

# Eficiencia y uso sustentable del agua en México

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE\*

El control sobre el agua y el dominio de sus fuentes y cauces han sido uno de los grandes pilares de la civilización humana. Ha forzado a los hombres a agruparse, organizarse y someter las conductas individuales al interés de la colectividad. La necesidad de movilizar a los miembros de las comunidades para controlar el agua y usarla con fines de interés colectivo dio origen al *Estado*; el agua ha sido fluido impulsor de las instituciones humanas.

Su carácter difícilmente apropiable de manera individual, así como el imperativo de compartirla según algún criterio de equidad, de usarla con prudencia y de acuerdo con su escasez y de construir grandes obras para captarla, conducirla a las poblaciones humanas y distribuirla, han exigido la más intensa acción colectiva a las sociedades ya que, por lo general, nadie en lo individual sería capaz de lograrlo. Los retos han sido todavía mayores cuando la disponibilidad es discontinua o intermitente o cuando su exceso es causa de desgracia por inundaciones y avenidas, que han obligado a edificar presas y embalses artificiales.

## CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RECURSO

El promedio de la precipitación en México es de 777 mm anuales y su distribución es muy irregular. Para dar una idea, más de la mitad del territorio mexicano localizado en el norte y en el altiplano recibe sólo 9% de la precipitación media anual, pero concentra 75% de la población del país, 70% del PIB industrial y 40% de las tierras agrícolas de temporal. En tanto, casi 70% de la precipitación anual ocurre en el sudeste, donde vive 24% de la población, y la industria, salvo la petrolera, es

incipiente. En general, las lluvias se acotan a un período que pocas veces se extiende más allá de junio a septiembre.<sup>1</sup>

Respecto a la altitud hay también desequilibrios considerables. Alrededor de 85% del volumen almacenado en más de 4 000 estructuras de control de distribución y suministro de agua se localiza a no más de 500 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, 75% de la población vive a una elevación mayor.<sup>2</sup>

Todo ello dificulta el aprovechamiento del agua. Los cortos períodos de lluvias y las sequías prolongadas obligan a almacenarla en infraestructura adicional para su manejo. Por fortuna, el agua subterránea contenida en los mantos acuíferos del país tiene una amplia distribución geográfica, aunque es un recurso agotable y en algunos lugares se localiza a gran profundidad.

## BALANCE NACIONAL DEL AGUA

México recibe 1 570 km<sup>3</sup> de agua por precipitación y pierde por evaporación 1 064 km<sup>3</sup>, lo que establece una oferta nacional de 473 km<sup>3</sup>. Fluyen por cauces y vasos superficiales 410 km<sup>3</sup> y el resto (63 km<sup>3</sup>) recarga por medio de mantos acuíferos.<sup>3</sup>

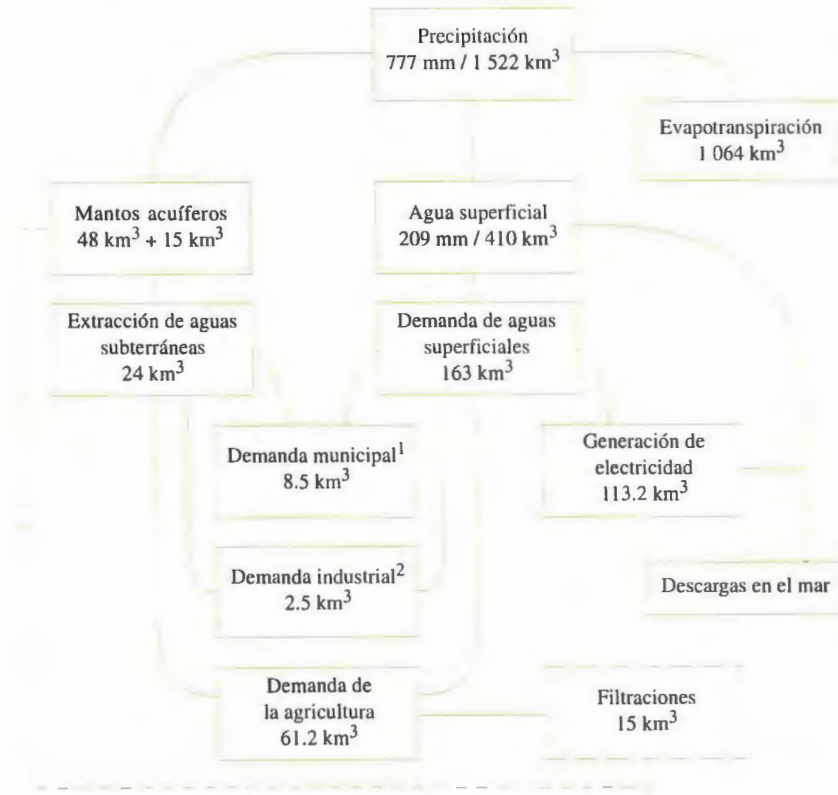
1. Comisión Nacional del Agua (CNA), *Estrategias 1990-1994*, México, 1990.

2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), *Diagnóstico del sector hidráulico*, México, 1992.

3. Comisión Nacional del Agua, *Programa Hidráulico 1995-2000*, México, 1995.

\* Director General del Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable del Consejo Coordinador Empresarial.

G R Á F I C A 1  
MÉXICO: DISPONIBILIDAD ANUAL PROMEDIO DE RECURSOS HÍDRICOS



1. Agua doméstica e industrial conectada al suministro principal. 2. Industrias que se abastecen directamente de cuerpos de agua y descargan en cuerpos receptores. No incluye plantas termoeléctricas ni industrias que se abastecen de las redes de agua potable y vierten sus desechos en los sistemas de alcantarillado locales.

Fuente: OCDE, *Environmental Performance Review of Mexico*, París, 1998.

la industria manufacturera, minera y de la construcción aporta casi 30% del PIB de México y consume sólo 3% del agua. México tiene un consumo anual de agua de 780 m³ per cápita, similar al promedio de las naciones integrantes de la OCDE, pero superior al de los países europeos perteneciente a ese organismo. La intensidad de uso, expresada en términos de la demanda como porcentaje de los recursos disponibles, también se asemeja a la de estos países. Sin embargo, los indicadores sobre actividad económica y demanda de agua difieren de modo considerable. La relación entre el consumo de agua y el PIB, que puede utilizarse como una aproximación de la intensidad hidráulica de la economía, tiene en México un valor más elevado que en otros países de la OCDE. De hecho, ese país consume el doble de agua por dólar equivalente de PIB que el promedio de la OCDE y de 3 a 5 veces más que las naciones de mayor eficiencia hidráulica. Cabe señalar que la estructura de la demanda por sector es similar a la de otros países en desarrollo y muy diferente de la de países industrializados; destaca el elevado consumo relativo del sector agrícola.

PROYECCIONES DE DEMANDA  
PARA EL AÑO 2020

El uso del agua aumentará en función del crecimiento y la intensidad de las actividades económicas del país y desde luego de su evolución demográfica.

