro (75), Tabasco (73) y Puebla (72). Estos 11 estados reúnen 59.2% del total de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el año 2009, así como 46.4% de la población total del país (49.6 millones de personas). El hecho de que cuenten con el mayor número de plantas de tratamiento no necesariamente coincide con que cuenten con los más altos

porcentajes de cobertura de tratamiento, por ejemplo, el estado de Jalisco ocupa el cuarto lugar en cuanto a número de plantas pero sólo trata 24.1% de sus aguas residuales municipales. Mientras que en cobertura de tratamiento, 18 estados están por arriba del promedio nacional (42.1%) del año 2009, de los cuales nueve tienen la mayor cobertura: Aguascalientes (100%), Baja California (100%), Nuevo León (100%), Guerrero (72.5%), Chihuahua (71.6%), Nayarit (70.3%), Sinaloa (69.4%), Quintana Roo (69.2%) y Durango 67.7%). Estos nueve estados reúnen un total de 21.7 millones de habitantes (20.3% del total nacional) y los 18 estados que están por arriba del promedio nacional de cobertura de tratamiento reúnen un total de 46.4 millones de habitantes (43.4% del total nacional). Resalta el hecho de que en este grupo de estados no aparecen los más habitados del país, a saber: Estado de México, Distrito Federal, Veracruz y Jalisco, que en conjunto reúnen 37.8 millones de habitantes (35.3% de la población total nacional) (ver cuadro 13).

Cuadro 13  
Caudal de aguas residuales municipales tratadas en plantas  
de tratamiento por entidad federativa (2009)

Entidad federativa	En operación			
	N° de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cobertura de tratamiento %
Aguascalientes	117	4 099.5	3 354.2	100.0
Baja California	31	7 233.6	5 620.0	100.0
Baja California Sur	23	1 447.5	1 062.8	58.9
Campeche	21	140.5	97.3	6.1
Chiapas	28	1 417.1	969.4	21.1
Chihuahua	140	9 000.4	5 937.3	71.6
Coahuila de Zaragoza	23	5 206.5	4 026.0	49.8
Colima	69	1 592.8	1 145.9	43.9
Distrito Federal	28	6 770.5	3 329.8	14.4
Durango	174	4 156.9	3 208.1	67.7
Guanajuato	60	5 875.4	4 415.6	53.6
Guerrero	47	3 501.0	2 694.5	72.5
Hidalgo	12	329.5	289.2	7.7
Jalisco	122	4 201.6	3 530.3	24.1
México	78	7 090.2	5 190.3	22.2
Michoacán de Ocampo	25	3 583.0	2 793.1	30.4
Morelos	38	1 905.2	1 366.1	20.4
Nayarit	63	2 293.6	1 428.4	70.3
Nuevo León	61	13 249.0	10 877.2	100.0
Oaxaca	66	1 510.3	986.1	44.1
Puebla	72	3 152.2	2 545.3	44.8
Querétaro de Arteaga	75	1 202.0	800.5	26.5
Quintana Roo	31	2 211.5	1 725.2	69.2
San Luis Potosí	30	2 333.7	1 906.2	63.0
Sinaloa	162	5 497.4	4 574.3	69.4
Sonora	83	4 672.2	2 826.4	36.7
Tabasco	73	1 930.0	1 396.5	19.5
Tamaulipas	42	6 113.9	4 320.7	64.8
Tlaxcala	55	1 295.9	890.6	58.4
Veracruz de Ignacio de la Llave	105	6 799.9	4 093.3	32.9
Yucatán	20	300.6	82.0	2.4
Zacatecas	55	747.5	644.6	16.1
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>2 029</b>	<b>120 860.9</b>	<b>88 127.1</b>	<b>42.1</b>

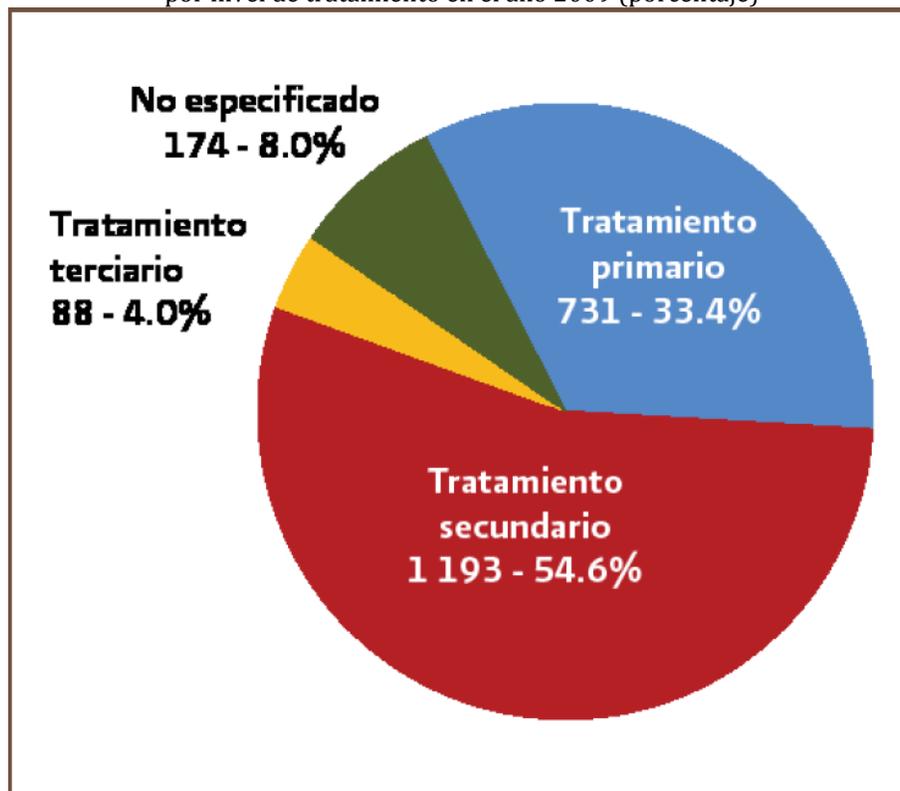
Fuente: Conagua, 2010b, p. 48.

En lo que respecta al caudal tratado en el año 2009, en orden de mayor a menor, la mayor cantidad la tienen los siguientes estados: Nuevo León, Chihuahua, Baja California, México, Sinaloa, Guanajuato, Tamaulipas, Veracruz, Coahuila, Jalisco, Aguascalientes, Distrito Federal y Durango, que en conjunto realizan el tratamiento de 62,477.1 l/s de aguas residuales municipales (70.9% del total) y cuentan con una población de 64.9 millones de personas (60.7% del total nacional). En este caso ya aparecen los estados más habitados del país: México, Distrito Federal, Veracruz y Jalisco (ver cuadro 13).

En relación con las aguas residuales industriales, la Conagua (2010b: 52) reporta que durante 2009 se actualizó el inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales; señala también que en el inventario no se registran las plantas de tratamiento de hoteles, centros comerciales, hospitales, unidades habitacionales y escuelas. Dicho inventario registra 2,256 plantas de tratamiento, de las cuales 2,186 están en operación con un gasto de tratamiento de 36,700 l/s, que equivale al 50.6% de su capacidad instalada. La cobertura de tratamiento es de 17.9% respecto al agua residual generada.

Existen tres tipos de tratamiento para las aguas residuales industriales: primario, secundario y terciario. El tratamiento más utilizado es el secundario y se aplica en 1,193 plantas que tratan un caudal de 18.4 m<sup>3</sup>/s. Las plantas que tratan un mayor volumen de agua residual aplicando este proceso están ubicadas en: México, Hidalgo y Nuevo León, con 2.9, 2.7 y 2.5 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Le sigue el tratamiento primario, aplicado en 731 plantas con un gasto de operación de 14.6 m<sup>3</sup>/s. Las plantas que tratan un mayor volumen de agua residual aplicando este proceso están ubicadas en: Veracruz, con 5.9 m<sup>3</sup>/s, Chiapas; con 2.2 y Tamaulipas, con 1.5 m<sup>3</sup>/s. El tratamiento terciario se aplica en 88 plantas con un gasto de 1.3 m<sup>3</sup>/s. Las plantas con mayor volumen de tratamiento están ubicadas en los estados de Veracruz, Hidalgo y Tamaulipas, con 0.4, 0.3 y 0.3 m<sup>3</sup>/s, respectivamente (ver gráfica 9) (Conagua, 2010b: 52).

Gráfica 9  
Plantas de tratamiento de aguas residuales de origen industrial  
por nivel de tratamiento en el año 2009 (porcentaje)



Fuente: Conagua, 2010b, p. 52.

Por entidad federativa, los estados con el mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación en el año 2009 son, en orden de mayor a menor: Estado de México (315), Distrito Federal (200), Veracruz (166), Tabasco (124), Querétaro (120), Puebla (116), Tlaxcala (108), Sinaloa (89), Nuevo León (84), Morelos (81), San Luis Potosí (81) y Michoacán (76). La suma de las plantas de tratamiento en operación de estos estados asciende a 1,560 (71.3% del total nacional), y la del número de habitantes asciende a 56.4 millones (52.7% del total nacional) (ver cuadro 14). En este grupo aparecen cuatro de los estados con el mayor número de habitantes en el país, así como con las principales actividades productivas y económicas a nivel nacional (Estado de México, Distrito Federal, Veracruz y Puebla).

Cuadro 14  
Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales por entidad federativa (2009)

Entidad federativa	No. de plantas			Capacidad	
	Total	Sin operar	En operación	Instalada (l/s)	En operación (l/s)
Aguascalientes	57	4	53	253.6	119.8
Baja California	61	0	61	482.0	0.0
Baja California Sur	10	3	7	8.2	8.2
Campeche	51	2	49	498.3	158.5
Chiapas	49	2	47	6 176.3	3 037.5
Chihuahua	21	1	20	662.8	286.6
Coahuila de Zaragoza	67	0	67	883.1	609.8
Colima	10	2	8	467.0	310.5
Distrito Federal	200	0	200	798.2	339.3
Durango	44	2	42	834.1	469.1
Guanajuato	45	0	45	397.8	180.3
Guerrero	8	1	7	15 333.2	26.4
Hidalgo	47	6	41	3 486.6	2 995.6
Jalisco	36	0	36	1 511.6	1 511.6
México	319	4	315	4 835.5	3 274.5
Michoacán de Ocampo	77	1	76	2 832.9	626.1
Morelos	87	6	81	1 224.1	763.2
Nayarit	4	0	4	163.0	163.0
Nuevo León	84	0	84	4 131.4	2999.9
Oaxaca	15	0	15	1 220.8	901.3
Puebla	116	0	116	2 988.0	2 718.1
Querétaro de Arteaga	120	0	120	1 193.9	508.8
Quintana Roo	2	0	2	10.5	5.0
San Luis Potosí	84	3	81	1 331.2	1 183.5
Sinaloa	92	3	89	3 207.5	799.9
Sonora	25	0	25	423.9	221.7
Tabasco	124	0	124	1 054.7	643.9
Tamaulipas	54	2	52	3 941.7	2 841.0
Tlaxcala	111	3	108	226.2	196.1
Veracruz de Ignacio de la Llave	169	3	166	11 620.9	8 685.7
Yucatán	57	21	36	114.1	70.8
Zacatecas	10	1	9	155.8	44.4
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>2 256</b>	<b>70</b>	<b>2 186</b>	<b>72 468.6</b>	<b>36 700.0</b>

Fuente: Conagua, 2010b, p. 53.

De acuerdo con Aldama Rodríguez (2004: 19 y 20), la contaminación puntual del agua, producida por la industria y las poblaciones, palidece ante la contaminación difusa, producida principalmente por la agricultura. En México no existen indicadores a este respecto, pero se estima que en Estados Unidos de América la carga de contaminación difusa es 16 veces mayor que la correspondiente a la contaminación puntual.

En el periodo de 23 años, 1984 a 2007, “la carga contaminante descargada por los municipios ha decrecido 16%, mientras que la correspondiente al sector industrial prácticamente se duplicó durante el mismo periodo. Como resultado, la descarga total de contaminación orgánica que recibe el país proveniente de municipios e industria ha aumentado 45% entre 1984 y 2007” (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 284).

A fin de controlar la contaminación “... es necesario establecer una política de incentivos y sanciones para quienes produzcan, usen o descarguen sustancias tóxicas que son recalcitrantes, es decir, que no pueden ser removidos en plantas de tratamiento o que incluso resulten dañinas para la operación de las mismas” (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 284).

Es importante señalar que en el año 1996 se derogaron 43 normas oficiales mexicanas que establecían límites permisibles para una serie de sustancias contaminantes que puede estar presentes en aguas residuales. Dichas normas fueron sustituidas por la NOM-001-ECOL-1996, la cual es muchísimo más laxa que las anteriores. No obstante lo anterior, dicha norma no se ha cumplido en los plazos establecidos (Aldama Rodríguez, 2004: 20).

### *Calidad del agua en las playas*

El gobierno federal detectó ya desde hace algunos años el deterioro de la calidad del agua en varias de las playas de México, algunas de gran importancia turística, y puso en marcha el programa “Playas Limpias” para monitorear y evaluar la calidad del agua. La evaluación se basa en detectar la presencia de un microorganismo indicador de contaminación fecal en agua de mar: *Enterococcus fecalis*. De acuerdo a los

resultados obtenidos a partir de los monitoreos realizados entre 2003 y 2007 sólo 1.6% de las playas monitoreadas excedían el límite máximo permisible de contaminación fecal (>500 NMP/100 mL), por lo que 271 resultaron aptas para el uso recreativo. Sin embargo, se desconoce el número total de playas que se deberían monitorear en el país. Con el fin de proteger las zonas turísticas, también hace falta un programa para analizar la calidad del agua potable y el hielo que se proporciona en estos sitios turísticos (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 280).

Acapulco resultó ser el destino turístico con mayores problemas de contaminación fecal. Por su parte, otras playas ubicadas en Michoacán (Aquila y Lázaro Cárdenas), Chiapas (Tonalá), Campeche (Ciudad del Carmen) y Tabasco (Centla y Paraíso) muestran diferentes grados de deterioro (Jiménez Cisneros *et al.*, 2010: 280).

### *Calidad del agua en las costas*

En la actualidad en las costas mexicanas hay un incremento de contaminantes biológicos, químicos, orgánicos e inorgánicos, orgánicos persistentes y metales tóxicos, cuyos niveles afectan de manera directa a la salud humana, además de producir efectos adversos a los organismos costeros y marinos. Estos contaminantes son de todos los orígenes: urbano, industrial, y agrícola. Por su importancia y precisión en el tema, conviene citar textualmente varios párrafos del trabajo de Botello *et al.* (2010). Para evitar redundancia, la citación sólo incluirá el número de página en los casos en que no haya confusión posible.

Estudios recientes demuestran la presencia de bacterias patógenas, metales tóxicos (plomo, cadmio, cromo y arsénico), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), derivados del petróleo, bifenilos policlorados y plaguicidas organoclorados, no sólo en muestras de agua y sedimentos, sino también en importantes recursos pesqueros de las costas del Pacífico, Golfo de México y el Caribe mexicano... La incesante actividad industrial, el intenso incremento de los desarrollos portuario industriales, los polos turísticos y los asentamientos humanos no regulados en las zonas costeras, aunados a los efectos del cambio climático global, ejercen en la actualidad una gran

presión ecológica para los ecosistemas críticos como los manglares, los corales, los pastos marinos, las islas y las lagunas costeras, de cuyo correcto funcionamiento depende directamente la productividad y la sobrevivencia de muchas especies comerciales de fauna marina y estuarina de los litorales y las costas mexicanas. Su alteración o destrucción conduce a la cancelación de múltiples usos de la zona costera y originará en un futuro muy próximo problemas ecológicos, sociales y económicos para la población de esas importantes áreas (p. 80).

## Hidrocarburos del petróleo

La contaminación marina por petróleo y sus derivados en las costas mexicanas es el problema de mayor importancia ecológica en la actualidad, principalmente en las costas del Golfo de México, por el papel de México como uno de los principales productores-exportadores de petróleo y sus productos a nivel mundial” (p. 84).

Las descargas en las terminales y el lavado de los buques tanque son en la actualidad la mayor fuente de contaminación por petróleo en los ambientes costeros mexicanos; también causan en buena parte elevadas concentraciones de breas y alquitranes en las playas del Golfo de México y el Caribe mexicano (p. 84).

De manera general, la contaminación marina por petróleo se asocia con las siguientes actividades: producción de petróleo en altamar; transportación marítima y submarina; exploración y explotación petrolíferas; operaciones de embarque, almacenamiento y lavado de buques tanque; descargas a partir de fuentes industriales y municipales de ciudades costeras; accidentes en las operaciones, como rupturas de oleoductos, derrames y explosiones de plataformas, y accidentes de buques tanque ... En la actualidad, aproximadamente cinco millones de barriles de petróleo crudo se transportan diariamente a través del área del Gran Caribe y de éstos casi tres millones se movilizan en el área del Golfo de México, lo cual genera un intenso tránsito de buques tanque en los litorales mexicanos (p. 84).

... Por ejemplo, durante nueve meses de descontrol, Pozo Ixtoc I derramó en las aguas del Golfo de México un volumen aproximado de 500 000 toneladas métricas de petróleo crudo (p. 86).

Una gran cantidad de sedimentos en ambientes acuáticos cercanos a centros urbanos contienen elevadas concentraciones de contaminantes ambientales, incluidos los hidrocarburos del petróleo y primordialmente los de tipo aromático policíclico (HAP). Estos contaminantes pueden acumularse en la biota circundante y ser incorporados en las cadenas alimentarias marinas o costeras (pp. 86-87).

