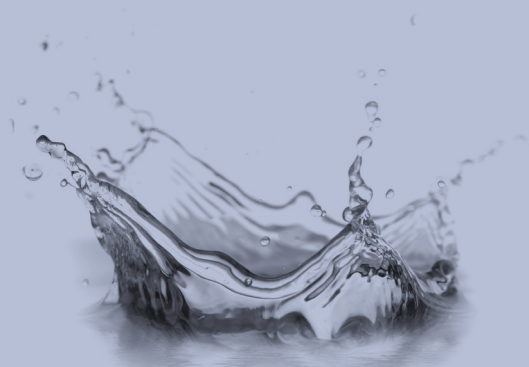




# AGUA



1

**MARÍA LUISA TORREGROSA Y ARMENTIA**  
COORDINADORA

**ASEGURAR EL ABASTO  
DE AGUA POTABLE PARA  
TODA LA POBLACIÓN ➔**

**MÉXICO 2013**

**AGENDA CIUDADANA DE CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**



# AGUA



*Agradecimientos:*

La *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación* fue posible gracias al generoso trabajo de miles de personas, a quienes dedicamos la presente serie de libros.

La coordinación general de la *Agenda Ciudadana* agradece a todas las instituciones involucradas en el proyecto; en especial, a las comisiones de Ciencia y Tecnología y de Educación de la LXI y LXII Legislatura de la Cámara de Senadores, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento otorgado, y a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM por el trabajo editorial realizado.

Asimismo, los editores de esta serie de libros agradecemos el apoyo que otorgaron los siguientes especialistas al revisar y dar su opinión sobre los contenidos: Luis Aboites Aguilar, Francisco Alba Hernández, Pablo Álvarez Watkins, Rodolfo Corona Vázquez, Arturo Curiel Ballesteros, Manuel Gil Antón, María de Ibarrola Nicolín, Francisco A. Larqué Saavedra, Polioptro Martínez Austria, Blanca Emma Mendoza Ortega, Pablo Mulás del Pozo, Guillermina Natera Rey, Julio Everardo Sotelo Morales.

*Coordinación general:* José Franco

*Coordinación editorial:* Rosanela Álvarez

*Asistente editorial:* Paula Buzo Zarzosa

*Corrección de textos:* Kenia Salgado, Héctor Siever

*Diseño y formación:* Miguel Marín y Elizabeth García

*Agua*

Primera edición, 2013.

D. R. © Academia Mexicana de Ciencias, A. C.

Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca s/n,  
Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C. P. 14400, México, D. F.

ISBN: 978-607-96209-0-5

# AGUA

## **COORDINADORA**

MARÍA LUISA TORREGROSA Y ARMENTIA  
FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES (FLACSO)  
SEDE MÉXICO

## **COLABORADORES**

KARINA BEATRIZ KLOSTER  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

BLANCA JIMÉNEZ CISNEROS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS DEL AGUA Y PROGRAMA HIDROLÓGICO  
INTERNACIONAL, UNESCO  
INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

JACINTA PALERM VIQUEIRA  
COLEGIO DE POSGRADUADOS

JORDI VERA CARTAS  
COORDINACIÓN UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS  
METROPOLITANOS Y DE LA (CUOM),  
UNIVERSIDAD VERACRUZANA





# CONTENIDO

**7**

PRESENTACIÓN

**11**

RESUMEN EJECUTIVO

**13**

**CAPÍTULO 1**  
DIAGNÓSTICO

**19**

**CAPÍTULO 2**

IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO QUE GUARDAN  
LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

**25**

**CAPÍTULO 3**

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

**35**

**CAPÍTULO 4**

PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS  
Y SOLUCIONES IDENTIFICADAS

**37**

**CAPÍTULO 5**

ESTIMADO PRESUPUESTAL

**39**

CONCLUSIONES

**41**

BIBLIOGRAFÍA





# PRESENTACIÓN

La construcción de una sociedad democrática y con desarrollo sustentable requiere que ciencia, tecnología e innovación formen parte medular de la agenda nacional y que la ciudadanía conozca los avances en la generación y aplicación del conocimiento. Para lograrlo, es necesario ubicar estos conocimientos como parte de la cultura y como un instrumento imprescindible en la toma de decisiones y en la construcción de políticas públicas, especialmente aquellas encaminadas a combatir los grandes problemas nacionales, incluyendo a la desigualdad social y la pobreza.

La *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación* ha sido un ejercicio de participación ciudadana y comunicación de la ciencia que, además de elevar la cultura científica, busca conocer la opinión de la población sobre los principales retos que enfrenta el país y ante los cuales ciencia, tecnología e innovación pueden y deben actuar. Es la primera consulta de este tipo que se realiza en México.

Esta iniciativa explora nuevas formas de diálogo entre científicos, ciudadanía y tomadores de decisiones y representa un avance significativo en el camino que México emprende hacia una sociedad basada en el conocimiento.

La *Agenda Ciudadana* constituye una búsqueda hacia la reflexión conjunta con la sociedad y la posibilidad de que ésta se vincule y establezca una nueva relación con la política nacional y las instituciones. La participación de más de 200 instituciones públicas y de la sociedad civil, así como de más de 70 medios de comunicación, permitió que este proyecto acercara el trabajo de los investigadores a la sociedad.

La selección de los temas de la consulta se hizo considerando el amplio abanico de problemas y necesidades de nuestro país y tomando en consideración las capacidades ya existentes, tanto humanas como de infraestructura. La lista inicial de temas era muy extensa. Sin embargo, se seleccionaron diez retos que incluyen problemas que están en la agenda global. Éstos son:

- **Agua.** Asegurar el abasto de agua potable para toda la población.
- **Cambio climático.** Desarrollar la capacidad de prevención y adaptación a los efectos del cambio climático.

- **Educación.** Modernizar el sistema educativo con enfoque humanístico, científico y tecnológico.
- **Energía.** Contar con un sistema de energía limpio, sustentable, eficiente y de bajo costo.
- **Investigación espacial.** Desarrollar una industria aeroespacial mexicana competitiva y con resultados de interés para la sociedad.
- **Medio ambiente.** Recuperar y conservar el medio ambiente para mejorar nuestra calidad de vida.
- **Migración.** Construir una sociedad informada sobre la diversidad migratoria y sensibilizada con los derechos de los migrantes.
- **Salud mental y adicciones.** Integrar la atención de la salud mental y adicciones a la salud pública.
- **Salud pública.** Conformar un sistema integral de salud de alta calidad para toda la población.
- **Seguridad alimentaria.** Lograr un campo más productivo y alcanzar la seguridad alimentaria.

Seis de los temas elegidos para la *Agenda Ciudadana* son relevantes a nivel global y coinciden con los tópicos recientemente definidos como prioritarios por la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) en su asamblea general, realizada en marzo de 2013 en Río de Janeiro, Brasil. Estos temas son: agua, cambio climático, medio ambiente, ciencias de la educación, energía, salud y seguridad alimentaria. Lo anterior significa que, más allá de su importancia nacional, los retos seleccionados forman parte de las preocupaciones a nivel mundial.


En la primera consulta realizada en nuestro país participaron más de 150 000 personas, en el periodo del 7 de noviembre de 2012 al 30 de enero de 2013. Este ejercicio se realizó a nivel nacional, lo que permitió obtener un sondeo en las 32 entidades de la República Mexicana.