En 1995 se usaron 163 km³ de aguas superficiales (40% del total disponible) y 24 km³ de subterráneas (38% del total de recarga), lo que aproxima la demanda nacional a 190 km³ anuales.<sup>4</sup>

La mayor parte del agua superficial se utiliza para generar electricidad (113 km³) en plantas termo e hidroeléctricas. Puesto que esta agua vuelve a su cauce y se le puede dar otro uso, se considera que no se consume. El volumen total consumido tanto de aguas superficiales como subterráneas asciende a 73 km³, de los cuales el mayor porcentaje corresponde al sector agrícola, con 61 km³ (83%), y después al uso doméstico amplio, con 8.5 (12%). La industria utiliza 2.5 km³ (3%), y en acuicultura intensiva y otras actividades se invierte 1.4 km³ (2%). A pesar de ser el más grande consumidor de agua del país (83%), el sector agrícola contribuye sólo con 3% del PIB nacional,<sup>5</sup> mientras que

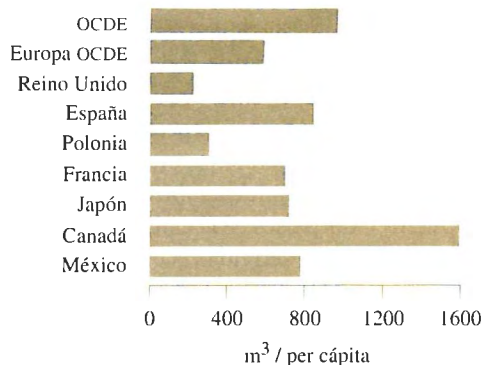
Los posibles escenarios de demanda permiten perfilar políticas de manejo y prever estrategias institucionales para enfrentar necesidades cada vez mayores, ante las presiones de sobreexplotación de fuentes y escasez recurrente del líquido. Las tendencias demográficas en México plantean retos formidables de suministro y tratamiento de aguas. Su población dentro de 22 años será de 141 millones de habitantes, de mantenerse las tasas actuales de crecimiento (1.8%). Según cálculos oficiales, en un escenario con un crecimiento económico del PIB de 3%; una industria que aporte 22% del PIB nacional; incrementos poco considerables en la eficiencia de conducción, distribución y aplicación de agua en riego agrícola y baja productividad de los cultivos, se espera que en el año 2020 la demanda de agua para uso consuntivo sea de 100 km³ (3 181 m³/s) en lugar de los 73 km³ actuales.<sup>6</sup>

4. *Ibid.*

5. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, *Indicadores Económicos 1997*, México.

6. C. Herrera, *Horizonte para el manejo de los recursos hídricos de México*, XIX Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Colegio de Ingenieros Civiles, México, 1997.

G R Á F I C A 2

CONSUMO ANUAL PER CÁPITA DE AGUA (M<sup>3</sup>)

Fuente: OCDE.

### Sector residencial urbano

La aportación de aguas residuales de uso residencial es de 7.3 km<sup>3</sup> por año (231 m<sup>3</sup>/s), que implican 1.8 millones de toneladas anuales de demanda bioquímica de oxígeno (principal parámetro para representar la carga contaminante; se abrevia DBO), de las cuales se recolecta 75% (1.22 millones). Alrededor de 63% proviene de 140 ciudades con más de 50 000 habitantes. La capacidad instalada de las 808 plantas de tratamiento construidas permite en principio tratar 1.7 km<sup>3</sup>/año (54 m<sup>3</sup>/s y 23%). Puesto que operan sólo 615 de ellas, se tratan únicamente 1.11 km<sup>3</sup>/año (35 m<sup>3</sup>/s), con una carga de DBO de 0.30 millones de toneladas; el volumen de agua tratado es de alrededor de 15% del volumen residual generado. Al ambiente se descargan sin tratar 6.2 km<sup>3</sup>/año (196 m<sup>3</sup>/s), equivalentes a 85% de las aguas residuales urbanas generadas.<sup>7</sup> Estos datos incluyen a la industria que descarga en los drenajes municipales.

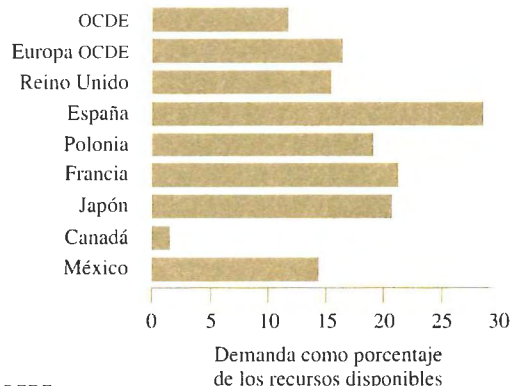
### Sector industrial

De las empresas del sector industrial mexicano, 97% son micro y pequeños establecimientos; la falta de recursos ha sido siempre un obstáculo para financiar plantas de tratamiento de agua, equipos de control e instalación de tecnología más limpia. Hasta principios del decenio de los noventa, la industria se responsabilizó de modo muy limitado del agua residual y de los problemas ambientales relacionados con ella. La tecnología utilizada en los procesos de producción suele ser poco eficiente en el uso y el mejoramiento de la calidad del agua. De hecho, la industria genera un total de 2.05 km<sup>3</sup> (64.5 m<sup>3</sup>/s) de descargas industriales anuales que incluyen ácidos, grasas, aceites, metales pesados, compuestos orgánicos y sólidos suspendidos totales, entre otros contaminantes, con 1.6 millones de toneladas de DBO.

7. OCDE, *Environmental Performance Review of Mexico*, París, 1998.

G R Á F I C A 3

INTENSIDAD DE USO DEL AGUA



Fuente: OCDE.

Se tiene un caudal tratado de 0.17 km<sup>3</sup>/año (5.3 m<sup>3</sup>/s y 8%) y la remoción de sólo 0.12 millones de toneladas de DBO. El caudal sin tratar es de 1.88 km<sup>3</sup>/año (59.2 m<sup>3</sup>/s), con 1.28 millones de toneladas anuales (92%) de DBO.<sup>8</sup>

Sin duda, la industria con mayor transmisión de carga orgánica al agua es la azucarera, con 53%; le siguen la elaboración de bebidas y la fabricación de alcohol, con 10% cada una, y la petrolera, la de celulosa y papel, la alimentaria, la metálica básica y la química, con 5% cada una. Algunas de estas industrias están establecidas en zonas con poca disponibilidad de agua, lo que resulta en una sobreexplotación de los mantos acuíferos, contaminación de los ecosistemas y altos costos de oportunidad. Se considera que muchas empresas podrían utilizar aguas tratadas o grises en sus servicios o procesos, con lo que se disminuiría la explotación de los acuíferos o, en su caso, se podría aumentar la cobertura del servicio de agua potable en favor del consumo doméstico. Durante los últimos años la industria ha asumido un mayor compromiso ambiental, en el que Pemex y numerosas industrias privadas se han responsabilizado a reducir y tratar sus descargas de aguas residuales. Empresas del ramo del acero, el papelerero y el petroquímico han logrado avances notables en el uso eficiente del agua.