Estudios recientes, conducidos en sedimentos de la plataforma continental de áreas marinas de Tamaulipas, Veracruz y Campeche en el Golfo de México, demuestran la presencia de compuestos aromáticos policíclicos en un rango de concentraciones de 0.1 a 29.6 partes por millón” (Ponce Vélez y Botello, 2006, citado por Botello *et al.*, 2010: 87).

García Ruelas y colaboradores (2004) informan de las concentraciones de HAP en sedimentos de más de 25 localidades del noroeste del Pacífico mexicano, de las cuales registran mayor concentración (>10 ppm): Ohuira, Santa María, Altata-El Pabellón y el Puerto de Mazatlán en Sinaloa; San Cristóbal y Mexcatitlán en Nayarit; Barra de Navidad y Puerto Vallarta en Jalisco; y el Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán en Colima. De igual manera, González Lozano y Colaboradores (2006) señalan altas concentraciones de HAP en sedimentos del Puerto y antepuerto de Salina Cruz, Oaxaca, con valores de 106 a 754 partes por millón (p. 87).

En el Pacífico se reporta recientemente la presencia de HAP en 29 localidades del noroeste. Los sitios con mayor concentración son: el estuario el Mapache, en Sonora (>10 ppm); la Bahía de Topolobampo (13 ppm), en Sinaloa; la Bahía de Pichiligüe (>20 ppm) y la laguna de Mexcatitlán (>15 ppm) en Nayarit (Botello *et al.*, 2002, citado por Botello *et al.*, 2010: 92).

## Metales

La mayoría de los metales empleados en las diversas actividades industriales manifiestan su presencia en las regiones costeras del Golfo de México, sobre todo en las proximidades de las refinerías de petróleo y sitios de producción de fertilizantes, minería y metalurgia; desde luego en las áreas aledañas de ciudades costeras con un

gran número de habitantes. Las actividades de dragado para la perforación de pozos petroleros, por ejemplo, también generan enormes cantidades de lodos que contienen cromo. De igual manera, las descargas domésticas sin tratar aportan grandes volúmenes de lodos enriquecidos con metales como plomo, zinc, cadmio y cromo, cuyo destino son los ríos y lagunas o directamente son descargados en el mar (p. 94).

La contaminación por metales en las lagunas costeras afecta diversas pesquerías. Estudios realizados por más de 20 años en las costas del Golfo de México y costas del Pacífico mexicano han identificado elevadas concentraciones de metales tóxicos como el plomo, cadmio, cromo y níquel, y han mostrado que los problemas más severos de la contaminación por metales ocurren en cuerpos de agua semicerrados, en particular en bahías, estuarios y lagunas costeras (pp. 94-95).

La Plataforma continental correspondiente a Tabasco ha registrado la concentración más alta de cadmio con 7.03 ppm para la parte total y de 2.46 ppm la fracción biodisponible; le sigue la laguna de Tamiahua en Veracruz con 6.21 ppm; después, la región sureste del Golfo de México con 3.45 ppm, y por último la laguna El Yucateco en Tabasco con 2.85 partes por millón (p. 96).

Los valores promedio de cadmio total en los sedimentos de cuatro sistemas costeros del estado de Veracruz, uno de Tabasco y dos de Campeche son altos en relación con los valores que Long y colaboradores (1995) proponen como indicadores de que los organismos acuáticos presentan efectos biológicos (p. 96).

La Laguna de Ostión en Veracruz (140.7 ppm) y la plataforma continental de Tabasco han mostrado los niveles más altos de cromo en los sedimentos, con mayores concentraciones que las que Long y Colaboradores (1995) establecen para el nivel de efecto bajo (ERL): 81 ppm (p. 96).

En sistemas costeros de Veracruz, las concentraciones más altas de plomo total se han detectado en la laguna La Mancha (81.2 ppm), que se localiza cerca de la planta nuclear de Laguna Verde. En cambio, la laguna Sontecomapan y los ríos Coatzacoalcos, Mandinga, Alvarado y Tampamachoco registraron un nivel de efecto

bajo de 46.7 ppm, por debajo del valor que Long y colaboradores (1995) consideran que produce algún efecto en los tejidos de los organismos (p. 96).

El valor más alto de plomo corresponde a la laguna de las Ilusiones (Tabasco) con 158.7 ppm, lo cual se puede atribuir de manera directa a la continua y en ocasiones masiva introducción de aguas residuales; también a las emisiones atmosféricas provenientes de las áreas urbanas e industriales de la ciudad de Villahermosa, que se transportan a otras regiones del Golfo de México, ya que el plomo es volátil y tiende a depositarse en áreas distintas a las de su origen, dependiendo del patrón de vientos que predomine en el Golfo de México (p. 98).

En zonas costeras del Pacífico mexicano, estudios para distintos metales realizados por Páez Osuna y colaboradores (2002) en el ostión *Crassostrea corteziensis* identificaron valores altos de plomo, zinc y cobre, que se deben básicamente a los residuos urbanos y agrícolas (p. 98).

El cadmio, el cobre, el cromo y el plomo registraron valores superiores al límite máximo permisible para consumo humano –0.2, 32.5, 1.0 y 2.5 ppm, respectivamente– en las lagunas San Andrés, en Tamaulipas; Tamiahua, Tampamachoco, Alvarado, Mandinga y La Mancha, en Veracruz; Machona, Mecoacán y Carmen, en Tabasco, y Atasta y Términos en Campeche (Nauen, 1983, citado por Botello *et al.*, 2010: 98).

## Plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados

Los países en vías de desarrollo, como México, han estado sujetos a una variedad de presiones técnicas, económicas y políticas que favorecen el uso continuo de compuestos clorados, sobre todo de plaguicidas de “primera generación”, sin que todavía se conceda importancia a las consecuencias adversas para el ambiente y la salud humana que pueden derivar de dicho uso, principalmente a largo plazo (Albert y Benítez, 2005, citados por Botello *et al.*, 2010: 99).

Los plaguicidas organoclorados constituyen derivados halogenados de los hidrocarburos. Son insolubles en disolventes polares, química y bioquímicamente muy estables, con una vida media en el ambiente mayor a los 10 años. En muchos

casos, sus productos de degradación parcial resultan más estables y tóxicos que el compuesto original (Albert y Loera Gallardo, 2005, citados por Botello *et al.*, 2010: 99).

Los bifenilos policlorados son otros contaminantes orgánicos persistentes, responsables de un diverso número de efectos nocivos tanto ecológicos como humanos. Constituyen compuestos orgánicos, sintetizados por primera vez en 1881, con la misma estructura química básica y de propiedades físicas muy similares, viscosidad variable y consistencia muy diversa. Pueden presentarse en forma de líquidos aceitosos incoloros, amarillo claro o incluso resinas transparentes, ceras sólidas o cristales blancos. Se conocen 209 diferentes moléculas de BPC, denominadas congéneres y 130 mezclas comerciales distintas (Smith y Gangolli, 2002; Acosta, 2003, citados por Botello *et al.*, 2010: 101).

La investigación realizada en diversos ambientes costeros de México, en el rubro de los compuestos orgánicos persistentes halogenados, se ha centrado más en el registro de los plaguicidas clorados debido en particular al crecimiento de las áreas agrícolas y ganaderas nacionales. Por consiguiente, se dispone de registros sobre plaguicidas clorados desde el decenio de 1979 hasta la actualidad, en contraste con la menor información ambiental referente a la presencia de bifenilos policlorados en esos ecosistemas, que se suma a la dificultad analítica para determinarlos con confiabilidad (Botello *et al.*, 2010: 102).

De acuerdo con datos de Botello, en 1990 los niveles de agroquímicos en Laguna de Términos, Campeche, registraron el mayor valor con 83.3 ppb, en contraste con los 17 ppb que Rosales Hoz y Álvarez León (1979) detectaron en ese ecosistema 10 años antes, lo cual puede indicar el desarrollo agropecuario de la región, además del adelanto tecnológico en la medición de estos compuestos (p. 102).

En sedimentos del río Palizada, Campeche, caudal que alimenta a la Laguna de Términos, Gold y colaboradores informaron concentraciones entre 0.3 y 18 ppb en 1993. Dos áreas costeras disímbolas, Río Blanco, Veracruz, y Laguna de Bojorquez, Quintana Roo en el Caribe mexicano, ocupan el segundo lugar con valores de

organoclorados similares en los sedimentos, 61 y 58.5 ppb, respectivamente; este comportamiento llama la atención por tratarse de problemáticas ambientales distintas, ya que el caudal veracruzano tiene una influencia agropecuaria intensa con la presencia de ingenios azucareros, mientras que en el Caribe se efectúa el control constante de las especies indeseables de mosquitos con fines de salud pública y turísticos, pero en ambos casos se obtiene un mismo impacto ecológico (p. 102).

Del mismo modo que en Laguna de Términos, en el sistema lagunar caribeño Nichupté-Bojórquez se encontró un incremento notable de 1979 a 1992 (de 0.5 a 58.5 ppb), en dos órdenes de magnitud, lo cual refleja las fumigaciones intensivas que se han hecho para controlar insectos y evitar problemas salubres de grandes proporciones (p. 102).

En la laguna de Alvarado, Veracruz, uno de los puertos pesqueros por excelencia del litoral del Golfo de México cuyos productos se han distribuido a lo largo de los tiempos de manera local, regional y nacional, se ha observado una tendencia al aumento de los niveles de plaguicidas clorados en los sedimentos estuarinos, de 0.66 ppb en 1979 a 30 ppb en 1996 (p. 103).

En el litoral del Pacífico mexicano se tienen datos de la presencia de organoclorados desde el Golfo de Baja California hasta Chiapas. La Bahía de Guaymas, Sonora, tiene el reporte más elevado de organoclorados con 1,382.2 ppb; le sigue Ohuira, en Sinaloa, con 368 ppb, en contraste con ambientes lagunares estuarinos como Yavaros, Sonora, y Huizache-Caimanero, Sinaloa, con las concentraciones de 11.1 y 9.4 ppb, respectivamente, tal vez debido a que las primeras áreas reciben el aporte de diversos cauces que arrastran agroquímicos por las regiones agrícolas que atraviesan, mientras que las últimas pueden eximirse de estas condiciones de estrés ambiental. Un estudio reciente informa niveles estuarinos en Nayarit de 2 a 111 ppb, con una clara influencia agrícola (Robledo Marenco *et al.*, 2006, citado por Botello *et al.*, 2010: 105).

Hacia el Pacífico Sur disminuyen los niveles de organoclorados en ecosistemas marinos. Por ejemplo, Puerto Vallarta, Jalisco, y Petacalco, Guerrero, presentan

valores de 29.3 y 12.8 ppb, respectivamente. Mientras que las lagunas costeras de Chiapas presentan mayor contenido sedimentario de plaguicidas con 48 y 120 ppb (Botello *et al.*, 2010: 105).

Los bifenilos policlorados han sido poco evaluados en los ecosistemas costeros mexicanos. Los sedimentos de la laguna Limón en Chiapas tienen el registro más alto con 2,651 ppb como promedio, seguido por los ecosistemas Yucateco en Tabasco (250 ppb); Petacalco en Guerrero (230 ppb) y Santuario en Chiapas (225 ppb). Por contraste, de acuerdo con Noreña Barroso y colaboradores, en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, los sedimentos tuvieron una mediana de 3.2 ppb y los bagres (*Arius assimilis*) de 83.8 ppb, lo cual revela el impacto de las actividades humanas, principalmente las industriales, sobre los ecosistemas costeros y marinos, y el riesgo potencial de estos compuestos cancerígenos sobre la salud humana (IARC, 2002, citado por Botello *et al.*, 2010: 109).

## Consideraciones sobre la calidad del agua

De acuerdo con algunos autores, las soluciones a los problemas de contaminación al igual que los de escasez deben plantearse a nivel de cuenca; también es necesario incrementar el tratamiento de las aguas residuales y su reuso en forma sustentable técnica y económica; se requiere también realizar evaluaciones de la contaminación difusa aportada por ciudades y zonas agrícolas. En materia de contaminación puntual sigue persistiendo el problema de la operación y la eficiencia de las plantas, que muchas veces operan por debajo de su capacidad instalada: “En el inventario de plantas de tratamiento se reporta que en 2008 había 2,174 plantas, y que de ellas operaban 2,082, con un gasto de tratamiento de 33,778 m<sup>3</sup>/s, que es 59.5% de la capacidad instalada, por lo tanto, éste es un tema que debe ser revisado” (Arreguín Cortés *et al.*, 2010: 63).

Otro grave problema es que la escasa información existente no está disponible en formas útiles para el público o para quienes toman las decisiones del sector privado y público, que no pertenecen a la Comisión Nacional del Agua (Carabias y Landa, 2005: 74).

A inicios del año 2004 se alcanzó el primer plazo de cumplimiento señalado por la NOM-001-ECOL-1996, para el grupo de descargas que comprende a las grandes ciudades y a los grandes usuarios industriales. Sin embargo, no es claro en qué medida se está cumpliendo la norma. Una situación que es evidente es que en la mayoría de las grandes ciudades esto no sucede, ya que continúan descargando sus aguas sin ningún tipo de tratamiento, tal es el caso del Distrito Federal, los municipios conurbados del Estado de México y Guadalajara, por mencionar los casos más relevantes (Barrios Ordóñez, 2004: 142).

Estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua en 218 cuencas, que cubren aproximadamente tres cuartas partes del territorio, en los cuales se asienta 93% de la población, se ubica 72% de la producción industrial y 98% de la superficie bajo riego, indican que la mayoría de las cuencas se encuentran contaminadas por materia orgánica, metales pesados y agroquímicos. Los efectos en la salud son graves debido a infecciones gastrointestinales, entre otros padecimientos que se generan, y representa la segunda causa de mortandad infantil en México (278 por cada 100,000) (Castelan Crespo, 2001: 52).

En México los trabajos orientados a la detección y cuantificación de contaminantes biológicos en el agua son escasos. Algunos ejemplos se incluyen en el cuadro 15, en el cual se menciona la presencia de microorganismos. Asimismo, cuando la Conagua informa sobre los usos del agua no explica el tipo de agua residual que se genera ni el que contiene diversos compuestos o microorganismos ajenos a los sistemas acuáticos que se encuentran en éstos (Mazari Hiriart *et al.*, 2010: 295-296).

Por su parte, Jiménez Cisneros *et al.* (2010: 285-286) tiene las siguientes propuestas y consideraciones en torno a la calidad del agua:

- Los gobiernos federal, municipal y estatal deben generar de manera periódica información detallada y avalada acerca de la calidad del agua en el país, en especial para promover en el ciudadano la conciencia de la necesidad de protegerla.
- La información de la calidad debe provenir de los tres niveles de gobierno así como de las empresas del agua, y debe ser comparada con datos y resultados

obtenidos por instituciones académicas, organizaciones sociales (ONG) y datos de percepción pública.

- Estas acciones deben llevarnos con el tiempo a usar el agua con confianza para todos los fines requeridos, incluido el consumo directamente del grifo en lugar de la compra de agua embotellada.
- El ciudadano común parece carecer del derecho a conocer la calidad del agua que el gobierno distribuye como potable en términos de la norma correspondiente.

Cuadro 15

Estudios recientes realizados en México sobre la presencia de microorganismos en aguas nacionales

Microorganismo	Tipo de agua	Lugar	Referencia
Hepatitis A, norovirus	estuarina	Huizache Caimanero, Sinaloa	Hernández Morga <i>et al.</i> , 2009
Enterovirus, Rotavirus, astrovirus	subterránea y superficial para riego	Xochimilco, D.F.	Espinosa <i>et al.</i> , 2009
Bacterias indicadoras	sistema de distribución	Culiacán y Navolato, Sinaloa	Chaidez <i>et al.</i> , 2008
Bacterias indicadoras, bacteriófagos	subterránea (norias), manantiales, agua de reuso para riego	Valle del Mezquital, Hidalgo	Espinosa, 2009
Bacterias indicadoras y patógenas	subterránea	ZMCM	Mazari Hiriart <i>et al.</i> , 2005a
Bacterias indicadoras y patógenas	superficial	Río Magdalena, ZMCM	PUEC, UNAM-GDF, 2008
<i>Helicobacter pylori</i> y otras bacterias	subterránea	ZMCM	Mazari Hiriart <i>et al.</i> , 2001a, b

Microorganismo	Tipo de agua	Lugar	Referencia
<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Enterococcus faecium</i>	agua subterránea, agua superficial, agua residual tratada ZMCM	ZMCM, Xochimilco, D.F., agua residual tratada	López Vidal <i>et al.</i> , 2006
Bacterias indicadoras y patógenas	agua superficial	Valle de Bravo, Edo. de México	Mazari Hiriart <i>et al.</i> , 2005b
Micobacterias no tuberculosas	agua subterránea consumo humano, agua residual reuso en riego	ZMCM, Xochimilco, D.F.	Castillo Rodal <i>et al.</i> , sometido <i>BMC</i> 2009
<i>Giardia intestinalis</i>	subterránea	Xochimilco, D.F.	Cifuentes <i>et al.</i> , 2004
<i>Giardia intestinalis</i>	residual con reuso agrícola	Valle del Mezquital, Hidalgo.	Cifuentes <i>et al.</i> , 2000
Diversos helmintos	residual con reuso agrícola	Diversas partes de México	Maya <i>et al.</i> , 1997

Fuente: Mazari Hiriart *et al.*, 2010, pp. 295-296.