Como parte de las reflexiones generadas durante este ejercicio, se creó una serie de diez libros que examinan y proponen posibles soluciones a los problemas planteados. La elaboración de los títulos estuvo a cargo de equipos conformados por expertos en cada uno de los temas y fueron revisados por especialistas externos a los equipos de autores, quienes aportaron su valiosa opinión sobre los contenidos de los libros.

Cada volumen presenta un resumen ejecutivo donde se identifican los principales aspectos de cada uno de los retos considerados en la *Agenda Ciudadana*. Los autores realizaron un análisis y diagnóstico de la situación actual de los problemas abordados.

Finalmente, se discuten alternativas de solución y propuestas para la construcción de políticas públicas, considerando un estimado presupuestal, con la intención de ofrecer una guía que resulte útil a los tomadores de decisiones encargados de dar solución a los retos de la agenda nacional.

México vive una etapa de transición en la que el fortalecimiento de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación debe jugar un papel decisivo para impulsar la competitividad en todos los sectores, el desarrollo económico y el bienestar de la población. En este tránsito es importante crear canales de diálogo y concertación entre los distintos actores sociales.

La participación ciudadana debe ocupar un lugar destacado en la identificación de las problemáticas que necesitan ser atendidas. La *Agenda Ciudadana* constituye una posibilidad para la apropiación del conocimiento científico por parte de la sociedad, así como el punto de partida para la elaboración de nuevas políticas públicas sobre ciencia, tecnología e innovación en nuestro país. 

Francisco Bolívar Zapata  
*Coordinador de Ciencia, Tecnología e Innovación  
de la Oficina de la Presidencia*

Enrique Cabrero  
*Director del Consejo Nacional de Ciencia  
y Tecnología (Conacyt)*

Roberto Escalante  
*Secretario General de la Unión de Universidades  
de América Latina y el Caribe (UDUAL)*

Rubén Félix Hays  
*Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología  
de la LXII Legislatura de la Cámara de Diputados*

José Franco  
*Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC)*

Alejandro Tello  
*Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología  
de la LXII Legislatura de la Cámara de Senadores*



# RESUMEN EJECUTIVO

México enfrenta innumerables retos en torno al agua, lo que hace sumamente complejo establecer lineamientos y políticas públicas para su gestión. De todos modos, los tratados internacionales y las formas que están adquiriendo los recientes debates en torno al agua hacen que dotar de agua en cantidad y calidad suficientes a todos los mexicanos hoy sea un reto ineludible, a pesar de su complejidad. Esta agenda ciudadana tiene como objetivo clarificar las problemáticas relacionadas con la dotación universal del agua y el saneamiento, así como contribuir al lineamiento de posibles políticas públicas que logren garantizar el abasto de agua a quienes aún padecen de déficit, no sólo en cantidad suficiente sino en la calidad necesaria para el consumo humano.

Para ello es imprescindible reconocer un amplio espectro para la solución del problema. El desarrollo y la modernidad se han asociado históricamente con transferencia de recursos, por lo que se ha dejado de lado la innovación tecnológica sustentable creada desde las realidades de quienes padecen los problemas. En este sentido, existe la creencia generalizada de que la forma de resolver el problema de acceso al agua y al saneamiento pasa por transferir mecánicamente la tecnología actual, sin tomar en cuenta las condiciones culturales, sociales, económicas y tecnológicas de las localidades en que será instalada. Reconocer la diversidad de formas existentes de resolver el problema hará posible que la población pueda relacionarse con los múltiples factores implícitos en el abasto de agua y saneamiento, generando mecanismos alternativos de participación y compromiso que permitan la perdurabilidad del recurso a partir de una gestión corresponsable en su acceso, uso y saneamiento. Esto brindaría una alternativa para que la población que aún no cuenta con el servicio tuviera la oportunidad de acceder al agua en cantidad y calidad suficientes, a la vez que se construiría la capacidad de garantizar la sustentabilidad futura del recurso. ☉



## DIAGNÓSTICO

México es el décimo país más poblado del mundo con 112 336 538 habitantes, según el censo de 2010, y el número 15 por su extensión (1 972 millones de km<sup>2</sup>). El 77% de la población es urbana y el resto se asienta en 184 748 localidades con menos de 2 500 habitantes.

Se cuenta con aproximadamente 4 263 m<sup>3</sup> de agua por habitante al año (Conagua, 2011), es decir, 2.5 veces más que el valor de estrés hídrico (1 700 m<sup>3</sup>/habitante por año). Además, se importa 30% de agua virtual.<sup>1</sup> No obstante, la variación temporal<sup>2</sup> y espacial de la precipitación pluvial<sup>3</sup> (figura 1), la distribución geográfica de la población y sus actividades económicas, así como la deficiencia en los servicios públicos, contribuyen a que se enfrenten problemas de disponibilidad e inequidad en la distribución del agua en prácticamente todo el territorio.

Del agua que se extrae, el porcentaje más grande (76.8%) se usa para la agricultura, 13.9% en el abastecimiento público, 3.8% en la industria y 5.4% en termoeléctricas. De estas extracciones, 63% proviene de fuentes superficiales y 37%, de subterráneas. Estas cifras promedio no reflejan la fuerte desigualdad que existe en la distribución del agua debido al deterioro, en calidad y en cantidad, tanto de los cuerpos superficiales como de los subterráneos.

El abastecimiento de agua potable para consumo humano descansa de manera creciente en la extracción de aguas subterráneas, que actualmente representa 70% del abastecimiento urbano y 62% del industrial. El número de acuíferos sobreexplotados se ha triplicado en los últimos 30 años, y se estima que la extracción total rebasa en 20% su rendimiento promedio. Esta circunstancia amenaza claramente la sustentabilidad de un país cuya economía descansa, de manera creciente, en las actividades urbano-industriales (Sandoval, 2010). Al mismo tiempo, se recauda en promedio 76%

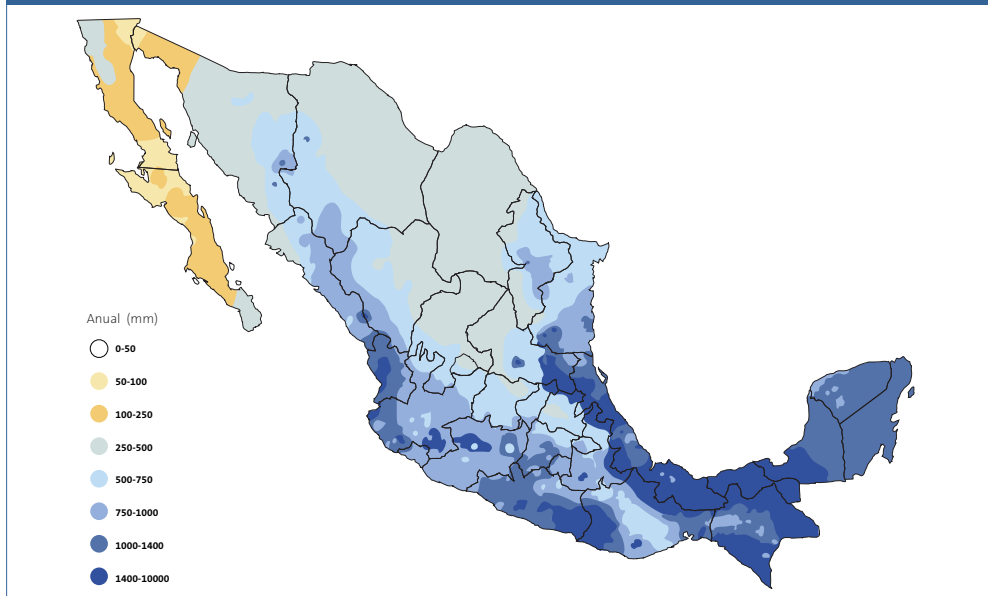
---

<sup>1</sup> El agua virtual es la cantidad real de agua requerida para la fabricación de cualquier bien o producto agrícola o industrial.