### Sector agrícola

El sector agrícola genera al año 10.65 km<sup>3</sup> (337 m<sup>3</sup>/s) de aguas residuales (aguas de retorno agrícola), lo que representa 62% del total nacional.<sup>9</sup> No hay datos sobre la carga contaminante derivada de actividades agrícolas, pero sin duda es significativa, por el intenso uso de plaguicidas y fertilizantes químicos.

8. Comisión Nacional del Agua, *Programa...*, op. cit.

9. A. Jaime-Paredes, "Presentation of Mexican Case Studies on Biotechnology and Water", en *Biotechnology for Water Use and Conservation*, The Mexico '96 Workshop, OECD Documents, París, 1997.

## C U A D R O 1

## CONSUMO DE AGUA / PRODUCTO INTERNO BRUTO

	Población <sup>1</sup>	Consumo <sup>2</sup>	PIB <sup>3</sup>	Litros /PIB <sup>4</sup>
México	95	74	642	115
Canadá	30	47	561	84
Japón	124	90	2 476	37
Francia	58	41	1 064	38
Polonia	39	12	215	55
España	39	33	506	65
Reino Unido	59	13	992	14
Europa de la OCDE	444	257	6 845	38
OCDE	1 001	960	17 165	56

1. Millones de personas. 2. Kilómetros cúbicos. 3. Miles de millones de dólares de 1990, según la paridad del poder adquisitivo. 4. PIB (*purchasing power parity*). Dólares a precios de 1990.

Fuentes: Elaboración del Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) con datos de consumo de OCDE, *Environmental Performance Review of Mexico*, París, 1998; PIB y población, OCDE, *Statistics of OCDE Countries 1998*, e International Energy Agency, *CO<sub>2</sub> Emissions for Fuel Combustion and Selected Energy Indicators for 1995, 1997*.

## C U A D R O 2

DEMANDA DE AGUA POR SECTOR (PORCENTAJES)<sup>1</sup>

	Agricultura	Industria	Uso doméstico
China	87	7	6
Egipto	88	5	7
India	93	3	4
México	83	3	14
Francia	12	71	17
Países Bajos	32	63	5
Reino Unido <sup>1</sup>	1	78	21

1. No incluye acuicultura ni usos recreativos.

Fuente: World Business Council for Sustainable Development y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), *Industry, Fresh Water and Sustainable Development*, 1998.

Las aguas de retorno agrícola no reciben tratamiento alguno, en gran parte por su carácter difuso o no puntual. Por su importancia y gravedad destacan el aporte de contaminantes a cuerpos receptores y la filtración de agua con alto contenido de nutrientes a los acuíferos durante sus procesos de recarga. La elaboración de un inventario completo de emisiones de aguas residuales (puntuales y no puntuales), que incluya las del sector agrícola, es crucial para la elaboración de políticas en materia ambiental y de salud.

### Descargas totales y tratamiento

El recuento de descarga de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas en el país arroja cifras considerables: un total al año

de 20 km<sup>3</sup> (634 m<sup>3</sup>/s).<sup>10</sup> La agricultura contribuye con 62% del total de las aguas residuales (337 m<sup>3</sup>/s), el sector doméstico con 28% (231 m<sup>3</sup>/s) y, por último, la industria, con 10% (64.5 m<sup>3</sup>/s). A fin de evaluar con precisión el grado de tratamiento de las aguas residuales del país, se considera sólo la aportación del sector residencial urbano y del industrial, y se excluyen las aguas residuales de retorno agrícola que no es factible someter a tratamiento.

A partir de esta premisa se descargan al año 295.5 m<sup>3</sup>/s (9.35 km<sup>3</sup>), con una carga de 3.4 millones de toneladas de DBO, de los cuales el caudal tratado se reduce a 40.3 m<sup>3</sup>/s al año (13.6%), con una remoción de sólo 0.42 millones de toneladas de DBO (12.3%).

### Repercusión ambiental y efectos en los ecosistemas

Las fuentes puntuales y no puntuales de descargas de aguas residuales provenientes de centros de población, la industria y la agricultura ejercen una severa presión en la mayor parte de los cuerpos de aguas superficiales en México.

Ninguna de las 29 regiones hidrológicas monitoreadas (de un total de 37) alcanza una categoría aceptable de calidad del agua. A la mayor parte de ellas se les califica como fuerte o excesivamente contaminadas. Cerca de 89% de la carga total de la DBO se concentra en sólo 15 cuencas y casi 50% corresponde a las de los ríos Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas, lo que causa una severa contaminación en ellas.<sup>11</sup>

El lago de Chapala, el más grande del país, manifiesta las consecuencias de la excesiva acumulación de nutrientes y de la contaminación con químicos persistentes. Hay una alteración notable en la dinámica poblacional y una reducción en el número de individuos de ciertas especies de peces y otros organismos. Ello ocurre a pesar de que el Consejo de la Cuenca Lerma-Chapala, creado para controlar y reducir la magnitud de los problemas en la zona, ha realizado un enorme esfuerzo cristalizado hoy en la disminución de por lo menos 65% de la carga contaminante monitoreada en los últimos años.

Aunque no se han cuantificado las fuentes no puntuales de contaminación, en gran parte provenientes de actividades agrícolas, se presume que es muy significativa. Sin duda, el sector agrícola es responsable de elevadas concentraciones de químicos, plaguicidas y fertilizantes en muchos cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como de las graves consecuencias en la calidad ambiental de estos sistemas.

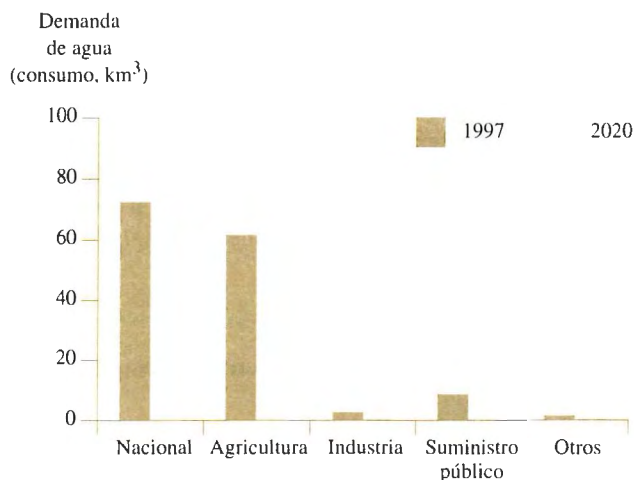
Grasas, hidrocarburos y exceso de nutrientes constituyen el problema más generalizado de la calidad del agua del país. El fenómeno de eutroficación, originado por los enormes volúmenes de material orgánico que se descargan directamente en ríos y embalses, afecta ya a porciones considerables de los cuerpos de agua y favorece la proliferación de maleza acuática, que hoy día abarca 680 km<sup>2</sup> de lagos, 10 000 km de canales y 14 000 km de

10. *Ibid.*

11. OCDE, *op. cit.*

G R Á F I C A 4

## PROYECCIONES DE DEMANDA DE AGUA PARA EL AÑO 2020



desagües. Ello redunda en la presencia de mosquitos, enfermedades y evaporación innecesaria de enormes volúmenes de agua.<sup>12</sup>

En general, la calidad del agua de los mantos acuíferos es buena donde hay gran disponibilidad, la extracción es baja o están lejos de centros de población. Por el contrario, la calidad está muy deteriorada en las zonas de escasa disponibilidad del recurso.