Mientras que Carabias y Landa tienen las siguientes opiniones y consideraciones en relación con la calidad del agua:

- “El monitoreo de la calidad del agua en México, con base en las características físicas y químicas de tipo inorgánico que se estipulan en las leyes y normas, es relativamente completo, pero no se cumple con el monitoreo de las características microbiológicas, ni de las características químicas de tipo orgánico. Esto resulta un tanto obsoleto, ya que las decisiones se basan prácticamente en parámetros de tipo inorgánico. Aunque los lineamientos de calidad del agua que se especifican en las disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales de la Ley Federal de Derechos incluyen un gran número de parámetros físicoquímicos, no se estipula claramente la obligación de su monitoreo” (Carabias y Landa, 2005: 74).
- “En la Norma Oficial Mexicana NOM-001-Semarnap-1996, que establece los límites permisibles de contaminantes en aguas y bienes nacionales, se consideran fundamentalmente parámetros inorgánicos y no los suficientes aspectos

biológicos de la contaminación... Por otro lado, la estimación de la calidad del agua para fines agrícolas considera un número reducido de parámetros; no cuenta con parámetros microbiológicos estrictos, ni especifica la determinación de compuestos orgánicos. Además, la medición bacteriológica es en la realidad poco frecuente” (Carabias y Landa, 2005: 74-75).

- El uso de los parámetros demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO) no garantiza la adecuada evaluación de la calidad del agua para los usos requeridos (Carabias y Landa, 2005: 75).
- El hecho de que un reducido porcentaje de las aguas residuales reciba tratamiento antes de ser reutilizada o retornada a un cuerpo de agua “determina que en el agua para uso humano, tanto la que proviene de aguas superficiales como de subterráneas, se encuentren problemas recurrentes de presencia de microorganismos patógenos, en particular de coliformes fecales” (Jiménez *et al.*, 1998, citado por Carabias y Landa, 2005: 76).
- “Los instrumentos y los métodos de monitoreo de parámetros orgánicos son más costosos y de uso reciente, por lo que no se cuenta con el equipo ni la infraestructura ni el personal técnico adecuado para manejarlos. La importancia de este monitoreo radica en que algunos microorganismos tienen efectos adversos sobre la salud humana, aun en concentraciones bajas (Carabias y Landa, 2005: 76).
- “El empleo de aguas residuales sin tratamiento es la principal causa de proliferación de enfermedades transmitidas por agua en México, sobre todo porque se utiliza para el riego de cultivos de alimentos que se consumen crudos” (Carabias y Landa, 2005: 76).
- “Cada vez más se usan aguas no tratadas para riego agrícola y no hay un control eficaz de éstas. Tampoco existe un control de la transmisión de enfermedades en zonas recreativas, particularmente en las regiones costeras” (Carabias y Landa, 2005: 76).
- “Sólo en 7% de las concesiones de uso y descarga se verifica el cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes (uso público urbano, en

localidades de más de 50 000 habitantes, e industrial y de servicios). Por su parte, la inversión en infraestructura de tratamiento de aguas resulta incipiente debido a la dificultad para recuperarla mediante tarifas que reflejen el costo, y a que se otorga prioridad al servicio de agua potable” (Carabias y Landa, 2005: 76).

- “La normativa, por su lado, asegura sólo una parte de la remoción de los contaminantes de las aguas residuales de las ciudades; adicionalmente, no se controlan las descargas al drenaje, con lo que no es poco frecuente que las plantas de tratamiento diseñadas para recibir aguas domésticas reciban contaminantes de origen industrial, con los consecuentes problemas (Carabias y Landa, 2005: 76).
- La Norma Oficial Mexicana NOM-004-ECOL-2002 especifica indicadores biológicos, presencia de patógenos y de parásitos, pero no toma en cuenta los virus (Carabias y Landa, 2005: 77).
- Las leyes que determinan la normativa respecto a la calidad del agua son cuatro: la Ley de Aguas Nacionales, LAN (DOF, 29 de abril de 2004), en la que la calidad del recurso resulta un tema destacado en relación con los efectos potenciales en la salud y el ambiente; la Ley Federal de Derechos, que en materia de agua utiliza los lineamientos de calidad de Estados Unidos del año 1989; la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que trata, entre otros temas, la prevención y el control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos, y, por último, la Ley General de Salud, que determina los valores permisibles para el agua de consumo humano y ciertos requisitos sanitarios (Carabias y Landa, 2005: 77).
- Otros elementos jurídicos de regulación de la calidad son algunas normas oficiales mexicanas (NOM) que definen las características físicas, biológicas y químicas en las que se deberán basar los análisis del agua para considerar si cumple o no con las condiciones deseables para determinados usos (Carabias y Landa, 2005: 77-78).

Mazari y colaboradores (2005) resumen algunas de las limitaciones de las normas oficiales mexicanas (Carabias y Landa, 2005: 78-79):

- a) La NOM-001 se basa en la concentración de coliformes totales, pero no considera los compuestos orgánicos, aunque es la única norma que hace referencia a las condiciones necesarias del agua para riego.
- b) La NOM-002, al permitir a las industrias las descargas, está transfiriendo el problema de la calidad del agua a los municipios o a los estados y genera problemas graves de operación de las plantas de tratamiento que no están diseñadas para descargas industriales.
- c) La NOM-003 está relacionada con la Ley de Derechos de Uso, en la que se incluye el monitoreo de los compuestos orgánicos; sin embargo, esto no se lleva a cabo debido a la carencia de herramientas tecnológicas y de personal capacitado.
- d) La NOM-004 clasifica los lodos a partir del contenido de microorganismos patógenos; sin embargo, se considera insuficiente e inadecuada.
- e) Ninguna de estas normas toma en cuenta el monitoreo de la cantidad de agentes microbiológicos.

Asimismo, Carabias y Landa (2005) también plantean lo siguiente en materia de calidad y normatividad del agua:

- Es urgente una actualización en la manera de evaluar la calidad del agua para consumo humano, y es necesario contar con un monitoreo continuo y lo más completo posible (Carabias y Landa, 2005: 80).
- También es importante evaluar de manera periódica los costos económicos ocasionados por la contaminación del agua y vigilar estrictamente la obligatoriedad del tratamiento de aguas en ciertas áreas y grupos de usuarios.
- *Ajustar el marco normativo.* Urgen la revisión y el ajuste de las normas técnicas de tratamiento y potabilización, así como de los niveles permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales. Estos ajustes deberán reconsiderar indicadores de la presencia de microorganismos en cuerpos de agua dulce y en zonas costeras. Asimismo, la NOM-001 debe adecuarse para considerar la capacidad de carga de contaminantes de los cuerpos de agua. De manera

complementaria a lo anterior deben desarrollarse los mecanismos para estar en condiciones de aplicar la ley y cumplir con el tratamiento obligatorio de aguas residuales, de acuerdo con los estándares de calidad establecidos centralmente por la Federación (Carabias y Landa, 2005: 81).

## EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Por su situación geográfica, orografía e hidrología, los principales eventos hidrometeorológicos extremos en México son las inundaciones y las sequías (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 563, 565). La ubicación del país en una región intertropical y su peculiar orografía e hidrología, entre otros factores, lo exponen a eventos extremos tales como huracanes, sequías, ondas de calor, lluvias torrenciales, nevadas y heladas (Carabias y Landa, 2005: 107).

El Fondo de Desastres Naturales (Fonden) de la Secretaría de Gobernación, creado en el año 2000, tiene el objetivo de atender los efectos de desastres naturales, imprevisibles, cuya magnitud supere la capacidad financiera de respuesta de las entidades federativas. El Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC), creado en 2008, antes denominado Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), creado en el año 2003, tiene el objetivo de apoyar a productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas de bajos ingresos para reincorporarlos a sus actividades productivas en el menor tiempo posible ante la ocurrencia de contingencias climatológicas atípicas, relevantes, no recurrentes e impredecibles (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 566).

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), creado en el año 1988 como órgano administrativo desconcentrado, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación, analiza desde el año 2000 el impacto socioeconómico de los fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y sanitarios, de entre los cuales destacan los fenómenos hidrometeorológicos, con cerca de 97% de todas las declaratorias de desastre por ambos fondos, Fonden y PACC (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 566).

Ante un fenómeno hidrometeorológico extremo, la Secretaría de Gobernación, por medio del Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc), como instancia de coordinación, es la encargada de salvaguardar a la población, sus bienes y su entorno. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) es el órgano técnico de apoyo al Sinaproc. El Cenapred es la instancia encargada de coordinar las acciones para la prevención y la mitigación de desastres, así como de apoyar la difusión entre la población de medidas de preparación y autoprotección ante la contingencia (Carabias y Landa, 2005: 113).

La mayoría de las acciones para la prevención y la mitigación de desastres está enfocada al monitoreo de los fenómenos naturales. En el caso del monitoreo de los eventos hidrometeorológicos participa, principalmente además del Cenapred, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Este servicio es la instancia oficial encargada de obtener y difundir información meteorológica y climática (Carabias y Landa, 2005: 113).

La mayoría de las declaratorias de desastre en México han sido por ciclones tropicales (40%); le siguen las lluvias (33%), aunque algunas fueron producidas por ciclones tropicales y produjeron inundaciones; en tercer lugar están las sequías (21%) (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 566).

Las declaratorias de desastre por ciclones tropicales se producen principalmente en las costas; mientras que el mapa de las declaratorias de desastre por lluvias muestra que hay muchas afectaciones en municipios del interior del país. Si se agrupan todos los fenómenos hidrometeorológicos (desastres, emergencias y contingencias climatológicas), tenemos afectaciones tanto por exceso de lluvia como por escasez de agua. Se observa que Baja California Sur, Chihuahua, sur de Sonora y norte de Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nuevo León, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Quintana Roo son los estados más críticos (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 566-567).

Desde el año 2000 a la fecha, la mayor parte de los fenómenos naturales y antropogénicos extremos fueron de origen hidrometeorológico (97% de todo el conjunto de declaratorias) y, dentro de los fenómenos hidrometeorológicos, los ciclones tropicales, las lluvias y las sequías fueron los más recurrentes (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 567).

... un evento “extremo” puede definirse como un evento de magnitud tal que el grupo social afectado no está preparado para evitar que produzca daños cuantiosos, es decir, que la definición está relacionada con la magnitud del fenómeno natural mismo, pero también con las condiciones específicas de la zona expuesta a la ocurrencia del fenómeno perturbador (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 571).

En el análisis de los desastres, los especialistas destacan la importancia de los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, que según Landa *et al.* (2008: 15) tienen la siguiente interrelación (cuadro 16):

Cuadro 16  
Elementos para la determinación del riesgo

AMENAZA	VULNERABILIDAD	RIESGO
Fenómenos naturales	Grados de exposición y fragilidad, valor económico	$f(A, V)$
Probabilidad de que ocurra un evento, en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daños	Probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente.	Probabilidad combinada entre los parámetros anteriores.

Fuente: CEPAL-BID, 2000, citados por Landa *et al.*, 2008, p. 15.

De entre los años con los eventos extremos más significativos destacan el año 2005 con cerca de 3,000 municipios declarados en desastre y el año 2007 con más de 2,000. “En 2005 ocurrieron los huracanes Emily, Stan y Wilma, este último el más intenso en toda la historia (el anterior fue Gilbert en 1988), mientras que en 2007 se presentó el tornado de Piedras Negras, el huracán Dean (el décimo más intenso), las inundaciones de Tabasco y el deslizamiento de Juan de Grijalva en Chiapas” (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 567).

Asimismo, Landa *et al.* (2008: 9) estiman que en México cerca de ocho millones de personas están expuestas a los efectos adversos de ciclones

tropicales, aproximadamente seis millones a inundaciones y cerca de ocho millones pueden sufrir daños por sequías; de estos últimos, 5.6 millones viven bajo condiciones de alta y muy alta marginación. Por lo que, en México, tanto los factores de exposición como los de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos se han incrementado durante las últimas tres o cuatro décadas.

## *Inundaciones*

La degradación del medio ambiente (deforestación, erosión) modifica la respuesta hidrológica de las cuencas, lo que incrementa la escorrentía y con ello la magnitud de las crecientes y, por lo tanto, también de las inundaciones. La falta de planeación de las actividades humanas ha alterado el entorno y, con ello, se han establecido las condiciones que frecuentemente dan lugar a inundaciones (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 573). La deforestación magnifica los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos porque da origen a la erosión, los deslizamientos, los azolves, el aumento en la escorrentía o la reducción en la recarga de acuíferos (Carabias y Landa, 2005: 115). De acuerdo con su origen, las inundaciones pueden ser pluviales, fluviales, costeras y por falla de infraestructura hidráulica.

Las inundaciones son procesos naturales que causan desastres por diversos factores. Los procesos meteorológicos hacen que el caudal de los ríos sea un fenómeno natural altamente variable que no puede evitarse ... Esto ha motivado que algunos países modifiquen sus formas de enfrentar el riesgo que representan estos fenómenos y utilicen criterios como el de considerar como avenida de referencia la de cien años de periodo de retorno (Francia, Estados Unidos, España), además de unificar las metodologías de análisis hidrológico por regiones, de realizar campañas de actualización y concentración de la cartografía y, finalmente, de hacer y mantener actualizados los mapas de riesgo (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 576).

El primer país que dispuso de mapas de riesgo fue Estados Unidos. La experiencia de la FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) ha sido, en este sentido, fundamental. El concepto de vía de intenso desagüe (*floodway*), el uso del

tirante como principal indicador y el periodo de retorno de 100 años como base son algunas de las ideas que después han pasado a otros países. Para construir los mapas de peligrosidad, actualmente se trabaja con tecnología LIDAR (*Light Detection and Ranking*) y con modelación hidrológico-hidráulica, conectados con sistemas de información geográfica (Villarroya y Sánchez, 2006, citado por Arganis Juárez *et al.*, 2010: 576, 577).

Desde luego, la construcción de esta metodología geográfico-matemática no debería estar desconectada de la planeación socioambiental y económico-ambiental de los asentamientos humanos, agropecuarios e industriales, así como las redes infraestructuras que los enlazan. Sin embargo, este no es el objetivo principal de las actividades económicas industriales capitalistas que encabezan la dinámica económica y social general. La toma de decisiones respecto de sus emplazamientos territoriales no suelen tomar en cuenta el cumplimiento de las normas ambientales y de la prevención de riesgos. Es el caso de los proyectos turísticos que destruyen los ecosistemas costeros que protegen de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como los proyectos de urbanización salvaje, de minería a cielo abierto, construcción de ductos de gas o petróleo (caso del gasoducto Puebla-Tlaxcala-Morelos), así como de presas hidroeléctricas, por mencionar sólo algunos, que destruyen fuentes de agua superficial y subterránea, así como los ecosistemas forestales de montañas y valles que regulan el clima, y protegen y previenen de las inundaciones y sequías.

En México, los huracanes se presentan principalmente durante la temporada de lluvias, y las marejadas y los fuertes vientos que originan se resienten, de manera fundamental, en las zonas costeras del Pacífico, el Golfo de México y el Caribe; sin embargo, las lluvias intensas asociadas con estos fenómenos pueden causar inundaciones y deslaves no sólo en las costas, sino también en el interior del territorio nacional. De los 25 ciclones que en promedio llegan cada año a los mares cercanos al país, cuatro o cinco pueden penetrar en el territorio nacional y causar daños severos” (Carabias y Landa, 2005: 107).

Landa *et al.* (2008: 54) han obtenido las siguientes cifras en cuanto a la población que se encuentra en riesgo por eventos extremos:

- 560 municipios rurales de las costas y próximos a éstas, con una población cercana a 7.7 millones de habitantes, se ven afectados por la ocurrencia de ciclones de diversa magnitud. Las zonas con mayor exposición a ciclones de gran intensidad son la península de Yucatán, la costa de Tamaulipas y el norte de Veracruz; también se ven afectadas las costas de Sinaloa, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero, así como la península de Baja California. Un total de 1.4 millones de personas con diversas carencias económicas son las más vulnerables a los impactos de huracanes.
- Cerca de 5.6 millones de pobladores rurales residen en municipios con incidencia de inundaciones, situados principalmente en el noroeste, Sinaloa, Durango, Nayarit y Jalisco, en el noreste, Tamaulipas y norte de Veracruz, así como en el sur-sureste, costas de Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Tabasco. Un total de 3.7 millones de habitantes rurales presentan mayor vulnerabilidad ante situaciones de inundación.

Mientras que Magaña y Neri (2005, citados por Carabias y Landa, 2005: 111) presentan los siguientes datos de exposición de la población a eventos hidrometeorológicos:

- 12 millones de personas, que viven en 74 ciudades localizadas en las zonas costeras del Pacífico, Golfo de México y Caribe, están expuestas al impacto directo de ciclones tropicales, algunos de los cuales alcanzan la magnitud de huracanes.
- 22 millones de personas, habitantes de 22 000 asentamientos, se encuentran amenazadas por inundaciones destructivas.
- Cinco millones de personas, residentes en 3 500 asentamientos, pueden verse afectadas por corrimientos o deslizamientos de tierra.
- 750 000 familias viven en asentamientos informales y precarios.