<sup>2</sup> En México existe una estación de lluvias bien diferenciada que se extiende de junio a septiembre.

<sup>3</sup> La precipitación pluvial en Tabasco es 13 veces mayor a la de Baja California Sur.

**Figura 1. Distribución de la precipitación pluvial (Conagua, 2008)**



Nota: calculado con base en la Geobase.

Fuente: Conagua, Subdirección General Técnica, Coordinación General de Servicio Meteorológico Nacional.

de los volúmenes facturados y la tarifa media por metro cúbico no rebasa los 30 centavos de dólar, cantidad que está por debajo del promedio de los costos de operación (Sandoval, 2010).

Entre las inequidades se puede mencionar que existe una mayor disponibilidad de agua en el sur y sureste (donde la precipitación media anual oscila entre 1000 y 2000 mm), y una menor en el norte y centro del país (50 a 500 mm). A pesar de esta notoria diferencia, es en el sur y sureste donde precisamente se encuentra el mayor número de habitantes sin acceso al servicio de agua potable, situación que se acentúa aún más entre la población rural.

En este sentido, a pesar de que las estadísticas oficiales muestran que la cobertura de agua para consumo humano alcanza en algunas ciudades del país 98.2%, y que la

cobertura nacional de agua potable era de 87.5% (INEGI, 2010), en el ámbito rural sólo 69.4% de los habitantes de las viviendas disponen de agua entubada, lo que indica que existe una construcción social de la escasez.

En general, el servicio de agua en el país es deficiente y la percepción de la población es que hay un reparto injusto.<sup>4</sup> La dotación de agua<sup>5</sup> es de 183 a 460 litros/habitante/día, aunque por las fugas (que pierden entre 39 y 83% del agua que se transporta) la población urbana sólo recibe de 117 a 270 l/hab/d y muchas de las

<sup>4</sup> Esto se observa en el hecho de que el detonador de los conflictos sociales en torno al agua crecientemente es por la falta del líquido derivada de su desigual distribución y de la imposibilidad de generar un ciclo sustentable de la misma (Kloster *et al.*, 2012).

<sup>5</sup> Cantidad de agua que se inyecta a la entrada de la red.



veces por tandeo, por lo que los usuarios, para lograr la continuidad en el servicio, están obligados a instalar y operar tina-cos y cisternas. Adicionalmente, para tener agua de calidad suficiente, deben someter el agua de la llave a procesos de potabili-zación, o en última instancia comprar agua embotellada. Todo ello a costos muy elevados que se incrementan propor-cionalmente a la precariedad económica de los usuarios (quienes más pagan por el agua tienen mayor grado de precariedad social). La situación es todavía más dramá-tica en el ámbito rural, donde el problema del acceso y la calidad se acentúa.

Existe una gran desconfianza de la población en la calidad del agua de la llave, lo que ha propiciado el incremento del consumo de agua embotellada. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en 2004 México ocupó el segun-do lugar mundial en consumo per cápita, con 1 690 litros/persona/año. Existen unas 6 500 productoras de agua en Mé-xico, de las cuales 84% son catalogadas como microempresas. El mayor volumen de venta es en garrafones (83%) y el resto en envases personales y familiares. Del total de empresas purificadoras, se estima que 2 500 (38.5%) son “informales”, llevando a cabo sus operaciones por fuera de la norma; son los denominados “llenadores” (llenan los garrafones con agua de la llave sin tra-tamiento previo). Éstos controlan cerca de la mitad del mercado nacional de presen-taciones de 19 litros. Además, 85% de los negocios que producen agua embotellada no cuentan con infraestructura y controles sanitarios adecuados, y se calcula que pue-de haber de 5 000 a 8 000 establecimientos clandestinos (Marañón, 2008).

Entre los problemas identificados en las localidades urbanas se encuentra

—como hemos adelantado— el estado fisi-co de las redes de distribución, las cuales tienen grandes pérdidas en la operación. Este mal estado ocasiona potenciales riesgos de contaminación del agua que se distribuye. Un problema adicional es la desigual distribución del agua entre los habitantes de una ciudad. En un mismo territorio tenemos desde quienes reciben el servicio durante las 24 horas del día, los que la reciben por tandeo (sólo unas horas y determinados días de la sema-na), los que no están conectados a la red (atendidos con pipas del municipio o de la entidad federativa), hasta los que acce-den a través de infinidad de mecanismos basados en redes locales, compra a pro-veedores informales o les es regalada por sus vecinos.

La situación rural es también muy heterogénea y con mayores grados de inequidad. La cobertura documentada oficial-mente en el censo de 2010 es de 69.4%. Son pocas las comunidades rurales que cuentan con sistemas de distribución do-miciliaria a cargo del municipio, la gran mayoría de las comunidades gestiona su propio servicio mediante la conformación de comités con participación honorífica por parte de la población. Muchos de estos sistemas han logrado operar con núme-ros negros y cuotas relativamente bajas. El principal problema que enfrentan es que no tienen reconocimiento jurídico-legal, y por disposición constitucional de-ben ser operados por el municipio; esta situación ocasiona muchos problemas a las comunidades. En tanto no tienen un reconocimiento jurídico, tampoco pueden acceder a apoyos financieros para mejorar y ampliar sus sistemas. Por esta razón, una acción pendiente es diseñar una política adecuada para resolver el abasto de agua

de la población rural, porque hasta ahora las existentes generalmente implican propuestas muy ajenas a la cultura preexistente o se orientan hacia capacidades que no han sido previamente construidas.

Desde 1981 los municipios tienen la responsabilidad de operar los sistemas de agua, y desde 1989, los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales; pero de 2445 municipios existentes en México, sólo 1200 cuentan con organismos operadores que brindan los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado. Esta cifra nos indica que el resto de los municipios y localidades operan con una gran diversidad de formas de acceso al agua, como son las juntas de agua, los fontaneros, la organización comunitaria y muchas otras modalidades colectivas e individuales para resolver el abasto.

En relación con la sustentabilidad del recurso, uno de los factores críticos que en México impide una gestión sustentable e integral de los recursos hídricos es la falta de cobertura en el servicio de alcantarillado o drenaje y su posterior saneamiento. Las cifras oficiales de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) a diciembre de 2011 reportan una cobertura

de alcantarillado de 90.2%. Estas estimaciones implican una cobertura de 96.4% en el ámbito urbano y de 69.4% en las zonas rurales a finales de 2011. Cabe mencionar que los datos reportados por la Conagua consideran dentro de la cobertura de alcantarillado aquellos ocupantes de viviendas particulares que disponen de drenaje, ya sea que éste se encuentre conectado a una red pública, a una fosa séptica, a barrancas, grietas, ríos, lagos o al mar. Una definición más rigurosa de *cobertura* debería excluir estas formas de descargas insustentables. La cobertura a nivel nacional apenas alcanzaría 87.7% en alcantarillado (conectado a red pública) si no se consideraran estas descargas (INEGI, 2010). En 2010 casi 32 millones de habitantes, la mayor parte de los cuales se concentran en los estados de Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Guerrero, no contaban con drenaje conectado a la red pública. Las diferencias ente el ámbito rural y el urbano se presentan en la tabla 1. En este sentido, al menos 35.5% de los habitantes en el ámbito rural y 4.5% en el ámbito urbano no disponen de un sistema de recogida de aguas negras.

| <b>Tabla 1. Ocupantes de viviendas particulares y disponibilidad de drenaje por zona urbana o rural</b>  |       |        |       |
|--|-------|--------|-------|
|  | Rural | Urbano | Total |
| Drenaje con conexión a red pública o fosa séptica  | 63.6% | 95.0%  | 87.7% |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de drenaje que descarga en barranca o grieta, río, lago o mar.</li> <li>• No disponen de drenaje.</li> </ul> | 35.5% | 4.5%   | 11.7% |
| No especificado  | 0.9%  | 0.5%   | 0.6%  |

Fuente: elaboración propia con información del INEGI, 2010.