La acuicultura tiene también efectos significativos. La contaminación de los cuerpos superficiales de agua dulce y los salobres y salados, así como el deterioro que ocasiona en los ecosistemas acuáticos naturales, previene seriamente de su expansión. Emprendida sin atenderse a criterios de racionalidad ambiental, tiene graves efectos en el entorno natural, induce intrusiones salinas a los acuíferos costeros y genera desechos, materia orgánica, fertilizantes e incluso antibióticos.

Cabe destacar las preocupantes descargas del sector agrícola al mar de Cortés. Las características de la región y la historia de las políticas hidráulicas en México determinaron el desarrollo de grandes áreas de irrigación (las más importantes del país). Las aguas de retorno generadas por esta actividad tienen como destino último el mar de Cortés y sus lagunas costeras, que actúan como un inmenso receptor de agroquímicos. En los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California, desde el decenio de los años veinte, cuando el gobierno federal inició los programas de inversión en grandes obras de irrigación, la superficie cultivada se ha incrementado de manera notable. El uso de agroquímicos, por tanto, es cada vez mayor. Plaguicidas organoclorados destacan a partir de 1948 por su aplicación en volúmenes considerables en los cultivos de la región. Debido a su intenso uso, se encuentran ampliamente distribuidos en la región del Alto Golfo de California.<sup>13</sup>

12. OCDE, *op. cit.*

13. INE, *Mar de Cortés, elementos de una estrategia de manejo*, versión preliminar, México, 1996.

Contaminantes organoclorados y policlorados, como heptacloro, dieldrín, aldrín y clordano, se detectan en cantidades críticas en aguas abiertas del mar de Cortés (columna de agua, sedimentos y organismos), en la desembocadura del río Colorado, la costa de Sonora y el norte de Sinaloa. La mayoría de estos compuestos se caracterizan por su persistencia, toxicidad y acumulación en la cadena trófica; concentraciones significativas se aprecian en moluscos, crustáceos, peces, aves y mamíferos. La presencia de tóxicos en sedimentos puede ser un riesgo permanente para el ser humano si se ingieren organismos bentónicos filtradores, como almejas, mejillones y ostiones.<sup>14</sup>

Además, se vierten enormes cantidades de fertilizantes (urea, fosfatos y nitratos) que desencadenan fuertes procesos de eutrofización. La repercusión de este fenómeno en los ecosistemas costeros de la región, muy productivos, es grave porque afecta especies de importancia comercial y en general los procesos ecológicos. Se informa de algunos esteros con un desequilibrio entre carbono, nitrógeno y fósforo que puede ser ya irremediable.<sup>15</sup>

En otros mares mexicanos, en particular en el golfo de México, el efecto de las descargas de aguas residuales municipales, aunque está localizado, tiene consecuencias graves a simple vista sobre los ecosistemas arrecifales. Los arrecifes que se localizan en las cercanías del puerto de Veracruz muestran afectación en el crecimiento y la cobertura de tejido vivo coralino. La riqueza de especies de coral ha disminuido de manera significativa. A pesar de la relativa escasez y dispersión de la información, se revela un deterioro de la salud general de los arrecifes, que se refleja en la dinámica y el crecimiento de organismos conspicuos, así como con procesos ecológicos importantes dentro de la comunidad arrecifal.<sup>16</sup>

## Salud pública

Las descargas municipales e industriales tienen consecuencias severas en la salud pública y la productividad laboral del país. Dadas las condiciones de deterioro de la calidad del agua, un gran volumen requiere tratamientos extensivos para habilitarse como potable. La contaminación por materia fecal es la principal causa de la incidencia de enfermedades del aparato gastrointestinal en

14. Álvarez-Borrego, Hernández Ayón, Galindo Bect y Flores Báez, *Nutrient Concentrations are High in the Turbid Waters of Colorado River Delta*, Estuarine Coastal and Shelf Science, 1994, pp. 593-602.

15. Martínez López y Garate Lizárraga, "Cantidad y calidad de la materia orgánica particulada en Bahía Concepción, en la temporada de reproducción de la almeja *cataria* *Argopecten circularis*", *Ciencias Marinas*, vol. 20, núm. 3, pp. 301-320.

16. J. W. Tunell, "Natural versus Human Impacts to Southern Gulf of Mexico Coral Reef Resources", *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium*, vol. 1, UICN/Laboratory University of Guam Marine International Society for Reef Studies, Guam, 1994, pp. 300-306. E. Jordán, "El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano", *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, volumen especial (XLIV), pp. 157-175.

MÉXICO: SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

	Descargas de aguas residuales actuales	Capacidad de tratamiento actual <sup>1</sup>	Descargas de aguas residuales al 2020	Necesidades de tratamiento al 2020	Costo de inversión total acumulada al 2020 <sup>a</sup>	Costo operativo anual al 2020 <sup>a,b</sup>
<i>Urbanas</i>						
Metros cúbicos por segundo	231	54	304	250	2 780	2 130
DBO (millones de toneladas al año)	1.8	0.42	2.36	1.94		
<i>Industriales</i>						
Metros cúbicos/segundo	64.5	5.3	76	70.7		
DBO (millones de toneladas al año)	1.6	0.12	1.88	1.76	1 571	1 060
<i>Total</i>						
Metros cúbicos por segundo	295.5	59.3	380	326	4 350	3 190

1. Incluye plantas que actualmente no están en operación.

a. Millones de dólares actuales.

b. Incluye tanto las plantas actualmente existentes (que operan y que no operan) como las que deberán construirse.

una tercera parte de los estados. El cólera apareció de nuevo en México durante 1991 en 17 estados al principio y 25 en los años posteriores. La elevada concentración de coliformes fecales en algunos embalses los inutiliza para usos recreativos.<sup>17</sup>

**Mercado de tratamiento de aguas residuales urbanas**

Se estima que para el año 2020, de acuerdo con el escenario descrito en las proyecciones de demanda<sup>18</sup> y considerando las tendencias actuales de consumo por sector, la demanda de agua potable para uso urbano será de 381 m<sup>3</sup>/s. Este sector generará 304 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales con una DBO de 2.36 millones de toneladas. La infraestructura necesaria adicional para tratar estas aguas residuales requerirá de una inversión aproximada de 2 780 millones de dólares, más un gasto de operación anual estimado de 2 130 millones de dólares anuales, suponiendo un tratamiento secundario con lodos activados y cloración.<sup>19</sup>