Asimismo, Arganis Juárez *et al.* (2010: 582-583) señalan las siguientes carencias de México frente a las inundaciones, así como información importante al respecto:

- Desde mediados de los años ochenta se ha frenado el desarrollo de la infraestructura para la regulación de las avenidas, y es notable el deterioro en el mantenimiento y operación de las redes de información hidrométrica y climatológica, que además han reducido su cobertura (desgraciadamente, de los años setenta a la fecha el número de estaciones hidrométricas y climatológicas ha disminuido sensiblemente y la incorporación de tecnología digital de medición ha sido casi nula). También se ha descuidado el mantenimiento de los radares instalados por la Conagua hace ya más de 10 años y sólo se ha instalado uno nuevo en el estado de Chiapas. Es necesario ampliar el número de Sistemas de Alerta Temprana, incorporarles modelos precipitación-escurrencimiento calibrados y garantizar su operación adecuada en todo momento (se sabe de varios que han dejado de operar).
- La información topográfica disponible en las bases de datos del INEGI es demasiado general para las necesidades de los modelos lluvia-escurrencimiento y de tránsito de avenidas; se requiere emplear tecnologías de desarrollo reciente, pero disponibles (del tipo de la denominada tecnología LIDAR), para contar con datos topográficos adecuados. A partir de esos datos, es posible hacer mapas de peligrosidad para las inundaciones, que deben servir de base para reglamentar el uso del suelo y con ello reducir drásticamente la magnitud de los daños generados por las inundaciones.
- En México se han hecho algunos trabajos (más bien incipientes) sobre mapas de riesgo. Por ejemplo, en un estudio reciente sobre riesgo por inundaciones realizado en los municipios de todo el país, y en el que se utilizó un “índice de peligro” por inundación, el índice de marginación de Conapo, y la densidad poblacional (Jiménez, 2008), muestra que si se divide en cinco categorías la variable riesgo se tendrían 200 municipios en “muy alto riesgo”, 192 en “alto

riesgo”, 223 en “riesgo medio”, 201 en “riesgo bajo”, 219 en “muy bajo riesgo” y, desafortunadamente, 1,429 municipios sin información.

Por lo que este estudio de Arganis Juárez *et al.* (2010) confirma la desatención y desinterés respecto de la prevención del riesgo que los gobiernos neoliberales mexicanos han tenido desde los años ochenta hasta el presente, ya que es durante este periodo cuando más se han intensificado las afectaciones a la población por los fenómenos hidrometeorológicos extremos. Lo cual contrasta, como vimos en el apartado del contexto histórico económico, con los grandes beneficios otorgados por los sucesivos gobiernos neoliberales a las grandes empresas nacionales y extranjeras favorecidas con la privatización de las estratégicas empresas mineras, petrolera, de ferrocarriles, aeroportuarias, eléctrica, de construcción masiva de vivienda, de megaproyectos turísticos en costas y el interior del país, por citar sólo algunas; empresas que entre otras cosas, también contribuyen al incremento del riesgo y la devastación ambiental del territorio gracias a la desregulación ambiental que ha ocurrido a partir de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1993 y su entrada en vigor a partir del 1 de enero de 1994.

### *Sequías*

Hay cuatro tipos de sequía: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica (Valiente, 2001, citado por Arganis Juárez *et al.*, 2010: 584). *Meteorológica* cuando la precipitación es inferior a lo normal en un lugar específico; *agrícola* cuando la humedad de los suelos no satisface los requerimientos para lograr el cultivo; *hidrológica* cuando las reservas superficiales y subterráneas están por debajo de lo normal; *socioeconómica* cuando afecta a las personas (Landa *et al.*, 2008: 18).

Arganis Juárez *et al.* (2010: 587) plantean que para disminuir las afectaciones debidas a una sequía se puede actuar sobre la oferta, básicamente mediante obras hidráulicas de regulación (que ayudan a mejorar la distribución temporal del agua disponible) y de conducción (que ayudan a mejorar su distribución espacial), o la demanda, mediante mejores técnicas de riego y programas de reducción de fugas en

las redes urbanas para hacer eficiente su uso. También se considera muy importante incrementar en gran medida el uso del agua tratada para satisfacer las demandas que no requieren de agua potable (Arganis Juárez *et al.*, 2010: 587).

Los estudios sobre sequías realizados en México son escasos, pero se han realizado algunos para hacer eficiente el uso del agua en el riego, la cual se estimaba de 60% hasta la década de los noventa. También se han realizado esfuerzos por establecer políticas de operación óptima en la generación de energía hidroeléctrica mediante metodologías recientes como la programación dinámica estocástica o el cómputo evolutivo (Arganis, 2004; Arganis y Domínguez, 2008, citados por Arganis Juárez *et al.*, 2010: 587-588).

Landa *et al.* (2008: 54) señalan que en las zonas susceptibles a sequías del norte y centro del país, donde la escasez de agua afecta las actividades humanas y productivas, habitan 7.6 millones de personas, de las cuales 4.6 millones se encuentran en condiciones de alta y muy alta marginación (Landa *et al.*, 2008: 54). Asimismo, de los 879 municipios ubicados en zonas de heladas, 49.6 por ciento son municipios rurales. En los últimos tres lustros se incrementó la población ubicada en zonas con presencia de heladas, el número de habitantes pasó de 39 millones en 1990 a 49.8 millones en 2005, de los cuales 5.8 millones (11.6%) residen en localidades rurales del centro y norte del país (Landa *et al.*, 2008: 54).

Sin embargo, según Arganis Juárez *et al.* (2010: 588-589), las carencias siguen siendo muchas:

- El desarrollo de las obras hidráulicas de almacenamiento y conducción se ha frenado de manera dramática en los últimos 30 años.
- Se requiere ampliar significativamente la inversión en infraestructura dentro de los distritos de riego (mediciones de control, nivelación de terrenos, etcétera) para mejorar su eficiencia. A pesar de los estudios realizados sobre el tema, la eficiencia en el riego sigue siendo muy baja. Hacen falta programas piloto demostrativos (mediante los cuales también se adquirirán conocimientos para mejorar los planteamientos teóricos) y generalizar la aplicación de los resultados de estos estudios.

- En cuanto a las redes de agua potable, las pérdidas en las redes de distribución son altísimas (se estiman en alrededor de 40% en casi todas las poblaciones del país). Es necesario desarrollar programas eficientes de sectorización: cada sector debe tener pocas entradas de agua y de preferencia ninguna salida, lo que facilita su control –de flujos y de presiones– pero, sobre todo, permite que las variaciones de presión en cada sector no se transmitan a los demás y sea la red primaria la que distribuya el agua entre los sectores. Los programas de sustitución de las redes dañadas deben asociarse a los de sectorización.
- Los niveles de tratamiento de las descargas de aguas residuales son muy bajos y en muchos casos el tratamiento no está diseñado de tal modo que se consideren las obras y acciones necesarias para que las aguas tratadas sean usadas adecuadamente. Es necesario que su diseño sea integral y considere la alimentación desde las redes de drenaje, el tratamiento mismo y la distribución a los sitios de demanda.

Observamos que al igual que en el caso de las inundaciones, los riesgos de sequía y heladas han aumentado durante el periodo neoliberal en México debido al incremento de los asentamientos de población y de actividades productivas en zonas con esas características climáticas o que devinieron como tales. Los autores citados señalan la falta de mantenimiento o creación de nuevas infraestructuras ahorradoras de agua tanto en la agricultura como en dotación de agua potable en las ciudades de esas regiones, así como la falta de planeación para evitar los asentamientos en ellas. No hay por parte de las autoridades gubernamentales políticas adecuadas de prevención de estas problemáticas y situaciones de riesgo, sigue más bien predominando la desatención por el interés general y los privilegios a las grandes empresas depredadoras del recurso, como es el caso de Grupo Lala y Peñoles en La Laguna.

## *Consideraciones sobre los eventos hidrometeorológicos extremos*

Arganis Juárez *et al.* (2010: 589-590) tienen las siguientes propuestas frente a los eventos hidrometeorológicos extremos:

- Es muy importante incrementar la red de estaciones climatológicas e hidrométricas automatizadas para tener la información oportuna de la variación de las lluvias y los escurrimientos en las distintas zonas del país, así como continuar con el desarrollo y la calibración de modelos para pronosticar precipitaciones y escurrimientos y desarrollar mapas de peligro por inundaciones en toda la República.
- Para mitigar los efectos de las sequías se requieren estudios que permitan caracterizar estadísticamente su comportamiento e incluso pronosticar su ocurrencia con la mayor anticipación posible.
- Debido a que el agua es un recurso cada vez más escaso, la eficiencia en su manejo es imperativa. Se requiere dar un impulso decidido a la construcción de obras para almacenarla y conducirla a los centros de demanda; operar las obras de forma óptima, y reducir los desperdicios, sobre todo en el riego (que representa más de 70% de la demanda) y en las redes de distribución de agua potable (es decir, agua con un alto valor agregado).

Carabias y Landa (2005: 108-116) tienen a su vez las siguientes consideraciones y propuestas frente a los eventos hidrometeorológicos extremos:

- Si bien es cierto que la variabilidad climática ha existido siempre y que tanto los ecosistemas como los seres vivos –incluyendo la especie humana– se han adaptado a ella, hoy día los fenómenos extremos afectan a un mayor número de personas ya que la falta de planeación en la ocupación territorial ha llevado a establecer asentamientos en zonas muy vulnerables a los efectos de estos fenómenos.

- En México, los eventos hidrometeorológicos extremos han afectado, sobre todo, zonas en las que se concentra la mayor marginación social, como el centro y el sur del país.
- Por lo general, las zonas en las que se registran graves pérdidas o daños experimentan un retraso de hasta una década en su desarrollo.
- La exposición y vulnerabilidad frente a desastres se incrementan en México por factores como los siguientes (Magaña y Neri, 2005, citados por Carabias y Landa, 2005, pp. 110 y 111):
  - a) *Incremento poblacional*: durante el siglo XX la población del país creció siete veces, de 13.6 millones a alrededor de 100 millones. Aun sin cambios en los demás parámetros, el simple crecimiento demográfico amplía la magnitud de la población expuesta a peligros asociados a las condiciones biogeofísicas. Por ejemplo, la población de ciudades expuestas a ciclones tropicales aumentará de 12 millones en 2000 a 14.6 millones en 2020.
  - b) *Proceso de urbanización*: la urbanización, aunada al aumento poblacional, podría ser la transformación socioambiental más significativa experimentada por el país en el siglo XX. Al comienzo de este siglo, sólo 10% de la población de México habitaba asentamientos de más de 15 000 habitantes. Un siglo más tarde, este segmento urbano representa 67.1% de la población del país.
  - c) *Crecimiento relativo de la pobreza*: el incremento de la población que vive en condiciones de pobreza aumenta la vulnerabilidad en mayor proporción que el crecimiento poblacional por sí solo. Las proyecciones de los índices de marginación de México apuntan hacia su agravamiento relativo en los estados del sur del país: Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Estas entidades federativas figuran también entre las zonas más expuestas a eventos con potencial destructivo, como son huracanes, lluvias torrenciales e inundaciones. La concentración de la pobreza y la marginación en estas zonas geográficas incrementará, por consiguiente, la vulnerabilidad ante ciertos eventos extremos, en mayor proporción que el simple crecimiento poblacional.
  - d) *Expansión económica*: aun si los parámetros poblacionales permanecen constantes, la expansión económica expone a la acción de los eventos destructivos a un número creciente de procesos productivos, cada vez más complejos e interconectados. Se

incrementa el valor de la infraestructura y de los bienes producidos susceptibles de ser afectados por dichos eventos y se multiplican las interdependencias económicas que elevan los daños indirectos derivados.

- A pesar de las acciones que realizan el SMN y las dependencias y organismos asociados al Sinaproc y el Cenapred, las experiencias recientes de desastres han puesto en evidencia que, no obstante la creciente organización gubernamental, los efectos de los desastres han aumentado sensiblemente. Cada ocurrencia de un fenómeno natural (huracán, exceso de precipitaciones, por ejemplo) amenaza con ser el origen de un desastre. El Sinaproc no ha alcanzado niveles de eficiencia satisfactorios y se ha enfocado a responder a las emergencias más que a prevenirlas.
- La información utilizada por las instituciones para tomar decisiones es parcial y en ocasiones se limita al estudio de las amenazas naturales, relegando el análisis de la dimensión social a segundo término e incluso omitiéndola por completo.
- El SMN, al igual que otras instancias gubernamentales relacionadas con la prevención y los desastres, tiene importantes limitaciones como son, entre otras, que el personal no tiene permanencia por largos periodos, las bases de datos cambian con cada gobierno, la escasa modernización de infraestructura e inadecuadas inversiones que no consideran la formación de personal especializado, por ejemplo, en el uso y la aplicación del pronóstico meteorológico.
- La desarticulación entre instituciones dificulta la distribución y el manejo de la información.
- La fragmentación institucional también obstaculiza el tratamiento y la solución de problemas complejos como los desastres.
- Falta capacitación y planeación eficiente ante los desastres.
- La vulnerabilidad todavía se entiende como algo relacionado con el impacto y no como un proceso dinámico.
- No existe una cultura para la prevención de los desastres; la población y las instituciones reaccionan ante los fenómenos extremos pero no los previenen.

- El incremento en la vulnerabilidad está, con mucha frecuencia, determinado por la indebida ubicación de nuevos asentamientos o nuevos procesos productivos en zonas con particular exposición a eventos peligrosos. Un instrumento que puede prevenir este problema es el Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT), promulgado, y de carácter obligatorio, desde las últimas modificaciones a la LGEEPA en 1996.
- El OEGT ha permitido caracterizar el territorio nacional según niveles de estabilidad ambiental y de fragilidad natural, por lo que sería fundamental revalorarlo como un instrumento orientador esencial para la prevención. Sin embargo, escasamente se toma en cuenta en la planeación y el diseño de acciones frente a los fenómenos hidrometeorológicos. Además del OEGT, existen por ley los ordenamientos ecológicos regionales, locales y marinos, que son complementarios y para diferentes escalas. Estos ordenamientos están avanzando muy lentamente; no más de 25 millones de hectáreas, alrededor de 12.5% del territorio nacional, cuentan con algún tipo de ordenamiento.
- El incumplimiento de la regulación ambiental también debilita las funciones del Estado, incrementando la vulnerabilidad frente a eventos peligrosos, ya que se puede aumentar el riesgo, por ejemplo, por no respetar las declaratorias de áreas naturales protegidas, o por no cumplir las acciones de mitigación que se definen en una manifestación de impacto ambiental.
- Aunque se han establecido algunas medidas de prevención de daños, como el Sistema de Alerta Temprana ante Ciclones Tropicales, es evidente que aún no existe una infraestructura para organizar a las comunidades frente a los desastres. La población generalmente no participa en la generación de los sistemas de alerta y no tiene confianza en las instituciones.
- En el caso de las sequías, aún no funciona un programa institucional que permita caracterizarlas o prevenirlas, únicamente se declaran estados de emergencia y se improvisan procedimientos ante efectos inminentes.
- La vulnerabilidad debe ser caracterizada para cada tipo de amenaza (sequías, incendios, inundaciones, etc.). Se requiere poner énfasis especial en la

vulnerabilidad puesto que es la variable en la que se puede actuar para disminuir el riesgo, ya que sobre el componente natural no es posible. El concepto de vulnerabilidad tiene que incluir la variabilidad natural del clima y los factores que son producto de actividades humanas, como los asentamientos irregulares.

- Elaborar pronósticos para la prevención. El uso y el conocimiento oportuno de la información meteorológica y climática pueden, en cierta medida, reducir la vulnerabilidad puesto que cuando se conoce la amenaza o el peligro se puede actuar de forma preventiva y considerarla en la planeación de futuras actividades, en estrategias de adaptación o en ambas.
- El proceso de análisis de riesgos debe ser abierto a una mayor participación y escrutinio de la sociedad afectada, para incorporarla a la previsión del riesgo. Es importante que todos los grupos sociales estén representados en el análisis y en la evaluación de los riesgos, dando atención especial a los grupos más vulnerables, y que los riesgos se identifiquen y jerarquicen.

El cuadro 17 presenta los principales eventos hidrometeorológicos extremos que se presentaron en México en las últimas dos décadas.