Paralelamente al problema de drenaje, nos encontramos con una todavía insuficiente cobertura de saneamiento. Si bien el gobierno federal ha realizado importantes inversiones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el último decenio, los datos siguen mostrando niveles de cobertura de tratamiento inferiores a los de otros países de la OCDE (OCDE, 2012). De los 237 000 litros de aguas residuales que cada segundo se generaron en los centros urbanos del país durante 2009, se trataron alrededor de 37% en alguna de las 2 029 plantas en operación (Conagua, 2011). Los usos no municipales, incluyendo a la industria, tienen un desempeño mucho más pobre, ya que en 2009 en 2 186 plantas en operación apenas se trató 19.3% de las aguas generadas.

Parte del problema en lo que se refiere a las aguas residuales municipales está relacionado con que el caudal actualmente tratado dista de la capacidad instalada. En 2009 se aprovechaba 77% de la capacidad instalada en las PTAR del país. Si bien muchas de las plantas se sobredimensionan, la pobre red de drenaje está impidiendo una recolección mayor de aguas residuales. En este sentido, es importante fortalecer la red pública de drenaje ampliando su cobertura y reparando las cuantiosas fugas o tramos incompletos, para poder incidir en la mejora de las eficiencias en las plantas ya instaladas. En las zonas rurales de México la problemática es mucho más grave, porque en los casos donde hay recolección (67%, como vimos) es poco frecuente la existencia de infraestructura de tratamiento o, cuando ésta existe, pocas veces opera de manera adecuada. Asimismo, tecnologías que pudieran pensarse como más apropiadas,

como por ejemplo los baños secos, no son consideradas y resultan difíciles de transferir por la cultura tecnológica que implica su uso.

Aunado a los problemas de falta de infraestructura física, el sector del tratamiento de aguas no cuenta con recursos públicos suficientes para mantener la operatividad óptima de las plantas. La mayor parte de las plantas de tratamiento no cuenta con presupuestos municipales suficientes para cubrir los costosos gastos de operación de las PTAR, especialmente los de aquellas que cuentan con procesos de tratamiento más tecnificados. En ese sentido, y para minimizar dichos costos de operación, hay que promover el uso de tecnologías de tratamiento que sean financieramente sustentables en el tiempo y se ajusten más a las capacidades técnicas con las que cuenta el organismo operador, así como la realidad social, ambiental y económica particular de cada localidad.

En México, más de 70% de las cuencas hidrológicas presentan algún grado de contaminación, lo que ocasiona graves problemas de disponibilidad y acceso (Greenpeace, 2012). En los ríos mexicanos encontramos algunos metales pesados altamente tóxicos, como mercurio, plomo, cromo, cadmio, y otros compuestos dañinos, como tolueno o benceno. Desafortunadamente, desconocemos la ubicación y concentración de estos u otros compuestos en nuestros ríos, porque no son analizados de manera más completa.

Actualmente, para evaluar la calidad del agua, la Conagua reporta únicamente tres indicadores: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO); Demanda Química de Oxígeno (DQO), y Sólidos Suspendidos Totales (SST), si bien en los ríos de México se vierten cientos de sustancias químicas.

Aun con estos pocos datos los resultados no son nada esperanzadores. Por ejemplo, los reportes finales resultados de DBO muestran que en 2009 más de 78.3% de la DBO generada por nuestras industrias y municipios llegó directamente a nuestros cuerpos de agua. Cabe destacar que las descargas industriales generan 340% más contaminación (expresada como DBO) que las aguas residuales municipales.

En los países de la Unión Europea son miles los compuestos que están reglamentados; y muchos de ellos prohibidos. En nuestro país cualquier empresa o individuo puede descargar en los ríos sustancias altamente tóxicas, como el nonilfenol o el benceno, sin que exista forma de sancionarlos (Greenpeace, 2012). El nonil-

fenol se usa, entre otros procesos, para el teñido de fibras textiles y es un disruptor hormonal. El benceno se emplea en numerosos procesos y es reconocido como una sustancia cancerígena.

Si bien no se cuenta con información acerca de la calidad del agua de los 653 acuíferos del país, se conoce que 100 de éstos, de los cuales se extrae 53.6% del agua subterránea, se encuentran sobreexplotados. Aunado a esto, 16 presentan intrusión marina y 32 muestran algún fenómeno de salinización. Asimismo, la sobreexplotación ha significado la liberación de químicos naturales altamente tóxicos, como arsénico en La Laguna, plomo en Michoacán o exceso de flúor en Aguascalientes, entre otros. ☉

# IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO QUE GUARDAN LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

(Capacidades humanas y físicas para atender la problemática concreta)<sup>1</sup>

### **Concepción del problema. La cobertura universal de servicios sostenibles**

Existen diferentes alternativas conceptuales en torno a la solución del problema que representa el deficiente abasto de agua. En general, se ha tendido a considerar que el abastecimiento de agua y el saneamiento dependen de procesos fundamentalmente operativos. De esta manera, el problema se ha pensado desde dos grandes vertientes:

- a) La movilización de recursos para ampliar el acceso a la infraestructura, abarcando todo el ciclo de proyectos, desde los estudios básicos hasta la instalación de nuevas tomas de agua potable, conexiones al alcantarillado o medios adecuados de disposición de las excretas; para ello se requiere contar con:
  1. Capital financiero suficiente para invertir en adquisiciones y obras de infraestructura.
  2. Arreglos institucionales adecuados que minimicen los costos de transacción para el ciudadano, no sólo atendiendo a los costos directos de cada componente del ciclo de vida de los proyectos, sino a los costos relativos a los procesos de intercambio de información y recursos que ocurren entre los diferentes participantes, así como a los procedimientos de selección de tecnologías y soluciones con base en criterios económicos eficientes.

---

<sup>1</sup> Para este apartado hemos retomado la amplia experiencia existente en el análisis y la sistematización de necesidades de investigación y desarrollo tecnológico en los sistemas de agua potable y saneamiento de los servicios públicos en México, realizados por el Ing. Ricardo Sandoval (2012). Lamentablemente, la diversidad de formas sociales desarrolladas por la población para acceder y resolver su necesidad básica en torno al agua han sido poco exploradas y sistematizadas. En este sentido, es una tarea pendiente desarrollar investigación al respecto de las experiencias exitosas en México y en otras partes del mundo.