**Mercado de tratamiento de aguas residuales de origen industrial**

La demanda de agua para uso industrial en el año 2020 será de aproximadamente 95 m<sup>3</sup>/s, de lo que se deriva una descarga de aguas residuales de 76 m<sup>3</sup>/s y 1.88 millones de toneladas de DBO

al año. La infraestructura requerirá una inversión aproximada de 1 700 millones de dólares, con un costo promedio de operación anual estimado de 1 060 millones de dólares.<sup>20</sup>

Sumando las cantidades correspondientes a las aguas de origen urbano e industrial, sin incluir aguas residuales provenientes de la agricultura, en el año 2020 se tendrán necesidades de tratamiento del orden de 331 m<sup>3</sup>/s, un monto de inversiones del orden de los 4 350 millones de dólares y un gasto total de operación anual aproximado de 3 190 millones de dólares. Dada la magnitud de las cifras se tendrá que recurrir casi de manera forzosa a la participación de la iniciativa privada en los servicios de operación y administración para el tratamiento del agua en México.

**Gestión institucional, administración y cobros**

En la actualidad hay cerca de 300 000 usuarios a los que se les han otorgado concesiones de uso; los regulares cumplen con los términos establecidos en sus concesiones y con sus obligaciones fiscales; los irregulares tienen autorización pero no respetan cuotas de extracción o calidad de agua descargada o no pagan sus contribuciones fiscales. Entre estos últimos algunos no tienen autorización pero sí cumplen con sus obligaciones como contribuyentes. Por último, existen usuarios clandestinos, que no cumplen con obligación alguna.<sup>21</sup>

20. El costo de inversión y operación varía para cada proceso. Aquí se considera un costo de inversión de 200 millones de pesos por m<sup>3</sup> y de cuatro pesos/m<sup>3</sup> de operación, incluidos, además de los costos financieros, de operación propiamente dicha y mantenimiento, los costos de neutralización, remoción de sólidos suspendidos y reducción del DBO y DQO.

21. OCDE. *op. cit.*

17. OCDE, *op. cit.*

18. Véase el apartado "Proyecciones de demanda para el año 2020" del presente artículo.

19. Se considera que la inversión promedio requerida para tratamiento secundario con tecnología de lodos activados y cloración es de 100 millones de pesos por m<sup>3</sup>/seg. con un costo de operación de 2 pesos/m<sup>3</sup>, que incluye costos financieros, operación y mantenimiento.

C U A D R O 4

LEY FEDERAL DE DERECHOS DE AGUA, 1998: CUOTAS (PESOS/m<sup>3</sup>)

Zonas de disponibilidad	Uso industrial <sup>1</sup>	Consumo doméstico <sup>2</sup>	Uso agropecuario <sup>3</sup>	Generación hidroeléctrica	Acuicultura	Balnearios y centros recreativos
1	8.59	0.00859	—	1.80	1.40	4.88
2	6.87	0.00687	—	1.80	1.40	4.88
3	5.73	0.00573	—	1.80	1.40	4.88
4	4.72	0.00472	—	1.80	1.40	4.88
5	3.72	0.00372	—	1.80	1.40	4.88
6	3.36	0.00336	—	1.80	1.40	4.88
7	2.53	0.00253	—	1.80	0.69	2.40
8	0.90	0.00090	—	1.80	0.32	1.13
9	0.67	0.00067	—	1.80	0.15	0.53

1. Artículo 223-A. 2. Artículo 223-B. 3. Artículo 224, fracción IV.

Fuente: *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua*, México, 1998.

## Derechos de agua

Los derechos por recolectar y usar el agua dependen del tipo de uso y la escasez del recurso en la localidad. Con este propósito la legislación creó nueve zonas de disponibilidad, cada una con tarifas diferentes que se actualizan cada año en la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.

Cerca de 16 000 usuarios tanto de origen municipal como industrial, agrícola y de servicios descargan en aguas federales. Al sector industrial se le cobra el agua por metro cúbico, mientras que a los operadores de servicios de agua destinada a consumo doméstico se aplican las mismas tarifas pero por cada 1 000 metros cúbicos, es decir, se les cobra mil veces menos.

Se establece con claridad que el sector agrícola no paga derechos por consumo de agua. Tampoco se aplica el cobro por abastecimiento de agua potable a pequeñas comunidades. En general el cobro de derechos por uso de agua se efectúa casi en su totalidad entre la industria y las ciudades grandes o zonas metropolitanas, como es el caso de la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Tijuana, etcétera.<sup>22</sup> Desafortunadamente, no se ha logrado que ciudades pequeñas y la mayor parte de las medias paguen sus consumos.

Además de que el agua es gratuita para actividades agrícolas, la electricidad para bombeo está muy subsidiada, lo que induce desperdicio y el manejo ineficiente del agua en este sector.

Los precios medios de las tarifas de consumo eléctrico muestran una clara estructura diferencial. Mientras que para el sector doméstico, industrial y de servicios las cuotas oscilan entre 30 y 90 centavos por kilowatts/hora, la cuota media para el sector agrícola es de 19.62 c/kw/h.

## Derechos por descargas de aguas residuales

Es obligatorio pagar derechos por descargas de aguas residuales, en función del volumen de contaminantes excedido de los límites impuestos en la legislación. El pago depende tanto de la concentración del contaminante como del tipo de cuerpo de agua receptor.

Están exentos del pago todos los que cumplan con la regulación existente y tengan el certificado de calidad del agua expedido por la Comisión Nacional del Agua (CNA), es decir, si se respetan los máximos permisibles de los contaminantes designados; igualmente quedan exentas las poblaciones rurales de menos de 2 500 habitantes y, desde luego, las descargas provenientes del riego agrícola.

Aunque están registradas cerca de 36 000 descargas, sólo 9 000 están regularizadas con permisos. El cobro de estos derechos es en la práctica virtualmente nulo debido a fallas en el sistema de cobros o porque cumplen con la normatividad.

C U A D R O 5

## MEXICO: PRECIOS MEDIOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR (c/kWh)

	1995	1996	1997
Doméstico	25.23	31.93	37.52
Servicios	41.55	54.91	65.12
Comercial	60.21	75.99	90.71
Agrícola	13.47	16.76	19.62
Mediana industria	24.24	33.12	42.75
Gran industria	15.39	22.39	29.38

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Gerencia Comercial, *Sector eléctrico nacional, datos reales* <<http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secon.htm>>, México, 1998.