**Cuadro 17**  
**Principales eventos hidrometeorológicos extremos**  
**que se presentaron en México en las últimas dos décadas**

Evento	Fecha	Estados afectados	Impactos registrados	Costos
Huracán Gilberto	1988	Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Quintana Roo, Yucatán y Campeche	225 muertes, 46 heridos y 9,739 viviendas afectadas. 88,000 personas evacuadas y 5,000 damnificados. 364,000 hectáreas dañadas. Daños a la navegación, comunicaciones, servicios urbanos e infraestructura. Causó 50% de las pérdidas agrícolas del país.	76 millones de dólares
Huracán Ismael	1995	Sonora, Sinaloa y Baja California Sur	Guasave fue una de las ciudades más afectadas, entre 150 y 200 personas muertas en Sinaloa, 24,111 damnificados en Sonora y 21,500 ha de cultivo dañadas.	
Huracán Paulina	1997	Costas de Guerrero y Oaxaca	En Oaxaca 400 víctimas, más de 5,000 damnificados, más de 120,000 ha de cultivos dañados y 80,000 ha de bosques y selvas perdidos, inundaciones y daños en la infraestructura carretera.	
Lluvias intensas	1998	Chiapas, Distrito Federal y Baja California	En Chiapas 417 muertos, 353 poblaciones afectadas y cerca de 30,000 damnificados. En el D.F. lluvia de 57 mm en 50 minutos, la precipitación más intensa en los últimos 60 años, caída de árboles y postes de energía eléctrica. En Baja California se desalojaron Tijuana y Rosarito, casi 1,000 damnificados y 584 personas refugiadas, 14 muertos y más de 50 colonias inundadas.	
Bajas temperaturas	1998	Todos	241 muertos y numerosos casos de infecciones respiratorias. En el norte del país se presentaron cuantiosos daños, en Sonora se perdieron 17,000 ha en los Valles del Yaqui y El Mayo.	
Huracán Isidoro	2002	Yucatán y Campeche	En Yucatán 500,000 damnificados, 53,000 casas destruidas o dañadas, 1.2 millones de ha de cultivos perdidas. Costosas pérdidas en el sector salinero, en las plantaciones de coco y en la actividad ecoturística.	8,877.56 millones de pesos
Huracán Kenna	2002	Jalisco y Nayarit		1,244.84 millones de pesos
Lluvias intensas	2002	San Luis Potosí y Zacatecas	Rompimiento de dos presas pequeñas que dejaron varios muertos y graves estragos a las localidades cercanas a las infraestructuras colapsadas.	197.66 millones de pesos
Sequía	2002	Sonora, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz y San Luis Potosí	Pérdida de 11,600 cabezas de ganado y afectación de 145,000 ha de cultivos.	
Lluvias e inundaciones	2003	Oaxaca, Chiapas, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Zacatecas, Nayarit y Veracruz.	614,000 personas afectadas, 83,463 viviendas y 200,000 ha agrícolas dañadas y daños en infraestructura.	3,637.5 millones de pesos
Lluvias e inundaciones	2004	Coahuila, Quintana Roo, Chihuahua, Durango	125,000 personas afectadas, 19,624 viviendas y 200,000 ha agrícolas dañadas y daños en infraestructura.	437.9 millones de pesos
Huracanes Stan y Wilma	2005	Chiapas, Veracruz, Quintana Roo, Yucatán, Campeche y Tabasco	El Huracán Stan ocasionó lluvias intensas que causaron deslaves y daños materiales importantes a los estados de Chiapas, Veracruz, Quintana Roo, y en menor medida en Yucatán, Campeche y Tabasco. El Huracán Wilma afectó el 80% de la infraestructura hotelera de Cancún, Cozumel, Isla Mujeres y Playa del Carmen.	30,000 millones de pesos
Lluvias intensas e inundaciones	2007	Chiapas y Tabasco	Las lluvias de más de 300 mm en un día ocasionaron graves inundaciones que cubrieron el 80% del territorio de Tabasco. 1,100,000 damnificados, 670 localidades afectadas, daños graves a la infraestructura urbana y carretera.	Entre 7,500 y 50,000 millones de pesos.

Fuente: Landa *et al.*, 2008, p. 47.

El cuadro 17 muestra el incremento del riesgo frente a los eventos hidrometeorológicos extremos, así como la cantidad de población e infraestructura afectada

por esos fenómenos durante el neoliberalismo en México, y confirma también lo señalado por los autores citados en este apartado acerca de que no hay una política estatal de prevención del riesgo y que las instituciones gubernamentales (Cenapred, Sinaproc, por ejemplo) creadas para atender estas problemáticas no cuentan con mecanismos de prevención sino sólo de atención a desastres. Además de que la regulación ambiental no se aplica y los mecanismos que podrían ser de gran utilidad en la planeación de asentamientos de población y de actividades productivas, así como en la prevención de riesgos, como el Ordenamiento Ecológico del Territorio no se aplican o no se respetan y sólo un reducido porcentaje del territorio nacional cuenta con este instrumento normativo previsto en la LGEEPA (60 locales y 40 regionales hasta el año 2013 (Semarnat, en línea).



## CONCLUSIONES

El sometimiento capitalista del agua en México tiene lugar en la historia previa al neoliberalismo, principalmente a partir del porfiriato y luego con la Revolución mexicana que consolida la gestión estatal nacional del agua con la Constitución de 1917. Posteriormente, con esta base, el Estado nacional mexicano procede a la construcción de importantes infraestructuras de irrigación en el centro y norte del país, además de dirigir la industrialización del país y encabezar también la construcción de las infraestructuras urbanas de agua potable y alcantarillado durante la segunda mitad del siglo XX. Podemos decir entonces que el sometimiento formal y real tiene lugar durante este periodo histórico del país, durante el cual se consolida el desarrollo capitalista mexicano.

Este proceso estuvo acompañado de afectaciones al recurso agua que en su momento eran locales. Sin embargo, la degradación del agua se intensifica significativamente durante el neoliberalismo.

La información oficial y académica revisada nos permitió constatar que durante el periodo de estudio tiene lugar una sistemática y creciente sobreutilización, contaminación y desperdicio del agua que configura una crisis del recurso en México, y son muchos los indicadores al respecto: el número de acuíferos sobreexplotados se ha incrementado desde mediados de los años setenta (32 en 1975, 101 en 2008); las reservas de agua subterránea se están minando de manera significativa año con año (6 km<sup>3</sup> anualmente); la principal fuente de agua potable para las ciudades es subterránea y la mayor parte de la población mexicana vive actualmente en ciudades; el riego de dos millones de hectáreas depende del agua subterránea (un tercio de la superficie total bajo riego); las aguas superficiales fuertemente contaminadas afectan a las principales cuencas hídricas del país, además de la grave contaminación de las costas mexicanas del golfo de México y el Océano Pacífico, de acuerdo a importantes investigaciones académicas presentadas en el trabajo; las principales actividades económicas de México están localizadas en lugares de mayor escasez natural del agua; y el porcentaje de pérdida de agua en las redes de infraestructuras urbanas y rurales

de agua potable así como en las de irrigación es muy alta (de 30 a 50% en las ciudades, mayor del 50% en las infraestructuras de riego).

A lo anterior se suma los efectos recíprocos de la influencia antropogénica sobre la crisis del agua y el medio ambiente en general, derivando en la problemática del cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos, los cuales afectan principalmente a millones de personas en situación de marginación. Asimismo, aunque la temática de la privatización del recurso no fue tema de este trabajo, también observamos, de acuerdo con varios autores, que este proceso también incide en la crisis del agua en tanto que a los privatizadores les interesa sobre todo aumentar la oferta del líquido sin importarles prevenir la sobreutilización y contaminación del mismo con tal de incrementar sus ganancias.

Por lo que las políticas y acciones gubernamentales no están atendiendo las problemáticas de crisis del agua en México y más bien están favoreciendo procesos y actividades económicas que contribuyen a agravar dicha crisis, es el caso de la explotación petrolera mediante el *fracking*, la minería a cielo abierto (30% del territorio nacional); proyectos carreteros, hidroeléctricos, mineros, de urbanización salvaje, turísticos en zonas de reserva ecológica o zonas ya afectadas por una fuerte presión sobre el recurso.

Lo anterior coloca a la sociedad civil en una situación de indefensión frente al Estado mexicano, el cual favorece los intereses particulares en perjuicio del interés general. Por lo que ya muchas comunidades del país están en pie de lucha en defensa de sus recursos naturales y territorios, contra la destrucción y el despojo que el gran capital pretende llevar a cabo.

La Asamblea Nacional de Afectados Ambientales detectó en el año 2011 más de 220 casos de conflictos socioambientales en el país, aunque se calcula que a la fecha son ya más de 400, los cuales en su mayoría corresponden a problemáticas hídricas.

Consideramos que la academia no puede quedar al margen de esta grave situación, ante la cual requiere tomar postura y contribuir a su solución haciendo lo que sabe hacer: investigar, informar y poner en alerta a la opinión pública nacional sobre esta crisis del sistema hídrico nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aboites Aguilar, Luis, Diana Birrichaga Gardida y Jorge Alfredo Garay Trejo (2010), “El manejo de las aguas mexicanas en el siglo XX”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia y Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias y Conagua, pp. 21-49.
- Aldama Rodríguez, Álvaro Alberto (2004), *El agua en México: una crisis que no debe ser ignorada*, en Jacobo Villa Marco Antonio y Elsa Saborío Fernández (coordinadores), *La gestión del agua en México: los retos para el desarrollo sustentable*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 2004.
- Arganis Juárez, Maritza Liliana, Ramón Domínguez Mora, Martín Jiménez Espinosa y Delva Guichard Romero (2010), “Eventos extremos”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), 2010, pp. 563-594.
- Arreguín Cortés, Felipe I., Víctor Alcocer Yamanaka, Humberto Marengo Mogollón, Claudia Cervantes Jaimes, Pedro Albornoz Góngora, María Guadalupe Salinas Juárez (2010), “Los retos del agua”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), pp. 51-77.
- Barlow, Maude y Tony Clarke (2004), *Oro azul. Las multinacionales y el robo organizado de agua en el mundo*, Barcelona, Paidós, 417 pp.
- Barreda, Andrés y Raymundo Espinoza (coordinadores) (2014), *El despojo y la depredación de México Libre comercio y desviación de poder como causas de la violencia estructural, la impunidad y el terrorismo de Estado contra los pueblos de México. Acusación general de la sociedad civil ante el Tribunal Permanente de los Pueblos*, México, en prensa.

- Barreda, Andrés (2007a), "El sometimiento capitalista del agua y su relación con la crisis de los alimentos", en Jorge Veraza (coordinador), *Los peligros de comer en el capitalismo*, México, Editorial Itaca, pp. 199-250.
- Barreda, Andrés (2007b), "Viejas y nuevas formas de explotación y despojo", [en línea] en [EcoMarxismo radical. Crítica de la civilización capitalista](http://criticacomunista.wordpress.com/2007/12/03/andres-barreda-viejas-y-nuevas-formas-de-explotacion/), <http://criticacomunista.wordpress.com/2007/12/03/andres-barreda-viejas-y-nuevas-formas-de-explotacion/>, 3 de diciembre.
- Barreda, Andrés (2006), "La privatización del agua y sus servicios en México", en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 13-28.
- Barrios Ordóñez, J. Eugenio (2004), "El manejo de la calidad del agua: un asunto pendiente", en Cecilia Tortajada, Vicente Guerrero y Ricardo Sandoval (2004), *Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas*, México, Cámara de Diputados, LIX Legislatura, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A.C., Miguel Ángel Porrúa.
- Botello, Alfonso V., Susana Villanueva Fregoso y Guadalupe Ponce Vélez (2010), "La contaminación de las costas mexicanas", en Alonso Aguilar Ibarra (coordinador), *Calidad del agua. Un enfoque multidisciplinario*, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- Calva, José Luis (2012), "Expectativas y realidades del TLCAN: 1994-2011)", en José Luis Calva (coordinador), *Crisis económica mundial y futuro de la globalización*, México, Juan Pablos Editor/Consejo Nacional de Universitarios, pp. 256-276.
- Calva, José Luis (2001), *México más allá del neoliberalismo. Opciones dentro del cambio global*, México, Plaza y Janés, 311 pp.
- Carabias, Julia y Rosalva Landa (2005), *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*, México, UNAM, El Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte, 219 pp.
- Castelán Crespo, J. Enrique (2001), *Innovaciones mexicanas en el manejo del agua*, México.

- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2010), *Estadísticas del Agua en México*, México.
- Conagua (2013), *Atlas del agua en México 2013*, México.
- Conagua (2011), *Estadísticas del agua en México*, México.
- Conagua (2010), *Estadísticas del agua en México*, México.
- Conagua (2010), *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México.
- Conagua (2009), *Atlas del agua en México 2009*, México.
- Conagua (2008), *Estadísticas del agua en México*, México.
- Conagua (2007), *Análisis de la información del agua de los censos y conteos 1990 a 2005*, México.
- Conagua (2005), *Estadísticas del agua en México*, México.
- Conagua (2003), *Estadísticas del agua en México*, México.
- Dávila, Sonia (2006), "Comisión Nacional del Agua: la vía directa hacia la privatización" en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 44-59.
- Flores, Gonzalo y Efraín León (2006), "Cambios institucionales en la política del agua en México", en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 37-44.
- Fundación Gonzalo Río Arronte-Fundación Javier Barros Sierra (2004), *Prospectiva de la demanda de agua en México 2000-2030*, México.
- Gutiérrez *et al.* (2006), "La privatización del agua en las ciudades y en el campo, el gran negocio industrial", en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 69-79.
- Harvey, David (2004), "El «nuevo» imperialismo: acumulación por desposesión", en Leo Panitch y Colin Layes (editores), *Socialist Register 2004. El nuevo desafío imperial*, Buenos Aires, CLACSO, enero de 2005, pp. 99-129.
- Harvey, David (2007), *Breve historia del neoliberalismo*, Madrid, España, Akal, 256 pp.
- INEGI (2011), *Censo de Población y Vivienda 2010 [en línea]*, Ags., México, [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est) [consulta: 7 de abril de 2011].

- Jiménez Cisneros, Blanca, Juan Carlos Durán Álvarez y Juan Manuel Méndez Contreras “Calidad”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), 2010, pp. 265-290.
- Lacoste, Yves (2003), *El agua, la lucha por la vida*, España, Larousse, Biblioteca Actual, 127 pp.
- Landa, Rosalva, Víctor Magaña, Carolina Neri (2008), *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*, México, Semarnat, UNAM–Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2008.
- León, Efraín y Octavio Rosas Landa (2006a), “Leyes para la privatización del agua en México”, en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 29-35.
- León, Efraín y Octavio Rosas Landa (2006b), “La privatización del agua y la guerra contra las comunidades en México”, en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 109-113.
- López Zavala, Miguel Ángel y Blanca Nelly Flores Arriaga (2010), “Industria”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), 2010, pp. 179-202.
- Maderey Rascón, Laura Elena y J. Joel Carrillo Rivera (2005), *El recurso agua en México: un análisis geográfico*, México, Instituto de Geografía, UNAM.
- Marx, Karl (1985), “La teoría moderna de la colonización”, en *El capital*, tomo I, vol. III, México, Siglo XXI editores, pp. 955-967.
- Moreno Vázquez, José Luis, Boris Marañón Pimentel y Dania López Córdova (2010), “Los acuíferos sobreexplotados: origen, crisis y gestión social”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), pp. 79-115.

- ONU, [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_cities.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.shtml)
- ONU, [http://www.unwater.org/wwd11/index\\_es.html](http://www.unwater.org/wwd11/index_es.html)
- ONU, [http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/agua\\_industria.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts_figures/agua_industria.shtml)
- Peña, Alejandra (2006), “La privatización de los servicios públicos de agua potable, drenaje y saneamiento en México”, en Andrés Barreda (coordinador), *En defensa del agua*, México, Casifop-Editorial Itaca, pp. 81-86.
- Pineda Pablos, Nicolás, Alejandro Salazar Adams y Mario Buenfil Rodríguez (2010), “Para dar de beber a las ciudades mexicanas: el reto de la gestión eficiente del agua ante el crecimiento urbano”, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), pp. 117-140.
- Ruelas Monjardín, Laura Celina, Martha Chávez Cortés, Víctor Luis Barradas Miranda, Adriana Miranda Octaviano Zamora y Liliana García Calva (2010), *Uso ecológico*, en Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar (editores), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Comisión Nacional del Agua (Conagua), 2010, pp. 237-264.
- Saxe-Fernández, John (2010), “Diseños imperiales sobre México y América Latina”, en *Archipiélago*, núm.
- Saxe-Fernández, John (2006), “México-Estados Unidos: seguridad y colonialidad energética”, en *Nueva Sociedad*, núm. 204,
- Saxe-Fernández, John (2002), *La compra-venta de México. Una interpretación histórica y estratégica de las relaciones México-Estados Unidos*, México, Plaza y Janés, 598 pp.
- Semarnat [en línea], [http://web2.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/actualizacion\\_2013/Decretados\\_20131010.jpg](http://web2.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/actualizacion_2013/Decretados_20131010.jpg) (consulta: febrero de 2014).
- Veraza, Jorge (2007), *Economía y política del agua. El agua que te vendo primero te la robé*, México, Editorial Itaca, 95 pp.