3. Recursos humanos capacitados. No hay proyecto más costoso que aquel que no funciona por deficiencias de diseño o construcción.
  4. Fuentes de abastecimiento, cuencas y acuíferos bajo administración sostenible; si bien este tema rebasa el alcance del objetivo de cobertura universal, es claro que mientras siga dándose un deterioro del medio natural y del ciclo del agua, en calidad y disponibilidad, los costos de la infraestructura de abastecimiento de agua y saneamiento seguirán incrementándose.
- b) La instrumentación de los arreglos necesarios para garantizar la prestación *sostenible de servicios de agua y saneamiento* con calidad y de forma asequible para la satisfacción de las necesidades humanas básicas, así como de mecanismos económicamente eficientes para el abasto para usos productivos y suntuarios. Esta prestación sostenible, por su parte, implica lograr el uso equilibrado de al menos seis formas de capital:
1. El recurso natural, considerando al agua como un elemento integrado a su contexto ambiental y territorial.
  2. La infraestructura y equipos, que están sujetos a un desgaste natural debido a su utilización y deben tener un mantenimiento, operación y reemplazo adecuados.
  3. El dinero, ya que aun los sistemas que reciben subsidios para la ampliación de su infraestructura principal deben contar con los recursos que permitan operarlos, darles mantenimiento preventivo y realizar las reparaciones y rehabilitaciones menores.
  4. El capital humano adecuado para manejar los sistemas, tomando en cuenta que se trata de labores relativamente especializadas y en evolución tecnológica constante, por lo que se requiere de personal capacitado, suficientemente remunerado y motivado.
  5. El acervo institucional, ya que los sistemas operan sobre la base de acuerdos formales y no formales que permiten al operador ejercer funciones de autoridad sobre la ciudadanía (incluso en el caso de los comités rurales); un marco legal y un conjunto de reglas no formales que propicien una relación equilibrada entre el prestador del servicio y el ciudadano constituyen recursos invaluable que permiten al sistema gestionar y conservar los otros recursos aquí mencionados.
  6. El capital social, que no implica sólo la disposición de la ciudadanía para apoyar en el buen uso del agua y el pago justo por los servicios, sino el desarrollo de una cultura cívica que ejerza la presión suficiente para que la autoridad

política custodie la integridad del patrimonio del sistema y garantice su administración eficiente, cumpliendo con los estándares normativos y con criterios de buen servicio.

La figura 2 muestra de manera esquemática las seis formas de capital que condicionan la operación sostenible de los sistemas de agua y saneamiento, así como los retos que en esta materia enfrentamos actualmente en México.

**Figura 2. Formas de capital que condicionan la operación sostenible de los servicios de agua y saneamiento, y los retos actuales**



En ambos casos –el desarrollo de infraestructura para ampliar el acceso a servicios y la operación sostenible de los sistemas– la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnologías apropiadas tienen un papel preponderante, que no se circunscribe a las áreas de las ciencias exactas en los temas de calidad o conducción del agua como recurso, sino requiere del concurso de las ciencias sociales.

agua y saneamiento es suministrar dichos servicios cumpliendo con estándares de calidad mínima aceptable y a precios razonables, que cubran los costos y sean asequibles (Cuéllar B., 2010). Para ello, es necesario que en el ámbito de la entidad prestadora del servicio o en el de una autoridad u organismo vinculado al mismo se lleven a cabo las siguientes funciones:

- Planear, programar, ejecutar y operar infraestructura y equipos:
  - ≈ Captar, conducir, potabilizar, regular y distribuir agua potable.
  - ≈ Captar, conducir, tratar o reutilizar las aguas residuales.

### **Funciones de un sistema de agua y saneamiento**

Con obvias diferencias de complejidad y organización, desde los ámbitos rurales hasta los grandes sistemas metropolitanos, la función básica de un sistema de

- ≈ Captar, conducir, regular y disponer de aguas pluviales en sistemas combinados.
- Administrar los denominados “procesos comerciales”<sup>2</sup>:
  - ≈ Medir, facturar y cobrar consumos regulares.
  - ≈ Administrar rezagos, cartera vencida, multas y sanciones.
  - ≈ Administrar la incorporación de nuevos usuarios.
- Administrar los recursos del organismo:
  - ≈ Administrar eficientemente el dinero.
  - ≈ Desarrollar el personal y la organización.
  - ≈ Gestionar estratégicamente los activos.
- Gestionar la relación con autoridades y usuarios:
  - ≈ Gestión política y financiera.
  - ≈ Servicio al usuario.
  - ≈ Ejercicio de la autoridad reglamentaria.
  - ≈ Transparencia, rendición de cuentas, gobernanza.

Así, la prestación sostenible de los servicios implicaría que estas funciones, propias de los sistemas de agua y saneamiento, se lleven a cabo mediante un uso equilibrado de los recursos o formas de capital mencionados. La investigación científica y el desarrollo tecnológico constituyen una base transversal que puede hacer posible esta operación sostenible, una vez que la transferencia de tecnologías adecuadas incide en forma concreta en la mejora de la cobertura y calidad de los servicios.

<sup>2</sup> Aun cuando se conciba al servicio de agua como un servicio público y no comercial, en México se acostumbra denominar de esta manera a las actividades tendientes a la recuperación de los costos de operación, mantenimiento e inversión en función del consumo.



**Figura 3. Proceso de identificación de áreas de interés para la investigación científica y el desarrollo de tecnología en agua y saneamiento**



### Identificación de áreas de interés potencial para la investigación científica y el desarrollo de tecnología en agua y saneamiento para los sistemas públicos

El uso equilibrado de cada una de las formas de capital puede orientar la identificación de áreas de interés potencial para la investigación científica y el desarrollo tecnológico. En la figura 3 se ilustra el proceso de exploración de áreas de interés efectuado para el presente ejercicio de reflexión.

### Capacidades y recursos actuales en el ámbito internacional

En todo el mundo, en particular en los países desarrollados, existe una intensa actividad en materia de investigación y desarrollo tecnológico hídricos, especialmente en temas relativos a ciencias naturales y exactas. Las propias universidades e institutos tecnológicos han desarrollado agendas de vinculación con los sectores usuarios del agua, en ocasiones con apoyo de los gobiernos nacionales e incluso a raíz de iniciativas regionales (como la Directiva Marco en Europa). En este sentido, existen innumerables experiencias que demuestran la imperiosa necesidad de ahondar en estas prácticas investigativas que desarrollen tecnologías pensadas en y desde las situaciones de escasez o de abasto (Allen *et al.*, 2006; Orangi, 2002). ©



# PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

### Estrategia 1

Contar con un sistema integral de medición de todos los componentes del ciclo hidrológico en cantidad y calidad a nivel nacional y por cuencas.

México enfrenta retos que le obligan a hacer una mejor administración del agua en cantidad y calidad. Para ello se requiere información de carácter público sobre ambos aspectos, pero ésta es escasa, errática y, cuando existe, muchas veces es contradictoria o incluso errónea.

Se requiere implementar con urgencia un sistema público, transparente e integral de medición de todos los componentes del ciclo hidrológico en cantidad y calidad en el ámbito nacional y por cuencas, llevar un registro de los servicios públicos de agua y de su calidad, así como de usos y usuarios de agua. A partir de ello se podrán plantear soluciones con visión de largo plazo sustentadas en un análisis técnico sólido. Toda esta información debe formar parte de un sistema de contabilidad nacional, aplicar metodologías uniformes de medición y estar accesible al público para su constante verificación y empleo. Asimismo, en lugares donde existen problemas específicos, las mediciones, los estudios y la información deben estar sujetos a debates abiertos y públicos.

Entendemos por *ciclo hidrológico* al recorrido realizado por el agua desde el momento de la evaporación, pasando por las precipitaciones ocurridas y la forma en que se aprovecha una parte, y se escurre o infiltra otra. De estas corrientes de aguas superficiales y subterráneas se extrae para consumo agrícola, industrial y urbano. Una vez consumida, una parte se reintegra al ciclo hidrológico como desechos en parte tratados y en parte sin tratar, lo que genera contaminación.