22. Comunicación personal, CNA.

## Uso doméstico

Los operadores municipales de servicios de agua se enfrentan con problemas severos en el cobro a los usuarios. Además de los problemas relacionados con fugas de agua y tomas clandestinas, la falta de recursos determina que su sistema de medición y facturación sea deficiente e inoperante. Dadas las fugas por deterioro en la infraestructura de distribución, los usuarios reciben, en promedio, alrededor de 60% del agua suministrada en bloque al operador. De ahí, por ineficiencias administrativas y carencia de los equipos necesarios, sólo se cobra de 40 a 50 por ciento, por lo que el volumen que realmente se paga rara vez supera 30% del agua suministrada.

Al problema del cobro en sí se suman los retrasos de los usuarios en el pago del servicio; la solución legal, que consistiría en suspender el servicio y en última instancia embargar, es poco viable. Además, hay que considerar la nueva pluralidad política en muchos municipios urbanos del país, lo que en ocasiones ha generado incertidumbre y oportunismo en el manejo del recurso.

## INSTITUCIONES EN MÉXICO, CONSECUENCIAS Y NECESIDADES

En materia de agua, en México prevalece un modelo encabezado por una autoridad gubernamental centralizada y propietaria de los derechos sobre el agua, que asigna concesiones y permisos de uso y que además ha poseído amplios poderes para determinar condiciones de acceso y utilización. En este modelo, en general, han predominado los criterios políticos sobre las consideraciones económicas y ambientales en el manejo de los sistemas hidráulicos.

Es notoria la ausencia de intercambio económico (transferencia de derechos o concesiones), por lo que las autoridades determinan de modo unilateral el uso que se da al agua. Tradicionalmente, ya que no han estado investidos de derechos de propiedad, los nuevos usuarios no han tenido que compensar a los usuarios originales por reasignar el agua, lo que ha implicado efectos en la distribución del ingreso.

Destaca también una tradición de subsidio en el uso del agua y en los servicios asociados, así como una cultura paternalista de *no pago*: los problemas de escasez se han afrontado con nuevos suministros, sin consideraciones de eficiencia y sustentabilidad. Todas estas circunstancias institucionales se reflejan en cuatro aspectos muy importantes relacionados con su manejo: escasez y asignación ineficiente; financiamiento insuficiente a obras de infraestructura, repercusiones ambientales, y sobreexplotación y agotamiento.

Cada vez más regiones en México experimentan problemas de escasez de agua, lo cual se agudizará por el crecimiento demográfico y conforme mejore la calidad de vida de la población. No es que el país en su conjunto se enfrente a un problema de escasez absoluta, sino que se manifiestan grandes disparidades en la oferta y desequilibrios regionales importantes de demanda con respecto a los recursos disponibles. Para resolver estos proble-

mas es indispensable que se supere el aislamiento económico y sectorial de los usuarios de agua y que tanto agricultores como industriales, al igual que las ciudades, se integren en un esfuerzo coordinado de cambio institucional promovido por el Estado.

El desarrollo industrial, sobre todo en determinadas regiones, puede estar en riesgo por una insuficiencia de recursos hídricos. Lo mismo puede decirse del futuro de la agricultura en áreas críticas y de la integridad de muchos ecosistemas costeros, fluviales y lacustres, los cuales han visto restringido el suministro de agua o sufren crecientes trastornos por la contaminación. Es posible afirmar, incluso, que el agua puede convertirse en un factor limitante para el desarrollo sustentable en muchas regiones del país.

La demanda de agua se refiere a una amplia gama de usos de carácter vital, tales como el consumo humano, la preparación de alimentos, la higiene familiar, la producción industrial, la irrigación, las actividades pesqueras de agua dulce, la acuicultura, la recreación, el transporte, la generación de electricidad, las actividades recreativas y el mantenimiento de servicios ambientales en ecosistemas costeros, fluviales y lacustres. En general, puede decirse que cuatro grandes usos compiten intensamente por el agua disponible:

- 1) necesidades humanas directas (uso urbano);
- 2) agricultura;
- 3) industria, y
- 4) ecosistemas.

La sobreexplotación de los mantos subterráneos es un problema muy grave y extendido en México. Hay gran dificultad para determinar desde la administración pública los volúmenes de extracción eficientes y apropiados para cada usuario, además de que es muy complejo e incluso imposible verificar que la extracción corresponda al volumen asignado; siempre hay incentivos para exceder las cuotas. Y algo peor: los derechos aplicables no se cobran en su mayor parte, por lo que algo muy escaso y valioso para la sociedad (como es el agua) es casi gratuito para los individuos que la explotan. La sobreexplotación es tan grave que ha llegado al grado de que los acuíferos se contaminan con sales tóxicas del subsuelo, como es el caso del arsénico en la Comarca Lagunera, o bien a su inutilización total como resultado de la intrusión salina del mar.

En aproximadamente 115 acuíferos el bombeo excede la recarga natural anual, lo que causa que los niveles en los pozos de extracción disminuyan más de dos metros por año. La sobreexplotación ha ocasionado que más de 80 acuíferos del norte, noroeste y la cuenca de los ríos Lerma y Balsas padezcan intrusión salina y daños prácticamente irreversibles, como hundimientos de tierra y presencia de arsénico por bombeo a gran profundidad, además de costos de extracción inaceptables. En el valle de México, la sobreexplotación de los mantos acuíferos es culpable del hundimiento del centro del Distrito Federal y de grietas que afectan obras hidráulicas y edificios.<sup>23</sup>

23. F. Sánchez Ugarte, "La utilización eficiente del agua y los derechos de propiedad", en Francisco Díaz y Arturo Fernández (eds.), *El efecto de la regulación en algunos sectores de la economía mexicana*, Fondo de Cultura Económica, México, 1991.



## Papel del Estado

La gran cantidad de externalidades o la dimensión de bienes públicos que puede tener el manejo del agua exigen un tejido institucional específico, en el que la regulación y la iniciativa del Estado se conjuntan en diversa medida con la actuación de los agentes privados por medio de los mercados, o con soluciones cooperativas de modo que los usuarios participen en diferentes tipos de organización.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que la intervención excesiva del Estado, así como sus decisiones discrecionales orientadas sobre todo por consideraciones políticas, han redundado en serios problemas de escasez, sobreexplotación, ineficiencia y efectos ecológicos, así como en la insuficiencia y el deterioro de la infraestructura hidráulica. Constituir instituciones para el manejo de recursos en que el Estado tenga un papel eficiente requiere resolver problemas importantes, relativos a la dificultad de constituir y operar de manera eficiente la organización gubernamental, de fijar el tipo y los límites a su autoridad, de recabar la información necesaria para que ejerza una buena regulación, de seleccionar a los verificadores o inspectores, y de establecer los incentivos necesarios para evitar la colusión y la corrupción.