## ANEXO

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y ALCANTARILLADO (1990-2009)

#### COBERTURA DE AGUA POTABLE

##### *Población con cobertura de agua potable*

Las autoridades del agua en México registran estadísticamente el servicio de agua potable a la población con el término “cobertura de agua potable”, definido como el número de ocupantes de viviendas particulares que cuentan con este servicio público (CONAGUA, 2007, p. 11), según la siguiente clasificación:

- agua entubada dentro de la vivienda
- agua entubada fuera de la vivienda, pero dentro del terreno
- agua de una llave pública o hidrante
- agua de otra vivienda

De acuerdo a la CONAGUA, “entre 1990 y 2005 la población de México creció en 19.6 millones de personas”. En este periodo (15 años) la cobertura de agua potable pasó de 78.4 a 89.2% (63.1 a 89.8 millones de habitantes), lo que significa que 26.7 millones de personas más obtuvieron acceso al servicio de agua potable en el periodo 1990-2005, ya sea dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro del terreno, de llave pública o hidrante, o bien de otra vivienda” (CONAGUA, 2007: 7). Mientras que al 31 de diciembre del año 2009 la cobertura nacional fue de 90.7% (93.9 millones de habitantes), la cual se desglosa en 94.3% para las zonas urbanas (75.1 millones de habitantes) y 78.6% para las rurales (18.8 millones de habitantes) (ver cuadro 1 y gráfica 3). La población mexicana se incrementó de 80.4 millones de habitantes en viviendas particulares en 1990 a 100.2 millones en 2005 y a 103.6 millones en 2009 (Conagua, 2010b: 20; ver cuadro 1). Es importante hacer notar que de acuerdo con la Conagua los habitantes con cobertura no necesariamente disponen

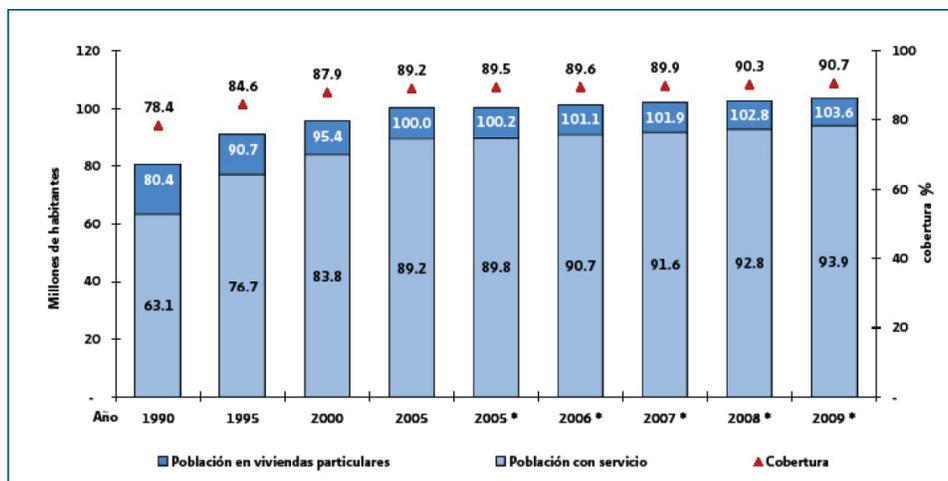
de agua con calidad para consumo humano; que la población en localidades grandes, mayores de 100 000 habitantes, incrementan su cobertura más rápidamente que en localidades más pequeñas, y que el incremento de la población es mayor en las localidades urbanas, en tanto que en las localidades rurales decrece (Conagua, 2010: 96-97; Conagua, 2010b: 20). Asimismo, con una cifra proyectada de 107 millones de habitantes al año 2009, 77% de esta población se ubica en 3,190 poblaciones urbanas y el resto en 184,748 comunidades rurales, localidades muy dispersas con menos de 2,500 habitantes (Conagua, 2010b: 16). Las poblaciones con más de 100 mil habitantes son 123 en 2005 y 131 en 2010 y en ellas se concentra 49% de la población en 2005 y 47.8% en 2010.

Cuadro 1  
Evolución de la cobertura nacional de agua potable (1990-2009)

Año	Población total en viviendas particulares	Habitantes (millones)			Porcentaje de cobertura
		Con servicio	Sin servicio	Beneficiados	
1990	80.4	63.1	17.4		78.4
1995	90.7	76.7	14.0	13.7	84.6
2000	95.4	83.8	11.6	7.1	87.9
2005	100.0	89.2	10.8	5.4	89.2
2005*	100.2	89.8	10.5	0.5	89.5
2006*	101.1	90.7	10.4	1.0	89.6
2007*	101.9	91.6	10.3	0.9	89.9
2008*	102.8	92.8	10.0	1.1	90.3
2009*	103.6	93.9	9.7	1.1	90.7

Fuente: Conagua, 2010b, p. 20.

Gráfica 3  
Cobertura de agua potable en México (1990-2009)



Fuente: Conagua, 2010b, p. 20.

Por región hidrológico-administrativa, las regiones que están por arriba del promedio nacional en el año 2005 y que más han incrementado su cobertura en el periodo 1990-2005 son, en orden de mayor a menor: XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (92.5 a 96.5%), VI Río Bravo (91.8 a 96.1%), II Noroeste (89.7 a 94.8%) y XII Península de Yucatán (74 a 94.1%), VIII Lerma Santiago Pacífico (84.2 a 93.4%), VII Cuencas centrales del norte (83.2 a 93.3%), I Península de Baja California (81.3 a 92.9%). Al año 2005, todas estas regiones reúnen un total de 58.8 millones de habitantes, que representan 66% del total de la población con cobertura de agua potable, que además se localiza en las regiones de México con menor disponibilidad natural de agua, excepto la región XII Península de Yucatán. El promedio nacional de cobertura de agua potable para el periodo 1990-2005 pasó de 78.4 a 89.2%. Y las regiones que están por debajo del promedio nacional en el año 2005 o que menos han incrementado su cobertura en el periodo 1990-2005 son las regiones: III Pacífico Norte (78.7 a 89%), IV Balsas (72.8 a 84.4%), IX Golfo Norte (57.6 a 80.9%), X Golfo Centro (58.8 a 77.2%), XI Frontera Sur (56.6 a 74.3%) y V Pacífico Sur (59.3 a 73.6%). Al año 2005, estas regiones reúnen un total de 30.3 millones de personas, que representan 34% de la población con cobertura de agua potable; tres de las regiones con las coberturas más bajas (X Golfo Centro, XI Frontera Sur y V Pacífico Sur) son las que cuentan con la más alta disponibilidad natural de agua del país (ver cuadros 2 y 3).

Cuadro 2  
Habitantes con cobertura de agua potable por Región Hidrológico-Administrativa

Región Hidrológico-Administrativa		12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005	Diferencia 1990-2005
1	Península de Baja California	1 565 413	2 154 088	2 475 206	2 868 364	1 302 951
2	Noroeste	1 711 596	2 030 323	2 180 450	2 285 279	573 683
3	Pacífico Norte	2 649 357	3 154 485	3 369 924	3 382 562	733 205
4	Balsas	5 889 333	7 469 062	8 072 698	8 488 170	2 598 837
5	Pacífico Sur	1 961 567	2 539 716	2 855 295	2 912 013	950 446
6	Río Bravo	6 752 001	8 066 352	8 865 773	9 557 865	2 805 864
7	Cuencas Centrales del Norte	2 770 883	3 184 677	3 377 127	3 672 916	902 033
8	Lerma-Santiago-Pacífico	13 039 586	15 878 479	17 088 491	18 194 047	5 154 461
9	Golfo Norte	2 404 417	3 061 667	3 508 457	3 874 353	1 469 936
10	Golfo Centro	4 697 523	5 605 000	6 487 167	7 147 699	2 450 176
11	Frontera Sur	2 666 654	3 490 305	4 164 434	4 561 588	1 894 934
12	Península de Yucatán	1 740 516	2 445 639	2 924 075	3 294 464	1 553 948
13	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	15 206 696	17 659 135	18 399 705	18 984 431	3 777 735
Total general		63 055 542	76 738 928	83 768 802	89 223 751	26 168 209

Fuente: Conagua (2007, p. 11).

Cuadro 3  
Habitantes con cobertura de agua potable por Región Hidrológico-Administrativa (porcentajes)

Región Hidrológico-Administrativa		12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005
1	Península de Baja California	81.3%	87.4%	92.0%	92.9%
2	Noroeste	89.7%	93.2%	95.2%	94.8%
3	Pacífico Norte	78.7%	85.6%	88.8%	89.0%
4	Balsas	72.8%	81.1%	83.2%	84.4%
5	Pacífico Sur	59.3%	69.0%	73.4%	73.6%
6	Río Bravo	91.8%	94.4%	96.1%	96.1%

7	Cuencas Centrales del Norte	83.2%	87.9%	90.9%	93.3%
8	Lerma-Santiago-Pacífico	84.2%	90.3%	92.2%	93.4%
9	Golfo Norte	57.6%	67.8%	75.5%	80.9%
10	Golfo Centro	58.8%	64.6%	71.9%	77.2%
11	Frontera Sur	56.6%	65.4%	73.1%	74.3%
12	Península de Yucatán	74.0%	84.9%	91.9%	94.1%
13	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	92.5%	96.3%	96.9%	96.5%
Promedio nacional		78.4%	84.6%	87.8%	89.2%

Fuente: Conagua (2007, p. 14).

Por entidad federativa, son 22 estados los que están por arriba del promedio nacional en cobertura de agua potable en el año 2005 y que durante el periodo 1990-2005 tuvieron los siguientes cambios: Aguascalientes (95.5 a 97.8%), Colima (93 a 97.8%), Distrito Federal (96.1 a 97.6%), Coahuila (91.9 a 97.3%), Tlaxcala (90.9 a 97.3%), Yucatán (70.2 a 96.1%), Nuevo León (92.9 a 95.6%), Sonora (91 a 95.2%), Tamaulipas (80.9 a 94.7%), Quintana Roo (88.7 a 94.5%), Baja California (79.8 a 93.8%), así como 11 estados más. Estos 22 estados con la mayor cobertura nacional de agua potable en 2005 reúnen 65.2 millones de personas, que representan 73% del total nacional de habitantes en viviendas particulares que cuenta con cobertura y que en su mayoría se ubican en las regiones con baja disponibilidad natural de agua del país, excepto Yucatán y Quintana Roo. El promedio nacional de cobertura se incrementó de 78.4 a 89.2% durante el periodo 1990-2005 (ver cuadros 4 y 5).

Cuadro 4  
Habitantes con cobertura de alcantarillado por entidad federativa (1990-2005)

Entidad Federativa	12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005	Diferencia 1990-2005
Aguascalientes	608 599	805 120	885 747	1 014 491	405 892
Baja California	1 056 522	1 592 271	1 834 971	2 315 939	1 259 417
Baja California Sur	199 643	276 735	333 002	433 890	234 247
Campeche	232 250	373 864	416 430	581 038	348 788

Chiapas	1 223 160	1 871 419	2 240 187	3 091 230	1 868 070
Chihuahua	1 577 172	2 197 225	2 490 222	2 764 427	1 187 255
Coahuila de Zaragoza	1 316 700	1 646 567	1 890 128	2 242 240	925 540
Colima	344 044	455 331	473 586	533 747	189 703
Distrito Federal	7 616 749	8 246 267	8 292 918	8 287 261	670 512
Durango	704 564	923 091	1 027 679	1 222 671	518 107
Guanajuato	2 281 514	3 102 541	3 484 378	4 129 605	1 848 091
Guerrero	896 973	1 346 329	1 511 543	1 960 075	1 063 102
Hidalgo	778 467	1 184 420	1 419 826	1 829 279	1 050 812
Jalisco	4 202 895	5 335 761	5 689 217	6 245 516	2 042 621
México	7 075 482	9 731 387	10 592 500	12 189 590	5 114 108
Michoacán de Ocampo	1 939 088	2 668 720	2 865 294	3 264 556	1 325 468
Morelos	793 252	1 164 972	1 249 619	1 426 877	633 625
Nayarit	477 191	665 625	715 386	844 033	366 842
Nuevo León	2 486 140	3 133 608	3 443 170	3 912 075	1 425 935
Oaxaca	855 165	1 345 731	1 466 122	2 068 761	1 213 596
Puebla	1 858 288	2 603 668	3 088 187	4 149 850	2 291 562
Querétaro de Arteaga	562 252	836 477	1 023 118	1 324 421	762 169
Quintana Roo	260 655	532 601	699 085	885 348	624 693
San Luis Potosí	920 024	1 172 573	1 350 447	1 767 366	847 342
Sinaloa	1 161 908	1 621 899	1 838 584	2 175 449	1 013 541
Sonora	1 166 799	1 521 378	1 709 093	1 976 420	809 621
Tabasco	904 861	1 429 311	1 584 951	1 830 903	926 042
Tamaulipas	1 283 841	1 650 847	1 995 598	2 412 835	1 128 994
Tlaxcala	433 136	665 657	781 586	955 451	522 315
Veracruz de Ignacio de la Llave	3 096 110	4 058 582	4 431 074	5 453 307	2 357 197
Yucatán	569 586	756 629	898 327	1 213 634	644 048
Zacatecas	571 671	772 537	932 406	1 138 893	567 222

Total general	49 454 701	65 689 143	72 654 381	85 641 178	36 186 477
---------------	------------	------------	------------	------------	------------

Fuente: Conagua, 2007:17.

Cuadro 5  
Cobertura de alcantarillado por entidad federativa (1990-2005)  
(porcentajes)

Entidad federativa	12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005
Aguascalientes	85.2%	93.7%	94.5%	96.9%
Baja California	65.4%	76.0%	80.7%	88.9%
Baja California Sur	64.4%	74.6%	79.9%	89.7%
Campeche	44.2%	58.5%	60.8%	78.4%
Chiapas	38.4%	52.6%	59.3%	74.7%
Chihuahua	65.8%	79.0%	84.3%	89.8%
Coahuila de Zaragoza	67.3%	76.1%	83.3%	91.5%
Colima	81.8%	93.9%	93.1%	98.2%
Distrito Federal	93.3%	97.7%	98.1%	98.6%
Durango	52.5%	64.7%	71.8%	82.6%
Guanajuato	58.0%	70.6%	75.3%	85.8%
Guerrero	34.8%	46.3%	49.7%	64.2%
Hidalgo	41.6%	56.2%	64.0%	79.1%
Jalisco	80.3%	89.5%	91.2%	95.8%
México	72.5%	83.4%	84.9%	91.2%
Michoacán de Ocampo	55.5%	69.3%	72.9%	84.2%
Morelos	67.0%	81.2%	83.6%	92.6%
Nayarit	59.1%	75.0%	78.8%	90.9%
Nuevo León	80.8%	88.6%	91.1%	95.3%
Oaxaca	28.5%	42.0%	42.9%	60.0%
Puebla	45.3%	56.5%	62.8%	79.0%
Querétaro de Arteaga	54.0%	67.2%	73.7%	85.6%
Quintana Roo	54.3%	76.1%	81.3%	89.5%
San Luis Potosí	46.2%	53.5%	59.2%	74.2%
Sinaloa	53.5%	67.3%	73.1%	86.4%
Sonora	64.9%	73.5%	78.2%	85.4%

Tabasco	60.6%	82.0%	84.4%	93.4%
Tamaulipas	57.8%	65.6%	73.4%	82.4%
Tlaxcala	57.1%	75.5%	81.9%	90.6%
Veracruz de Ignacio de la Llave	50.1%	60.4%	64.6%	77.7%
Yucatán	42.1%	48.8%	54.6%	68.2%
Zacatecas	45.0%	58.0%	69.3%	84.2%
Promedio nacional	61.5%	72.4%	76.2%	85.6%

Fuente: Conagua, 2007, p. 19.

Por su parte, son 10 los estados del país cuya cobertura de agua potable está por debajo de la media nacional para el año 2005 y que durante el periodo 1990-2005 tuvieron los siguientes cambios: Campeche (88.40%), Baja California Sur (89.4 a 87.7%), Hidalgo (69.4 a 87.2%), Puebla (70.2 a 85.4%), San Luis Potosí (65.5 a 82.7%), Tabasco (55.4 a 76.4%), Veracruz (57.5 a 76.3%), Chiapas (57.3 a 73.5%), Oaxaca (57.2 a 73.3%) y Guerrero (55.1 a 68%). Estos 10 estados en conjunto reúnen un total de 24 millones de personas con la más baja cobertura de agua potable, que representa 27% de la población que cuenta con cobertura. Seis de estos estados (Campeche, Tabasco, Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Guerrero) se ubican en las regiones con la más alta disponibilidad natural de agua (ver cuadro 6 y mapa 10). De hecho:

En los estados del sur y el sureste, en los que la disponibilidad natural de agua puede llegar hasta 14,000 m<sup>3</sup>/hab/año, se registran altas proporciones de población sin servicios, mientras que en algunas regiones del norte, donde la disponibilidad natural llega a ser menor de 2,000 m<sup>3</sup>/hab/año, se tienen las cifras más altas de cobertura de servicios (Carabias y Landa, 2005: 84).

Cuadro 6  
Agua renovable per cápita por región hidrológico-administrativa (2008)

Núm.	Región hidrológico-administrativa	Agua renovable (millones de m <sup>3</sup> )	Población a diciembre de 2008 (millones de habitantes)	Agua renovable per cápita 2008 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Escorrentamiento natural medio superficial total* (millones m <sup>3</sup> /año)	Recarga media total de acuíferos (hm <sup>3</sup> /año)
I	Península de Baja California	4,626	3.68	1,257	3,367	1,259

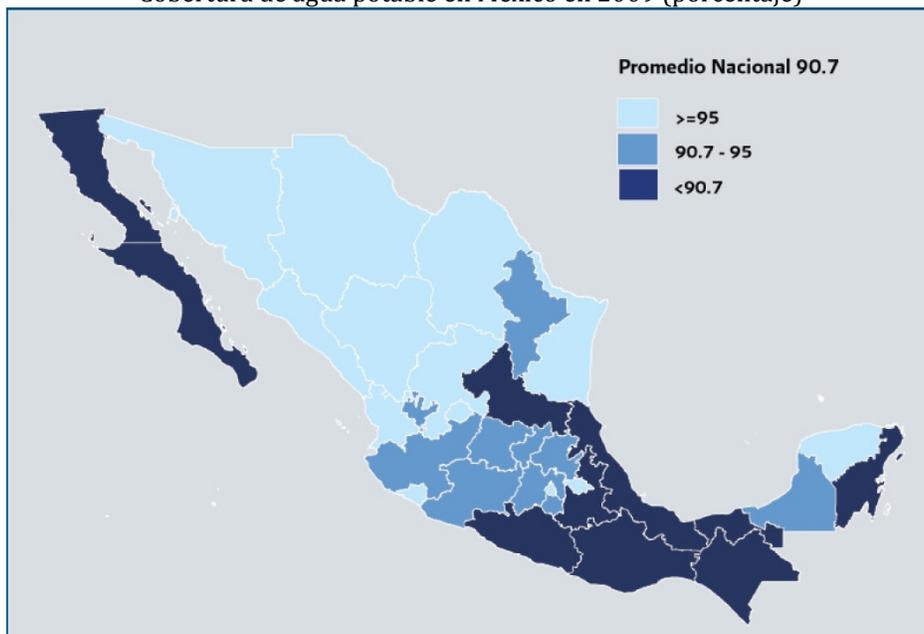
II	Noroeste	8,323	2.59	3,208	5,074	3,250
III	Pacífico Norte	25,627	3.96	6,471	22,364	3,263
IV	Balsas	21,680	10.58	2,049	17,057	4,623
V	Pacífico Sur	32,794	4.12	7,955	30,800	1,994
VI	Río Bravo	11,937	10.84	1,101	6,857	5,080
VII	Cuencas Centrales del Norte	7,884	4.15	1,898	5,506	2,378
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34,160	20.80	1,642	26,431	7,728
IX	Golfo Norte	25,543	4.96	5,155	24,227	1,316
X	Golfo Centro	95,866	9.62	9,969	91,606	4,260
XI	Frontera Sur	157,754	6.56	24,043	139,739	18,015
XII	Península de Yucatán	29,645	3.98	7,442	4,329	25,316
XIII	Aguas del Valle de México	3,514	21.26	165	1,174**	2,340
Total nacional		459,351	107.12	4,288	378,530	80,822

\* Se conforma por el escurrimiento natural medio superficial interno más las importaciones, menos las exportaciones procedentes de otros países.