Comenzar por una gestión coherente del agua tiene que ver con tener cuentas claras acerca del agua que se recibe, la que se extrae y consume, y la que se devuelve tratada y sin tratar. Es por esto que se propone un sistema de medición que abarque todo el ciclo hidrológico y dé cuenta de los aportes, los gastos de agua y los desechos que se realizan.

## Contribuciones desde la ciencia y la tecnología

- Desarrollar los indicadores y los sistemas de registro para alimentar el sistema de medición del ciclo hidrológico mediante enfoques multidimensionales y multidisciplinarios, con especial énfasis en y desde los lugares problemáticos.
- Realizar diagnósticos multidimensionales del ciclo hidrológico.
- Realización, actualización y monitoreo de mapas hidrológicos en el ámbito nacional que contengan información sobre la cantidad y calidad del agua en cada región y cuenca hidrológica.

### Estrategia 2

Conocer y registrar los diferentes tipos y formas que adoptan los servicios públicos de agua y su calidad, tanto en las ciudades como en las zonas rurales, así como los usos y usuarios de agua de acceso libre.

Una vez construido el conocimiento de dónde contamos con agua y de qué calidad, es preciso avanzar en el conocimiento sobre qué tipo de fuentes se están utilizando, quiénes y cuánta gente las están usando, y cómo lo están haciendo; para luego implementar los procedimientos que hagan posible una distribución equitativa del recurso.

En relación con los gastos de agua, es preciso elaborar un sistema de registro de las múltiples formas en que se realiza este gasto, a partir de construir, mantener y prolongar un sistema transparente de traspaso de derechos de agua de un sector a otro; mantener el balance de los acuíferos luego de contar con el registro de inversión en recarga, y construir cono-

cimiento sobre la diversidad de tecnologías de captación de agua. En síntesis, es desarrollar conocimiento sobre el abanico de formas tecnológicas, sociales y culturales operantes en la actualidad y sus respectivos problemas, para que permitan construir enfoques de solución específicos para los distintos tipos de localizaciones, como son las ciudades, pueblos y rancherías, entre otros.

En lo que se refiere al monitoreo de la contaminación, es necesario enfocar los esfuerzos en las fuentes de contaminación (Greenpeace, 2012). Según la Organización de las Naciones Unidas, la prevención de la contaminación es el enfoque más eficiente, barato y sencillo para garantizar la calidad del agua. La mejor manera de tener ríos limpios es no contaminarlos. Para ello no se deben usar y descargar sustancias tóxicas, así como se debe prohibir el uso de las que no han sido suficientemente estudiadas, siguiendo el principio precautorio.

Asimismo, se deben fortalecer las capacidades de monitoreo de las dependencias encargadas del control, así como la ampliación de los tipos de sustancias tóxicas actualmente regulados en las normas oficiales mexicanas. Este fortalecimiento institucional debe venir acompañado de un mayor control de las descargas industriales y municipales, por medio de incrementar las sanciones relacionadas al daño generado. Para ello es importante involucrar a la ciudadanía en dicha supervisión, definir el derecho de los ciudadanos a conocer los contaminantes que los afectan por las descargas industriales, así como fortalecer el derecho ciudadano de demandar a las industrias por sus afectaciones. Adicionalmente se requiere de una política orientada a fomentar la innova-

ción y la inversión de la industria en tecnologías más limpias.

### Contribuciones desde la ciencia y la tecnología

- Investigar sobre los usos del agua y niveles de demanda y disponibilidad por región y cuenca hidrológica.
- Actualizar las normas oficiales mexicanas para ampliar la cantidad de sustancias que por ley deben monitorearse.
- Analizar críticamente la Ley de Aguas Nacionales para incluir el principio precautorio como rector de la misma.
- Investigar cómo las sanciones actualmente aplicadas en materia de contaminación han desincentivado las descargas directas.
- Realizar investigación orientada a la delimitación del abanico de problemas y diversidad de soluciones a los mismos, para que haya alternativas de dónde elegir.

### Estrategia 3

Construir, recuperar o desarrollar tecnología acorde con las necesidades y posibilidades de quienes aún carecen de abasto de agua.

Una vez construido el conocimiento sobre el agua con que contamos y la que gastamos, es necesario implementar procedimientos que hagan posible una distribución equitativa del recurso. Para ello, todos los sectores responsables deben armonizarse y colaborar en la construcción

de procedimientos y tecnologías más adecuados para satisfacer las necesidades de todos los habitantes de México. Además, para lograr este objetivo es necesario reconocer la convivencia de diversos paradigmas:

#### Paradigma del desarrollo

Por mucho tiempo se ha creído que ser más desarrollado implica tener la misma forma de acceso al agua que en los lugares más urbanizados; esto implica tener retrete y ducha, entre otros, lo que supone un acceso a la modernidad a un muy alto costo ecológico y de posibilidades de renovación del recurso. Es por ello que debe ampliarse el paradigma de lo que significa *desarrollo* y apuntalar la solución en innovaciones tecnológicas sustentables creadas desde las propias realidades de quienes padecen los problemas (Marín *et al.*, 2009). Existen en México muy diversas formas de abastecimiento de agua, pero la idea generalizada de acceso al agua supone la introducción de una red de agua potable y saneamiento, y la construcción de una PTAR. Efectivamente, ésta ha sido una de las grandes conquistas del siglo pasado, debido sobre todo a la relación que se estableció entre el Estado y la sociedad. En consecuencia, hoy día puede decirse que más de 90% de la población cuenta con agua suministrada por alguna de las formas en que el Estado garantiza su distribución, pero para lograr *agua para todos en cantidad y calidad suficientes* es necesario voltear la mirada hacia tecnologías ancestrales, nuevas o mejor adaptadas en función de la diversidad ecológica y cultural de las distintas regiones de México.

### Paradigma de la transferencia de recursos

Al tiempo que se implementaban políticas construidas desde el paradigma de desarrollo tradicional, los esfuerzos en materia de abasto y saneamiento de agua han sido conducidos hacia la transferencia de tecnología creada en situaciones de mejor acceso, por lo que se han dejado de lado otras alternativas más económicas y sustentables a largo plazo.

Existe la creencia generalizada de que la forma de resolver el problema de acceso al agua y al saneamiento pasa por transferir mecánicamente la tecnología actual, sin tomar en cuenta las condiciones culturales, sociales, económicas y tecnológicas de las localidades en las que será instalada. Es por esto que la aplicación de esta solución hacia los sectores más desfavorecidos no ha funcionado. Se asume que la solución de la problemática de acceso al agua para los pobres es de bajo costo y mala calidad: pobre tecnología para los pobres. Los programas emprendidos por los tres niveles de gobierno se concentran más en construir infraestructura, muchas veces inadecuada, y menos en resolver el problema de manera estructural y a largo plazo. Para atender a las comunidades es posible recurrir a tecnologías mejor adaptadas ecológica y culturalmente a las condiciones preexistentes.