No sólo el mercado tiene fallas; también las burocracias provocan fallas institucionales debido a su propensión a actuar por interés propio y a favorecer canonjías o privilegios en grupos de interés (*rent seekers*) mediante subsidios, reglamentaciones innecesarias, complejos procedimientos administrativos y otro tipo de restricciones que tienden a incrementar los costos de transacción en el manejo de los recursos y, con ello, a distorsionar su asignación. Son en general poco flexibles y refractarias al cambio, ya que perciben altos costos y riesgos personales, lo que dificulta la adaptación institucional ante retos y necesidades en evolución continua.<sup>24</sup>

De ahí pues que la dosis de intervención gubernamental debe quedar acotada, y su modalidad debe ser producto de un programa institucional específico que tome en cuenta las condiciones biofísicas, sociales y económicas que prevalezcan en cada caso. Debe establecer incentivos para la cooperación entre productores o usuarios, la cual se facilita por la conveniencia de compartir la tecnología hidráulica, que por lo general presenta costos decrecientes a escala (economías de escala), y por las ventajas de una integración vertical que corrija fallas o distorsiones en los mercados de insumos en diversos momentos de la cadena productiva. Igualmente, debe resolver los problemas de asignación original de derechos entre los usuarios, de medición y monitoreo, así como los relacionados con los costos de exclusión y de resolución de los conflictos.

En un marco de políticas hidráulicas modernas, el papel del Estado debe centrarse en los puntos que se anotan a continuación:

- Ejercer una regulación eficiente para evitar o minimizar costos o daños ecológicos.
- Establecer un sistema legal que defina con claridad los de-

rechos de propiedad sobre el agua y proveer certidumbre en su tenencia y observancia.

- Establecer bases claras para su transferencia entre individuos y entidades públicas y privadas al amparo de contratos voluntarios.
- Proteger los derechos de terceros que puedan ser afectados en las relaciones de intercambio (externalidades).
- Alentar la cooperación en organizaciones y favorecer la participación de la iniciativa privada en la provisión, la operación y el mantenimiento de infraestructura hidráulica del país.
- Desarrollar y proveer fuentes de información.
- Establecer reglas básicas de aprovechamiento y de intercambio.
- Reducir los costos de transacción al mínimo, de tal forma que, por medio del intercambio voluntario, la sociedad pueda hacer el mejor uso de sus recursos.
- Buscar el equilibrio entre los costos de transacción impuestos a los actores económicos con objeto de proteger intereses públicos o de terceros, y los costos derivados de no cuidar estos intereses. Es un equilibrio sutil entre la equidad, la protección de los intereses públicos y la eficiencia económica.

## Participación privada

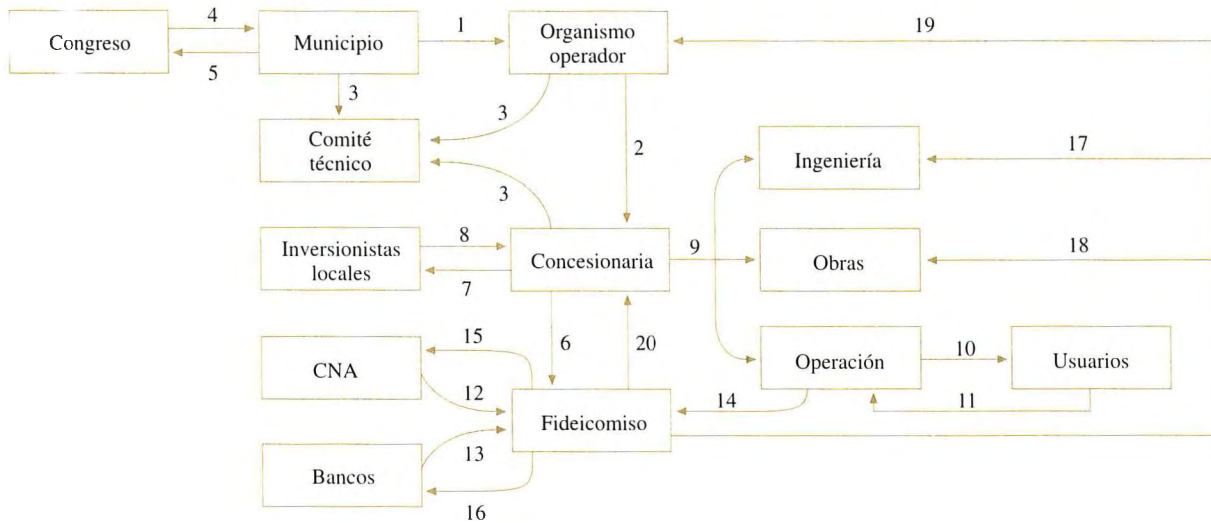
La posibilidad para mantener la oferta de servicios, elevar su calidad y solucionar los problemas financieros, de incentivos y de subsidios que llevan al desperdicio y degradación del recurso, es la generalización de bases comerciales y de participación de empresas privadas. La participación privada en proyectos de distribución de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales plantea soluciones a viejos problemas mediante un nuevo marco institucional y, lo más importante, puede contribuir de modo significativo a la sustentabilidad y al aprovechamiento racional de los recursos hídricos del país.

Dada la importancia que el servicio de agua tiene para el bienestar social y el desarrollo regional y local, y dado el grado de deterioro en que éste se encuentra, es necesario y urgente buscar cambios institucionales que permitan una mayor participación del sector privado. Para esto se requiere:

- la aceptación de los gobiernos federales, estatales y municipales, así como de organismos responsables, a los nuevos modelos de participación privada;
- mejores condiciones que permitan a los particulares aportar recursos de inversión;
- adecuar los marcos legales (sobre todo los de orden local) para propiciar estas nuevas formas de participación privada;
- estimular el desarrollo de proyectos en concesión a la iniciativa privada;
- otorgar un tratamiento fiscal que propicie resultados exitosos;
- buscar más y mejores opciones financieras, y
- desarrollar un sentido de mayor creatividad y compromiso en las instituciones financieras, de tal forma que se multipliquen los apoyos a la realización de estos proyectos en mejores términos y condiciones.

24. Charles Wolf, *Markets or Governments*, MIT Press, 1990.

ESQUEMA DE PARTICIPACIÓN EN CONCESIONES



Fuente: Ingenieros Civiles Asociados, Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua, *Presentación de la empresa*, 1998.

Objetivos

La participación privada en los servicios integrales de agua debe tener como objetivos fundamentales: eficiencia de los sistemas; elevación del nivel de calidad del servicio a la población; autosuficiencia financiera a corto o mediano plazos; continuidad de planes de largo plazo en diversos períodos administrativos, y uso sustentable de recursos hídricos regionales.