\*\* Se consideran las aguas residuales de la ciudad de México.

Fuente: Conagua, 2010: 22.

Mapa 10  
Cobertura de agua potable en México en 2009 (porcentaje)



Fuente: Conagua, 2010b, p. 18.

Para el 31 de diciembre del año 2009 el promedio nacional de cobertura de agua potable es de 90.7% y son 21 estados los que están por arriba de este promedio y 11 por debajo. Los primeros 10 estados que están por arriba del promedio nacional para el año 2009 son: Distrito Federal (98.4%), Coahuila (97.4%), Aguascalientes (97.2%), Nayarit (97.1%), Colima (96.6%), Tamaulipas (96.6%), Yucatán (96.5%), Zacatecas (96.2%), Sonora (96%), Sinaloa (95.7%) y 11 estados más. Exceptuando Yucatán y Campeche, el resto de los 19 estados con cobertura por arriba del promedio nacional se localizan en las regiones del país con baja disponibilidad natural de agua y abundante población, ya que en conjunto, los 21 estados reúnen un total de 56.9 millones de habitantes en viviendas particulares que representan 55% de la población total en viviendas particulares (ver cuadro 7) (Conagua, 2010b: 22).

Mientras que los 11 estados que están por debajo del promedio nacional de cobertura de agua potable para el año 2009 son los siguientes, en orden de mayor a menor porcentaje: Quintana Roo (90.6%), Baja California (90.3%), México (90.1%), San Luis Potosí (87.8%), Puebla (84.9%), Baja California Sur (84.5%), Oaxaca (81.4%), Tabasco (80.5%), Chiapas (80.4%), Veracruz (78.8%) y Guerrero (77.8%) (Conagua, 2010b: 22). Seis de estos 11 estados con la más baja cobertura nacional de agua potable en el año 2009 (Quintana Roo, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Veracruz y Guerrero) se ubican en las regiones con la más alta disponibilidad natural de agua potable y, en conjunto, los 11 estados reúnen un total de 46.6 millones de habitantes en viviendas particulares, los cuales representan 45% de dicho rubro (ver cuadro 7) (Conagua, 2010b: 17).

Cuadro 7  
Coberturas de los servicios de agua potable y alcantarillado por entidad federativa a diciembre de 2009

Entidad Federativa	Población total	Habitantes en viviendas particulares	Población con servicio				Población sin servicio			
			Agua potable		Alcantarillado		Agua potable		Alcantarillado	
			habitantes	%	habitantes	%	habitantes	%	habitantes	%
Aguascalientes	1 140 554	1 121 167	1 089 974	97.2	1 085 424	96.8	31 192	2.8	35 742	3.2
Baja California	3 206 148	2 935 608	2 650 122	90.3	2 475 523	84.3	285 486	9.7	460 085	15.7
Baja California Sur	570 737	538 923	455 237	84.5	493 904	91.6	83 687	15.5	45 019	8.4
Campeche	793 310	779 023	723 907	92.9	604 483	77.6	55 116	7.1	174 540	22.4

Chiapas	4 495 213	4 332 117	3 483 303	80.4	3 280 815	75.7	848 814	19.6	1 051 301	24.3
Chihuahua	3 380 405	3 209 975	3 052 499	95.1	2 894 826	90.2	157 476	4.9	315 149	9.8
Coahuila de Zaragoza	2 611 845	2 564 696	2 496 815	97.4	2 380 736	92.8	67 881	2.6	183 961	7.2
Colima	600 464	574 338	554 812	96.6	559 675	97.4	19 526	3.4	14 663	2.6
Distrito Federal	8 747 602	8 431 184	8 296 349	98.4	8 337 769	98.9	134 835	1.6	93 416	1.1
Durango	1 535 447	1 505 753	1 439 470	95.6	1 345 088	89.3	66 282	4.4	160 664	10.7
Guanajuato	4 999 901	4 918 435	4 663 100	94.8	4 259 806	86.6	255 335	5.2	658 630	13.4
Guerrero	3 098 595	3 038 157	2 362 647	77.8	2 183 745	71.9	675 509	22.2	854 412	28.1
Hidalgo	2 399 336	2 365 500	2 202 342	93.1	1 921 237	81.2	163 158	6.9	444 263	18.8
Jalisco	6 992 930	6 750 301	6 311 452	93.5	6 532 399	96.8	438 850	6.5	217 902	3.2
México	14 859 656	14 170 217	12 767 922	90.1	12 481 041	88.1	1 402 295	9.9	1 689 176	11.9
Michoacán de Ocampo	3 910 312	3 820 898	3 580 949	93.7	3 387 944	88.7	239 949	6.3	432 954	11.3
Morelos	1 668 627	1 594 222	1 473 371	92.4	1 525 449	95.7	120 851	7.6	68 773	4.3
Nayarit	960 838	938 989	912 039	97.1	901 520	96.0	26 950	2.9	37 470	4.0
Nuevo León	4 433 318	4 334 816	4 118 873	95.0	4 127 642	95.2	215 943	5.0	207 174	4.8
Oaxaca	3 503 399	3 444 324	2 802 319	81.4	2 278 781	66.2	642 005	18.6	1 165 543	33.8
Puebla	5 621 160	5 480 693	4 654 805	84.9	4 401 080	80.3	825 888	15.1	1 079 613	19.7
Querétaro de Arteaga	1 726 352	1 670 868	1 523 753	91.2	1 409 583	84.4	147 115	8.8	261 285	15.6
Quintana Roo	1 328 275	1 156 325	1 047 690	90.6	980 784	84.8	108 635	9.4	175 541	15.2
San Luis Potosí	2 460 693	2 429 837	2 133 741	87.8	1 888 153	77.7	296 096	12.2	541 683	22.3
Sinaloa	2 628 553	2 537 743	2 427 723	95.7	2 353 706	92.7	110 020	4.3	184 037	7.3
Sonora	2 494 938	2 411 120	2 313 992	96.0	2 117 404	87.8	97 127	4.0	293 716	12.2
Tabasco	2 035 494	2 006 173	1 614 205	80.5	1 898 435	94.6	391 968	19.5	107 738	5.4
Tamaulipas	3 186 960	3 086 058	2 979 605	96.6	2 609 231	84.5	106 453	3.4	476 828	15.5
Tlaxcala	1 131 664	1 116 855	1 064 783	95.3	1 020 585	91.4	52 072	4.7	96 270	8.6
Veracruz de Ignacio de la Llave	7 188 606	7 095 736	5 593 558	78.8	5 700 298	80.3	1 502 178	21.2	1 395 438	19.7
Yucatán	1 918 426	1 875 495	1 810 605	96.5	1 267 898	67.6	64 890	3.5	607 597	32.4
Zacatecas	1 362 729	1 347 807	1 296 363	96.2	1 201 350	89.1	51 444	3.8	146 457	10.9
Nacional	106 992 488	103 583 354	93 898 325	90.7	89 906 313.7	86.8	9 685 029	9.3	13 677 040	13.2

Fuente: Conagua, 2010b, p. 17.

Es importante mencionar que las cifras de cobertura y de expansión de la infraestructura no son suficientes para conocer la calidad de los servicios. Si bien se ha diseñado una gran cantidad de indicadores relacionados con ella, éstos no se utilizan debido, entre otros factores, a las deficiencias en la medición y el monitoreo de los mismos. Tal es el caso de indicadores como el número de horas del servicio por día, el número de fallas por kilómetro de tubería para agua potable o alcantarillado, o bien la cantidad de personal por toma, que es otro indicador que se aplica poco en las evaluaciones del subsector. Tampoco se conoce la magnitud de los “tandeos” que existen en las periferias de las grandes urbes y en las ciudades de menores dimensiones.<sup>36</sup> Se desconoce igualmente el tamaño del problema de la calidad del agua que se distribuye en las redes municipales (Carabias y Landa, 2005: 85).

### *Población sin servicio de agua potable*

En el año 1990, la población sin servicios de agua potable en México es de 17.4 millones de habitantes (21.6% de la población total en viviendas particulares), 6.1 millones en zonas urbanas y 11.3 en zonas rurales. Para el año 2005 son 10.8 millones (10.8% de la población total en viviendas particulares), 3.8 millones en zonas urbanas y 7 millones en zonas rurales. Mientras que para el año 2009 son 9.7 millones (9.4% de la población total en viviendas particulares), 4.6 en zonas urbanas y 5.1 en zonas rurales (Conagua, 2010b: 20). Destaca el hecho de que sigue siendo más alto el número de habitantes sin servicio de agua potable en las zonas rurales, y también se observa un incremento de la población urbana sin servicios.

Por entidad federativa, durante el periodo 1990-2009, si bien se redujo la población sin servicios de agua potable tanto en términos absolutos como relativos, son prácticamente las mismas entidades las que durante todo el periodo se mantienen por arriba del promedio nacional (9.3%) de población en viviendas particulares sin cobertura de agua potable, a saber: Guerrero, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, que en el año 2009 reúnen un total de 5.2 millones de

---

<sup>36</sup> El “tandeo” es el suministro de agua que se realiza alternativamente o por tandas, es decir, por periodos en los que se libera o suspende el agua en las redes o vías de abastecimiento (Carabias y Landa, 2005: 85).

personas sin este servicio (53.5% del total nacional sin cobertura). Además de las entidades mencionadas, en el año 2009 están por arriba del promedio nacional de población en viviendas particulares sin servicio de agua potable los estados de Baja California Sur (15.5%), México (9.9%), Baja California (9.7%) y Quintana Roo (9.4%), que en conjunto reúnen un total de 1.9 millones de personas sin servicio de agua potable (19.4% del total nacional sin cobertura). Por lo que en conjunto, las 11 entidades federativas del país ya mencionadas, que están por arriba del promedio nacional de población sin servicio de agua potable en el año 2009, representan 73% del total de población sin cobertura (7.1 millones de personas) (Conagua, 2010b: 22, 26). Destaca el hecho de que seis de estas 11 entidades se ubican en las regiones del país con la más alta disponibilidad natural de agua (Guerrero, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Quintana Roo).

## DRENAJE Y ALCANTARILLADO

Para el registro estadístico oficial de la población que cuenta con el servicio de drenaje y alcantarillado se utiliza el término “cobertura de alcantarillado o drenaje”, el cual corresponde al número de ocupantes de viviendas particulares que cuentan con (Conagua, 2007: 11):

- drenaje conectado a la red pública
- drenaje conectado a una fosa séptica
- drenaje con desagüe a suelo, barranca, grieta, río, lago o mar

### *Población con cobertura alcantarillado*

Durante el periodo 1990-2005, el promedio nacional de cobertura de drenaje o alcantarillado pasó de 61.5% a 85.6% (49.5 a 86.1 millones de habitantes en viviendas particulares), por lo que 36.6 millones de personas lograron acceso “al servicio de alcantarillado en este periodo, ya sea con desagüe conectado a la red pública de drenaje, a una fosa séptica, o bien a una barranca, grieta, río, lago o mar” (ver cuadro 8) (Conagua, 2007: 7). En el año 2005, la cobertura de drenaje o alcantarillado

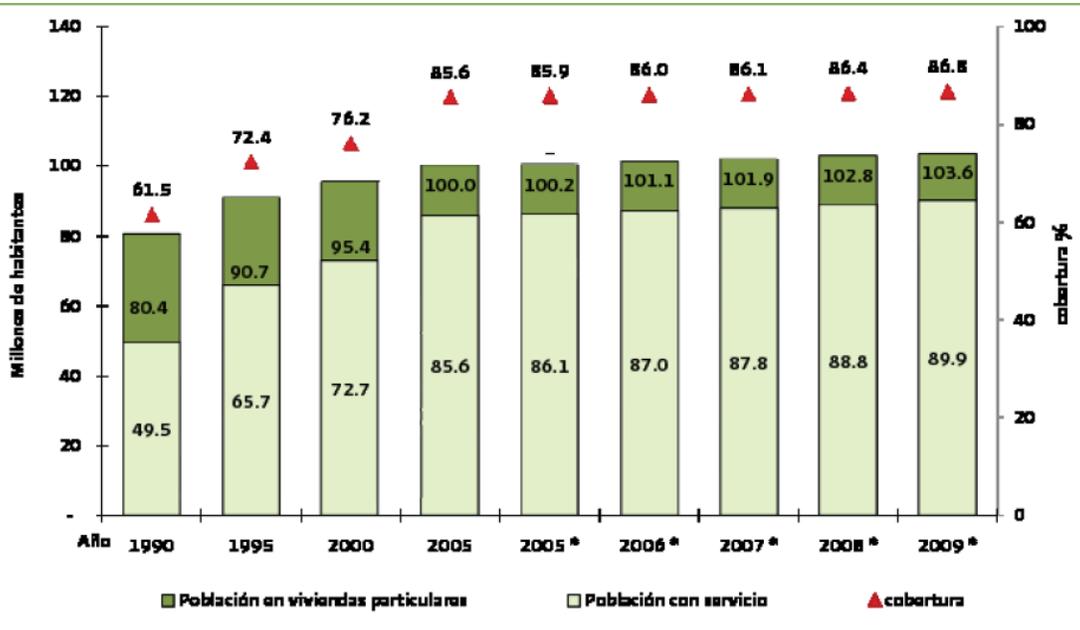
beneficia a 86.1 millones de habitantes (85.9% del total de habitantes en viviendas particulares), de los cuales 72.2 millones se ubican en zonas urbanas y 13.9 millones en zonas rurales. Para el año 2009 la cobertura se incrementó a 89.9 millones de habitantes (86.8% del total de habitantes en viviendas particulares), de los cuales 74.8 millones se ubican en zonas urbanas y 15.1 millones en zonas rurales. Al igual que en materia de agua potable, en las zonas urbanas se reportan las mayores coberturas de alcantarillado. Para el año 1990, el porcentaje de cobertura en zonas urbanas es de 79% y el de las zonas rurales de 18.1%; en el año 2005 la cobertura en zonas urbanas es de 94.5% y en las zonas rurales de 57.5%; para el año 2009, las zonas urbanas tienen un porcentaje de cobertura de 93.9% y las zonas rurales de 63.2%. Como ya vimos en el apartado de cobertura de agua potable, la población de México aumentó de 80.4 millones de habitantes en viviendas particulares en 1990 a 100.2 millones en 2005 y a 103.6 millones en 2009 (Conagua, 2010b: 23, 24; ver cuadro 8, gráfica 4 y mapa 11).

Cuadro 8  
Evolución de la cobertura nacional del alcantarillado (1920-2009)

Año	Población total en viviendas particulares	Habitantes (millones)			Porcentaje de cobertura
		Con servicio	Sin servicio	Beneficiados	
1990	80.4	49.5	31.0		61.5
1995	90.7	65.7	25.0	16.2	72.4
2000	95.4	72.7	22.7	7.0	76.2
2005	100.0	85.6	14.4	13.0	85.6
2005*	100.2	86.1	14.1	0.5	85.9
2006*	101.1	87.0	14.1	0.9	86.0
2007*	101.9	87.8	14.1	0.8	86.1
2008*	102.8	88.8	14.0	1.0	86.4
2009*	103.6	89.9	13.7	1.1	86.8

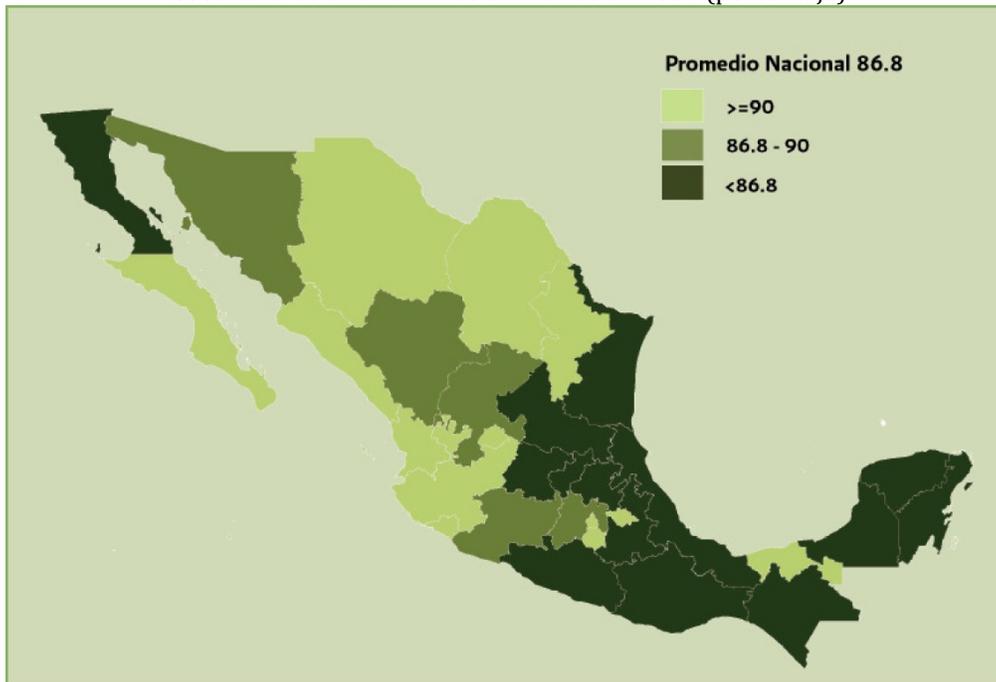
Fuente: Conagua, 2010b, p. 23.