La población que aún carece de agua ha conservado y desarrollado formas innovadoras de abasto, incluyendo formas tecnológicas adecuadas a la región donde viven, las cuales deberían ser tomadas en cuenta a la hora de diseñar la estrategia de *agua de calidad y en cantidad suficiente para todos*. Las múltiples tecnologías de abasto, que van desde jagüeyes y cenotes hasta galerías filtrantes y sistemas de

captación de agua de lluvias, entre otras, logran solucionar el abasto muchas veces en cantidad y calidad adecuadas para pequeñas comunidades donde existe limitación de fuentes, y en donde la construcción de redes tradicionales urbanas sería muy costosa. Es preciso ampliar el paradigma actual de desarrollo y modernidad para ver estas tecnologías como una alternativa de solución. Es necesario, también, su desarrollo y mejoramiento a través de centros de investigación especializados que las extiendan a comunidades en situaciones similares, garantizando así el abasto de agua en cantidad y calidad.

### Corresponsabilidad en el manejo de los recursos

Lo anterior se desarrolló, como hemos adelantado, durante la historia de la construcción del Estado mexicano, que conforme se fue fortaleciendo, debilitó la capacidad de los distintos actores sociales usuarios del agua para incidir en las decisiones fundamentales que afectarían luego la distribución del recurso. Es por eso que al querer corregir el rumbo, el proceso no ha mejorado, ya que sólo se apela a la corresponsabilidad a través del pago y a una visión idealizada de participación social.

El problema es que al disociar la gestión del recurso del consumo se ha creado una concepción política y clientelar sobre la distribución que no guarda correspondencia con la necesidad de que todos sean responsables en el uso. Es preciso que la población pueda volver a relacionarse con los múltiples factores implícitos en el abasto de agua y saneamiento generando mecanismos alternativos de participación e involucramiento, de manera tal que tiendan a la autonomización.

### Acceder a agua de calidad

Contar con agua entubada en el ámbito de la vivienda no significa que ésta sea potable. Por ello, buena parte de la población desconfía de su calidad y prefiere consumir agua embotellada, a pesar de que su costo sea entre 22 y 100 veces superior a la de la llave, según sea el precio del agua embotellada que se compre y la tarifa local por consumo de agua. Cabe mencionar que no existe información pública para modificar tal desconfianza. Son muy pocos los documentos oficiales que se refieren a la confiabilidad del agua que se suministra como potable; de hecho, sólo con cierta periodicidad se informa sobre la cantidad de agua que es desinfectada (aproximadamente 95% del suministro en bloque). Sin embargo, no es posible asociar este dato con la potabilidad por dos razones:

- Primero, por corresponder al agua que es suministrada a los municipios para su distribución a casas-habitación, y no al agua que se recibe en casa y cuyo grado de desinfección es diferente por diversos motivos.
- Segundo, desinfectar el agua no significa necesariamente que sea potable, ya que hay otros tipos de contaminantes, diferentes a los microbiológicos, que pueden estar presentes.

Como habíamos adelantado, el modelo de abasto de agua se realizó sobre una idea de desarrollo que no tomaba en cuenta la sustentabilidad del sistema. Hoy es necesario prever, entre otras cuestiones, la necesidad de realizar metas sin grandes costos sociales ni ambientales. Por ello es

preciso avanzar en el conocimiento de lo existente, para de esta manera fortalecer y generalizar las experiencias exitosas, y así poder contar con mecanismos menos costosos y más autónomos de abasto de agua, desalojo y saneamiento de la misma. Encontrar soluciones por región, sistemas ecológicos y donde exista presión sobre el recurso requiere de una voluntad de poder solidario, que sólo el Estado, empezando por el gobierno federal, puede encabezar. Lo anterior supone la tarea de articular el trabajo solidario de los diversos actores sociales comprometidos en la gestión del agua: comunidades, centros de investigación científica y tecnológica, organizaciones sociales y no gubernamentales y las autoridades (Pintado y Torregrosa, 2006).

### Contribuciones desde la ciencia y la tecnología

- Realizar investigación multidimensional e interdisciplinaria que permita rescatar las tecnologías utilizadas por culturas antiguas y tecnologías apropiadas para realizar el manejo de agua en cantidad y calidad en la época actual. Desarrollar mecanismos para que algunas de ellas se apliquen específicamente en zonas rurales y periurbanas.
- Generar conocimiento sobre los problemas y soluciones para proveer de servicios públicos de agua y saneamiento en forma multidisciplinaria y multidimensional.
- Desarrollar modelos integrales y multidimensionales para responder a las diferentes realidades y necesidades de acceso al agua, en cantidad y calidad, y al saneamiento existente en el país.

- Desarrollar sistemas de suministro de agua y saneamiento en ámbitos urbanos y rurales con tecnología nacional.
- Diseñar sistemas de monitoreo y evaluación multidimensional y multidisciplinaria para los diferentes sistemas de abasto de agua y saneamiento.
- Diseñar sistemas de monitoreo y evaluación multidimensional y multidisciplinaria en las instancias gubernamentales encargadas de los análisis de calidad y cantidad de agua.
- Diseñar sistemas de administración de agua eficaces y con aceptación social.

#### **Estrategia 4**

Implementar un programa para que en un plazo razonable se provea de un servicio de agua municipal o local con cobertura universal (tanto en ciudades como en comunidades rurales), en cantidad suficiente y con calidad de potabilidad; y procurar la continuidad en el servicio apropiada.

Desde la modificación del artículo 115 de la Constitución en 1983 se ha pretendido la descentralización del recurso, al otorgar al gobierno municipal –por medio de diferentes disposiciones– la responsabilidad en el suministro del agua, entre otros servicios, tratando en parte de responder más eficazmente a las necesidades y condiciones locales. También se transfirió la responsabilidad de la provisión de servicios a los gobiernos municipales a fin de otorgar a los municipios mayor control sobre sus recursos y, en consecuencia, mayor autonomía. Como con la reforma los municipios retendrían los derechos cobrados por proporcionar los servicios, se

suponía en general que estos derechos constituirían una fuente importante de las recaudaciones.

Significativamente, los gobiernos locales quedaban facultados también para decidir cómo gastar estos fondos, pero como la mayoría de los municipios carece del equipo y el personal capacitado requeridos para prestar los servicios independientemente de otros niveles del gobierno (sobre todo porque siempre habían dependido de ellos para tal propósito), la transferencia de las responsabilidades condujo casi invariablemente a una prestación menos eficaz de los servicios o a nuevas formas de dependencia frente a los niveles superiores del gobierno, mediante arreglos de “cooperación administrativa”. Por lo tanto, el desempeño municipal en el suministro de servicios tiende a medirse en términos de las actividades de poco peso que no requieren grandes inversiones y caen de manera inequívoca bajo la égida del presidente municipal.

Los principales problemas que enfrentan los municipios en la administración de los servicios públicos consisten en que las cuotas cobradas son a menudo insuficientes para cubrir los costos de suministro; carecen de adecuados recursos humanos, técnicos, financieros y administrativos para manejar la prestación de los servicios; si los gobiernos locales deciden cuáles servicios financiarán y cuáles no, existe el riesgo evidente de favorecer los servicios más útiles para ciertos sectores de la población, lo que a veces hace que se olviden servicios esenciales; y porque existe una grave falta de voluntad política para instituir un sistema eficaz para cobrar cuotas por la dotación de servicios (costo político) (Rodríguez, 1999: 237).