Alcance y etapas de participación privada

Es pertinente que la participación privada progrese en tres etapas en que se alcancen de manera gradual los objetivos de la privatización de los servicios de agua. Dada la endeble situación financiera de los municipios y la obsoleta infraestructura de operación, es necesario efectuar las acciones de manera progresiva y con un orden predeterminado que permita incrementar la calidad y la eficiencia del servicio desde que la empresa privada comienza a participar: 1) padrón de usuarios, catastro de redes, capacitación de cuadros técnicos; 2) inversión en equipo de cómputo, medición, facturación, cobranza, contratación de servicios, atención al público, actualización del padrón de usuarios y del catastro de redes, y 3) operación y mantenimiento de redes de agua potable y drenaje, detección y reparación de fugas, contratación de servicios, inversión en rehabilitación, proyectos de ingeniería, construcción de redes, tratamiento de aguas residuales.<sup>25</sup>

El procedimiento sería el siguiente: 1) el municipio otorga la concesión por medio del organismo operador; 2) el organismo operador contrata la concesión de servicios con la concesionaria; 3) se crea un comité técnico de vigilancia; 4) el municipio somete el título de concesión al Congreso; 5) el Congreso ratifica el título de concesión; 6) la concesionaria aporta capital; 7) la concesionaria busca inversionistas locales; 8) los inversionistas locales aportan capital por medio de la concesionaria; 9) la concesionaria es responsable de la ingeniería, construcción y operación; 10) la operadora realiza la operación, el mantenimiento, la facturación y la cobranza; 11) los usuarios pagan el servicio recibido; 12) aportación de recursos para obras de consolidación; 13) aportación de recursos gestionados por la concesionaria; 14) entrega del producto de la recaudación; 15) pago de derechos por el uso de agua a la Comisión Nacional del Agua; 16) amortización de créditos; 17) pago a servicios de ingeniería; 18) pago de las obras realizadas; 19) pago de derechos de concesión, y 20) retorno de capital a largo plazo.

HACIA UN MARCO PARA EL USO SUSTENTABLE DEL AGUA EN MÉXICO

El uso sustentable del agua en México exige cambios institucionales de fondo y la elaboración de políticas en forma interdisciplinaria que superen la orientación que ha prevalecido en el pasado, de simple expansión de la infraestructura, desestimando consideraciones de eficiencia, ahorro e incentivos.

25. ICA, Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua (OMSA), *Presentación de la empresa*, 1998.

Los problemas de agua en México son de naturaleza jurídica e institucional, y no sólo de ingeniería.

El agua es un recurso muy valioso para la sociedad y por ello debe recibir un tratamiento económico consecuente. El agua gratuita o subsidiada significa un incentivo perverso que favorece el derroche y la ineficiencia.

El manejo del agua en México requiere de nuevas instituciones que definan con claridad derechos de uso o propiedad, fortalezcan la certeza jurídica y permitan el intercambio en mercados transparentes, en los que el Estado asegure que se minimicen los efectos externos a los intereses públicos y ofrezca políticas que garanticen e induzcan su uso sustentable y económicamente eficiente. En ello, como se señaló, la participación del sector privado desempeña un papel fundamental.

Debe replantearse el papel del gobierno federal en materia de inversiones en obras y mantenimiento de infraestructura hidráulica.

La desaparición de subsidios al precio del agua resulta prioritario. Los precios deben estructurarse sobre bases transparentes que permitan la recuperación total del costo y que incluyan criterios económicos y ambientales.

Se ha avanzado mucho en los últimos años para establecer un marco de racionalidad en el uso del agua en México, atribuible a las políticas y programas aplicados recientemente por la Comisión Nacional del Agua. Parece que el cambio institucional transita por el camino correcto.

Sin embargo, es preciso establecer compromisos más claros y acelerar la instrumentación de numerosas políticas, antes de que sea demasiado tarde; el agua es un elemento crucial para el crecimiento económico del país, para el bienestar social y para el equilibrio ecológico.

En este sentido, es necesario apuntar algunas tareas pendientes de carácter estratégico que deben asumirse en el corto plazo, haciendo acopio de todos los recursos políticos e institucionales requeridos.

### Cambio institucional, administración y eficiencia

- Mayor seguridad jurídica en el derecho de uso de agua y concesiones.
- Adecuaciones jurídicas para alentar los mercados de agua, permitiéndose las transferencias entre diferentes cuencas.
- Desregulación y eliminación de trámites innecesarios para agilizar el otorgamiento de concesiones y permisos.
- Avanzar con mayor rapidez en la constitución de consejos de cuenca, con cariz ambiental y perspectiva estratégica de eficiencia económica.
- Transferencia de funciones operativas a las entidades federativas y a los usuarios organizados.
- Los distritos de riego deben transferirse totalmente a los usuarios
- Deben eliminarse subsidios en los precios del agua y en las tarifas de energía eléctrica para bombeo agrícola.

- Por medio de mecanismos de intercambio económico y transferencia de derechos de uso en regiones prioritarias, deben liberarse volúmenes de la agricultura y reasignarse a usos socialmente más productivos en las ciudades y en la industria.

- En la Ciudad de México debe superarse la política exclusivamente ingenieril de incrementar la oferta de agua, que niega los imperativos de racionalidad económica. Esto adquiere mayor importancia al haberse mostrado la inviabilidad de mayor suministro desde cuencas externas, como es el caso de la cuarta etapa del Sistema Cutzamala en la captación de Temascaltepec.

### Manejo ambiental y uso sustentable

- Avanzar en las declaratorias de cuerpos de agua, especialmente en sistemas prioritarios como los del Conchos, San Juan, Bravo Bajo, Pánuco, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos, Yaqui, Mayo, Fuerte, Culiacán, Coahuayana, Balsas, Lerma y valle de México, así como en lagunas costeras.

- Atender prioritariamente las descargas de zonas urbanas con un elevado efecto ambiental, como es el caso de las aguas residuales del puerto de Veracruz que plantean una afectación considerable a los ecosistemas arrecifales.

- Establecer una regulación ambiental efectiva de la acuicultura.

- Exigir el cumplimiento de las normas ecológicas para descargas de aguas residuales y consolidación de la vigilancia ambiental en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, con un enfoque de control por diversos medios.

- El considerable volumen de aguas residuales de la Ciudad de México debe tratarse en su totalidad. Ello requiere construir macroplantas de tratamiento y que su caudal se oriente, al menos de manera parcial, a la recuperación extensiva del lago de Texcoco.

- Establecer una normatividad ambiental eficaz para las actividades agrícolas de riego, así como el pago de derechos por contaminación en el sector.

- Atender de manera especial a las ramas industriales más contaminantes: metálicas básicas, explotación mineral, productos metálicos, industria petrolera, química y petroquímica, celulosa y papel, industria textil, curtiduría, industria alimentaria, azucarera, cervecera, vitivinícola y pesquera.

- Establecer nuevos sistemas de regulación en acuíferos con problemas graves de sobreexplotación y contaminación.

- Determinar y asegurar volúmenes mínimos en los cuerpos de agua para sustentar la continuidad de los procesos ecológicos. El suministro ecológico de agua a ríos, lagunas costeras, lagos y humedales debe asumirse como prioridad en las políticas hidráulicas.

- Aplicarse en el saneamiento en centros turísticos estratégicos, como Zihuatanejo, Cancún, Huatulco, Cozumel, Acapulco, Puerto Vallarta, Mazatlán, Manzanillo y La Paz. La continuidad del desarrollo turístico depende de ello. 