Gráfica 4  
Cobertura de alcantarillado (1990-2009)



Fuente: Conagua, 2010b, p. 23.

Mapa 11  
Cobertura de alcantarillado en México en 2009 (porcentaje)



Fuente: Conagua, 2010b, p. 19.

Por región hidrológico-administrativa, cinco de las 13 regiones del país están por arriba de la media nacional en cobertura de alcantarillado para el año 2005, y tuvieron

los siguientes cambios en el periodo 1990-2005: XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (85.9 a 97.2%), VI Río Bravo (73.9 a 93.8%) y VIII Lerma-Santiago-Pacífico (68 a 90.1%), I Península de Baja California (65.2 a 89%), VII Cuencas Centrales del Norte (55.4 a 85.6%). En el año 2005, estas cinco regiones reúnen un total de 52.1 millones de habitantes en viviendas particulares, que representan 60.8% del total nacional. Como ya lo señalamos más arriba, el promedio nacional de cobertura de alcantarillado se incrementó de 61.5% en 1990 a 85.6% en 2005 y a 86.8% en 2009.

Las regiones con menor cobertura del servicio, o que están por debajo de la media nacional en el año 2005, tuvieron los siguientes cambios en el periodo 1990-2005: II Noroeste (62.6 a 84.1%), III Pacífico Norte (51.7 a 82.6%), IV Balsas (48.8 a 81.4%), XI Frontera Sur (45.5 a 80.8%), XII Península de Yucatán (45.1 a 76.3%), X Golfo Centro (45.9 a 74.8%), IX Golfo Norte (33.9 a 65.3%) y V Pacífico Sur (33.3 a 63.2%). Estas ocho regiones reúnen un total de 33.5 millones de habitantes en viviendas particulares, que representan 39.1% del total nacional. La baja cobertura en alcantarillado también se ubica en las regiones que tienen baja cobertura en agua potable durante el periodo 1990-2005 (ver cuadros 9 y 10) (Conagua, 2007: 13, 15).

Cuadro 9  
Cobertura de alcantarillado en México (1990-2005)

Región Hidrológico-Administrativa	12 de marzo de 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005	Diferencia 1990-2005
1 Península de Baja California	1 256 165	1 869 006	2 167 973	2 749 829	1 493 664
2 Noroeste	1 193 564	1 556 322	1 750 669	2 026 742	833 178
3 Pacífico Norte	1 739 143	2 356 676	2 651 860	3 139 762	1 400 619
4 Balsas	3 948 526	5 803 626	6 548 919	8 176 703	4 228 177
5 Pacífico Sur	1 100 820	1 703 369	1 839 972	2 500 073	1 399 253
6 Río Bravo	5 438 940	7 172 329	8 141 433	9 323 362	3 884 422
7 Cuencas Centrales del Norte	1 846 403	2 364 357	2 724 573	3 369 950	1 523 547
8 Lerma-Santiago-Pacífico	10 533 081	14 031 357	15 292 077	17 553 201	7 020 120
9 Golfo Norte	1 415 684	1 905 017	2 323 042	3 126 615	1 710 931
10 Golfo Centro	3 666 158	4 852 565	5 419 864	6 927 956	3 261 798

11	Frontera Sur	2 143 605	3 328 626	3 853 087	4 957 721	2 814 116
12	Península de Yucatán	1 060 136	1 658 354	2 009 999	2 672 681	1 612 545
13	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	14 112 476	17 087 448	17 931 093	19 116 583	5 004 107
Total general		49 454 701	65 689 143	72 654 381	85 641 178	36 186 477

Fuente: Conagua, 2007, p. 13.

Cuadro 10  
Cobertura de alcantarillado en México (1990-2005)  
(porcentajes)

Región Hidrológico-Administrativa		12 de Marzo 1990	5 de Noviembre 1995	14 de Febrero 2000	17 de Octubre 2005
1	Península de Baja California	65.2%	75.8%	80.6%	89.0%
2	Noroeste	62.6%	71.5%	76.5%	84.1%
3	Pacífico Norte	51.7%	63.9%	69.9%	82.6%
4	Balsas	48.8%	63.0%	67.5%	81.4%
5	Pacífico Sur	33.3%	46.5%	47.3%	63.2%
6	Río Bravo	73.9%	84.0%	88.2%	93.8%
7	Cuencas Centrales del Norte	55.4%	65.3%	73.3%	85.6%
8	Lerma-Santiago-Pacífico	68.0%	79.8%	82.5%	90.1%
9	Golfo Norte	33.9%	42.2%	50.0%	65.3%
10	Golfo Centro	45.9%	55.9%	60.1%	74.8%
11	Frontera Sur	45.5%	62.3%	67.7%	80.8%
12	Península de Yucatán	45.1%	57.5%	63.2%	76.3%
13	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	85.9%	93.1%	94.4%	97.2%
Total general		61.5%	72.4%	76.2%	85.6%

Fuente: Conagua, 2007, p. 15.

Por entidad federativa, 18 de las 32 entidades federativas del país están por arriba del promedio nacional de cobertura en alcantarillado en el año 2005, las cuales tuvieron los siguientes cambios en el periodo 1990-2005, en orden de mayor a menor porcentaje: Distrito Federal (93.3 a 98.6%), Colima (81.8 a 98.2%), Aguascalientes (85.2 a 96.9%), Jalisco (80.3 a 95.8%), Nuevo León (80.8 a 95.3%), Tabasco (60.6 a 93.4%), Morelos (67 a 92.6%), Coahuila (67.3 a 91.5%), México (72.5 a 91.2%), Nayarit (59.1 a 90.9%), Tlaxcala (57.1 a 90.6%) y siete estados más. Estos 18 estados

reúnen un total de 53.5 millones de habitantes, que representan 62.5% del total de habitantes en viviendas particulares con cobertura de alcantarillado. Mientras que 14 entidades federativas están por debajo del promedio nacional en el año 2005 y, en el periodo 1990-2005, en orden de mayor a menor porcentaje de cobertura, tuvieron los siguientes cambios: Sonora (64.9 a 85.4%), Michoacán (55.5 a 84.2%), Zacatecas (45 a 84.2%), Durango (52.5 a 82.6%), Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Campeche, Veracruz, Chiapas (38.4 a 74.7%), San Luis Potosí (46.2 a 74.2%), Yucatán (42.1 a 68.2%), Guerrero (34.8 a 64.2%) y Oaxaca (28.5 a 60%). Estos 14 estados reúnen un total de 32.1 millones de habitantes, que representan 37.5% del total de habitantes en viviendas particulares con cobertura de alcantarillado (ver cuadros 11 y 12) (Conagua, 2007: 17, 19).

En el año 2009 son 18 estados los que están por arriba del promedio nacional (86.8%) de cobertura en alcantarillado, a saber: Distrito Federal (98.9%), Colima (97.4%), Aguascalientes (96.8%), Jalisco (96.8%), Nayarit (96%), Morelos (95.7%), Nuevo León (95.2%), Tabasco (94.6%), Coahuila (92.8%), Sinaloa (92.7%) y ocho estados más. Estos 18 estados reúnen un total de 54.6 millones de habitantes, que representan 60.8% del total de habitantes en viviendas particulares con cobertura en alcantarillado. Mientras que son 14 los estados que están por debajo del promedio nacional de cobertura: Guanajuato (86.6%), Quintana Roo (84.8%), Tamaulipas (84.5%), Querétaro (84.4%), Baja California (84.3%), Hidalgo (81.2%), Puebla (80.3%), Veracruz (80.3%), San Luis Potosí (77.7%), Campeche (77.6%), Chiapas (75.7%), Guerrero (71.9%), Yucatán (67.6%) y Oaxaca (66.2%). Estos 14 estados reúnen un total de 35.2 millones de habitantes con cobertura, que representan 39.2% del total de habitantes en viviendas particulares con cobertura en alcantarillado. Durante el periodo 1990-2009, cinco estados se mantienen con los porcentajes más bajos de cobertura en alcantarillado, a saber: Campeche, Chiapas, Guerrero, Yucatán, Oaxaca (ver cuadros 7, 11 y 12) (Conagua, 2010b: 27).

Cuadro 11  
Habitantes con cobertura de alcantarillado por entidad federativa (1990-2005)

Entidad Federativa	12 de marzo 1990	5 de noviembre 1995	14 de febrero 2000	17 de octubre 2005	Diferencia 1990-2005
--------------------	---------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------

Aguascalientes	608 599	805 120	885 747	1 014 491	405 892
Baja California	1 056 522	1 592 271	1 834 971	2 315 939	1 259 417
Baja California Sur	199 643	276 735	333 002	433 890	234 247
Campeche	232 250	373 864	416 430	581 038	348 788
Chiapas	1 223 160	1 871 419	2 240 187	3 091 230	1 868 070
Chihuahua	1 577 172	2 197 225	2 490 222	2 764 427	1 187 255
Coahuila de Zaragoza	1 316 700	1 646 567	1 890 128	2 242 240	925 540
Colima	344 044	455 331	473 586	533 747	189 703
Distrito Federal	7 616 749	8 246 267	8 292 918	8 287 261	670 512
Durango	704 564	923 091	1 027 679	1 222 671	518 107
Guanajuato	2 281 514	3 102 541	3 484 378	4 129 605	1 848 091
Guerrero	896 973	1 346 329	1 511 543	1 960 075	1 063 102
Hidalgo	778 467	1 184 420	1 419 826	1 829 279	1 050 812
Jalisco	4 202 895	5 335 761	5 689 217	6 245 516	2 042 621
México	7 075 482	9 731 387	10 592 500	13 189 590	5 114 108
Michoacán de Ocampo	1 939 088	2 668 720	2 865 294	3 264 556	1 325 468
Morelos	793 252	1 164 972	1 249 619	1 426 877	633 625
Nayarit	477 191	665 625	715 386	844 033	366 842
Nuevo León	2 486 140	3 133 608	3 443 170	3 912 075	1 425 935
Oaxaca	855 165	1 345 731	1 466 122	2 068 761	1 213 596
Puebla	1 858 288	2 603 668	3 088 187	4 149 850	2 291 562
Querétaro de Arteaga	562 252	836 477	1 023 118	1 324 421	762 169
Quintana Roo	260 655	532 601	699 085	885 348	624 693
San Luis Potosí	920 024	1 172 573	1 350 447	1 767 366	847 342
Sinaloa	1 161 908	1 621 899	1 838 584	2 175 449	1 013 541
Sonora	1 166 799	1 521 378	1 709 093	1 976 420	809 621
Tabasco	904 861	1 429 311	1 584 951	1 830 903	926 042
Tamaulipas	1 283 841	1 650 847	1 995 598	2 412 835	1 128 994
Tlaxcala	433 136	665 657	781 586	955 451	522 315
Veracruz de Ignacio de la Llave	3 096 110	4 058 582	4 431 074	5 453 307	2 357 197
Yucatán	569 586	756 629	898 327	1 213 634	644 048

Zacatecas	571 671	772 537	932 406	1 138 893	567 222
Total general	49 454 701	65 689 143	72 654 381	85 641 178	36 186 477

Fuente: Conagua, 2007, p. 17.

Cuadro 12  
Cobertura de alcantarillado por entidad federativa (1990-2005)  
(porcentajes)

Entidad Federativa	12 de Marzo 1990	5 de Noviembre 1995	14 de Febrero 2000	17 de Octubre 2005
Aguascalientes	85.2%	93.7%	94.5%	96.9%
Baja California	65.4%	76.0%	80.7%	88.9%
Baja California Sur	64.4%	74.6%	79.9%	89.7%
Campeche	44.2%	58.5%	60.8%	78.4%
Chiapas	38.4%	52.6%	59.3%	74.7%
Chihuahua	65.8%	79.0%	84.3%	89.8%
Coahuila de Zaragoza	67.3%	76.1%	83.3%	91.5%
Colima	81.8%	93.9%	93.1%	98.2%
Distrito Federal	93.3%	97.7%	98.1%	98.6%
Durango	52.5%	64.7%	71.8%	82.6%
Guanajuato	58.0%	70.6%	75.3%	85.8%
Guerrero	34.8%	46.3%	49.7%	64.2%
Hidalgo	41.6%	56.2%	64.0%	79.1%
Jalisco	80.3%	89.5%	91.2%	95.8%
México	72.5%	83.4%	84.9%	91.2%
Michoacán de Ocampo	55.5%	69.3%	72.9%	84.2%
Morelos	67.0%	81.2%	83.6%	92.6%
Nayarit	59.1%	75.0%	78.8%	90.9%
Nuevo León	80.8%	88.6%	91.1%	95.3%
Oaxaca	28.5%	42.0%	42.9%	60.0%
Puebla	45.3%	56.5%	62.8%	79.0%
Querétaro de Arteaga	54.0%	67.2%	73.7%	85.6%
Quintana Roo	54.3%	76.1%	81.3%	89.5%
San Luis Potosí	46.2%	53.5%	59.2%	74.2%
Sinaloa	53.5%	67.3%	73.1%	86.4%

Sonora	64.9%	73.5%	78.2%	85.4%
Tabasco	60.6%	82.0%	84.4%	93.4%
Tamaulipas	57.8%	65.6%	73.4%	82.4%
Tlaxcala	57.1%	75.5%	81.9%	90.6%
Veracruz de Ignacio de la Llave	50.1%	60.4%	64.6%	77.7%
Yucatán	42.1%	48.8%	54.6%	68.2%
Zacatecas	45.0%	58.0%	69.3%	84.2%
Promedio nacional	61.5%	72.4%	76.2%	85.6%

Fuente: Conagua, 2007, p. 19.

### *Población sin cobertura de alcantarillado*

En el año 1990, la población sin servicio de alcantarillado es de 31 millones de personas (38% de la población total en viviendas particulares), de la cual 12 millones se ubican en zonas urbanas y 18.9 millones en zonas rurales. Para el año 2005 son 14.4 millones los habitantes sin servicio de alcantarillado (14.4% del total de habitantes en viviendas particulares), de los cuales 4.2 millones se ubican en zonas urbanas y 10.2 millones en zonas rurales. En el año 2009 son 13.7 millones los habitantes sin servicio de alcantarillado (13.2% del total de habitantes en viviendas particulares), 4.9 millones en zonas urbanas y 8.8 millones en zonas rurales. Al igual que en el caso de la población sin servicio de agua potable, nuevamente resalta el hecho de que es mayor el número de habitantes de zonas rurales el que no cuenta con servicio de alcantarillado durante todo el periodo 1990-2009, además de que es mayor el número de habitantes que no cuenta con servicio de alcantarillado que el que no cuenta con servicio de agua potable (ver cuadros 7 y 8).

Por entidad federativa, durante el periodo 1990-2009, si bien disminuyó el número de habitantes sin servicio de alcantarillado tanto en términos absolutos como relativos, destaca el hecho de que durante dicho periodo nueve estados de la República mexicana se mantienen siempre con los mayores porcentajes de habitantes en viviendas particulares sin dicho servicio, a saber: Oaxaca, Yucatán, Guerrero, Chiapas, Campeche, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz e Hidalgo, estados que en el año 2009 reúnen un total de 7.3 millones de habitantes, que representan 53.5% de la

población en viviendas particulares sin servicio de alcantarillado. Además de los nueve estados ya mencionados, otros cinco estados están por arriba del promedio nacional de población sin servicio de alcantarillado en el año 2009: Baja California, Querétaro, Tamaulipas, Quintana Roo y Guanajuato. Estos cinco estados reúnen un total de 2 millones de habitantes sin servicio de alcantarillado, que representan 15% del total de habitantes en viviendas particulares sin servicio de alcantarillado en el año 2009. Estos 14 estados que están por arriba del promedio nacional de población sin servicio de alcantarillado, reúnen un total de 9.3 millones de habitantes que representan 68.3% de la población total en viviendas particulares sin servicio de alcantarillado. Resalta el hecho de que son las entidades federativas del sur-sureste del país las que tienen los más altos porcentajes de población sin servicio de alcantarillado, que es el mismo caso de la población sin servicio de agua potable, siendo que esta zona geográfica cuenta con la más alta disponibilidad natural de agua y la menor densidad de población en el país (ver cuadros 7 y 8) (Conagua, 2010b: 27).