De esta manera, un análisis exhaustivo de las disposiciones establecidas en 1983 demuestra que la descentralización municipal no se ha producido en la realidad, debido a que el acceso a los recursos de inversión federales está condicionado por factores que quedan fuera del control municipal.<sup>1</sup> Por lo tanto, la función de planeación del gobierno municipal tiende a ser principalmente nominal (Rodríguez, 1999: 234-236). Si bien los gobiernos locales están facultados para recaudar ingresos de tres fuentes principales: 1) derechos por la prestación de servicios públicos, 2) impuestos prediales, y 3) asignaciones federales; de todos modos dependen de las legislaturas estatales, que pueden incluir otras fuentes de ingresos; sin embargo, eso lo determina cada gobierno estatal. La autonomía municipal es todavía muy limitada, sobre todo porque la Contaduría Mayor de Hacienda de cada legislatura estatal continúa revisando los presupuestos anuales que todos los municipios deben presentar, y luego los pasa al pleno de la legislatura para su aprobación. Al evaluar las finanzas de algunas municipalidades se llega a la con-

<sup>1</sup> Dada la centralización que caracteriza al proceso de planeación en México, en los planes formulados en los niveles superiores del gobierno hay muy poco espacio para las iniciativas municipales. Además, como los gobiernos municipales rara vez tienen los recursos necesarios para emprender grandes obras o el equipo y la infraestructura requeridos para su mantenimiento, deben buscar créditos y obtener inversiones de diversas dependencias de los gobiernos federal y estatal, así como del sector privado, si quieren promover y sostener el desarrollo local. Sin embargo, más recientemente, muchas grandes ciudades panistas han creado un instituto de planeación semiautónomo en el municipio. Así, el proceso de planeación en el nivel municipal parece estar adquiriendo un nuevo estilo, pero conservando mucho de la antigua manera de hacer las cosas.

clusión de que siguen siendo un factor de poder para el gobierno estatal<sup>2</sup> (Rodríguez, 1999).

Se requiere profundizar la descentralización, para que sea posible construir un conjunto de programas que respondan a las especificidades propias de las necesidades locales y regionales, ya que muchos de los programas actualmente existentes son soluciones generales, que no logran atender los requerimientos ecológicos, de disponibilidad del recurso, diversidad cultural y niveles económicos realmente existentes.

Parte de los procedimientos para que toda la población pueda contar con agua de calidad y en cantidad tiene que ver con reconocer y fortalecer jurídicamente la autonomía de la gestión comunitaria local, lo que implica el reconocimiento jurídico de un cuarto nivel de gobierno, como son las comunidades indígenas, los ejidos, las comunidades agrarias y las loca-

<sup>2</sup> Aunque la reforma municipal fue diseñada para cambiar fundamentalmente el carácter de las relaciones intergubernamentales, se trataba de una reforma mucho menos riesgosa desde el punto de vista político porque podía aplicarse selectivamente. Resultaba una reforma inofensiva desde el punto de vista político porque si bien otorgaba cierto poder a los niveles inferiores, no sacrificaba el poder ni el control de los niveles superiores. Por ejemplo, prometía autonomía financiera al municipio, pero no incrementaba el porcentaje de las participaciones y no implicaba costo adicional. La promesa de autonomía financiera municipal tampoco resultaba amenazante para los gobiernos estatales, porque la reforma no requería que especificaran los criterios utilizados para la distribución de los fondos federales entre sus municipios. Así pues, aunque parecía que se otorgaba a los municipios la autonomía que demandaban, los altos funcionarios del partido y del gobierno estatal y federal podían estar tranquilos por una descentralización que era, en realidad, una política barata y segura, y mucho más preferible que la democratización (Rodríguez, 1999: 127).

lidades en general; además de robustecer los sistemas de participación y monitoreo ciudadano, y otorgar las condiciones necesarias para que su gestión se realice de manera equitativa.

Es por lo anterior que se requiere afianzar la contribución de la ciencia y la tecnología a las soluciones que desde el municipio y las organizaciones locales se puedan establecer, fortaleciendo la capacidad de los mismos para llevar a cabo la gestión del recurso, y que puedan así cumplir con la misión de abastecer de agua en cantidad y calidad suficientes para todos.

### Contribuciones desde la ciencia y la tecnología

- Generar conocimiento sobre los problemas y soluciones para proveer de servicios públicos de agua y saneamiento en forma multidimensional y multidisciplinaria.
- Desarrollar modelos integrales y multidimensionales para responder a las diferentes realidades y necesidades de acceso al agua, en cantidad y calidad, y al saneamiento existente en el país.
- Contribuir con investigación para proponer reformas a la legislación federal y estatal que centraliza la administración en el municipio u organismo operador, desplazando la gestión comunitaria. Asimismo, realizar investigación que permita contrastar entre estados con legislación favorable y no favorable a la gestión comunitaria.
- Desarrollar investigación sobre otras regiones latinoamericanas en las que la gestión del agua es comunitaria y se desarrolla con distintas figuras legales.

- Desarrollar un estudio comparativo de gestión comunitaria y gestión municipal (eficacia, legitimidad, costos, equidad).
- Investigar y conocer la problemática de la resistencia de las comunidades a entregar sistemas comunitarios al municipio u organismo operador.
- Realizar diagnósticos de diferentes casos de gestión comunitaria que permitan proponer programas a las Comisión Estatal de Agua para favorecer la organización comunitaria.
- Desarrollar investigación multidimensional y multidisciplinaria para conocer cómo la gestión del agua (agua potable, de riego, etc.) a nivel comunitario refuerza, empodera, o no, a las comunidades; en qué casos y en qué condiciones se fortalece la organización de la comunidad. Lo anterior, con la intención de desarrollar propuestas de política pública orientadas a empoderar a las comunidades, dándoles qué gestionar y favoreciendo procesos organizativos, como en la India, Orangi en Pakistán, entre otros.
- Desarrollar investigación multidimensional y multidisciplinaria sobre temas jurídicos relacionados con las aguas de uso doméstico de los ejidos, ya que en la actualidad quedan, salvo excepciones, expropiadas por el municipio y toman el nombre de "asignación". Asimismo, en lo referente a los casos en los que la ley anterior no consideraba necesaria la concesión, como las aguas de libre alumbramiento, los pequeños ojos de agua, entre otros.

- Desarrollar investigación sobre los problemas de subregistro en el Registro Público de Derechos del Agua en los diferentes usos. Asimismo, realizar investigaciones sobre las diferentes fuentes que pudieran subsanar este subregistro. Por ejemplo, en el tema de subregistro de aguas de uso doméstico hay cuando menos dos fuentes de registro para comunidades rurales: los expedientes ejidales y de comunidades agrarias, en particular en el Archivo General del Agua, la sección de dotaciones y accesiones y los expedientes de las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural.
- Realizar investigación para fortalecer la autonomía jurídica, social y cultural del cuarto poder.
- Revisar y ajustar el contenido de los acuerdos relativos a la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas publicados en el *Diario Oficial de la Federación*, para incluir un caudal ecológico que establezca condiciones de sustentabilidad en la extracción de agua como base para establecer un sistema nacional de reservas de agua.
- Orientar inversiones sustanciales de los tres ámbitos de gobierno para atender la contaminación de las cuencas, cubrir el incremento de la demanda de agua mediante prácticas de ahorro, uso eficiente y reuso, y, únicamente en situaciones de fuerza mayor y temporalmente, para el aprovechamiento de nuevas fuentes. Asimismo, ampliar los recursos aportados por la Conagua al programa de pago por servicios ambientales para establecer un fondo para la conservación de humedales prioritarios.

## Estrategia 5

*Visión ecosistémica en la gestión del agua.* Adicionalmente, retomamos varias de la propuestas del documento *México rumbo a la sostenibilidad: 40 propuestas para la administración federal 2012-2018*, elaborado por diversas organizaciones ambientalistas de la sociedad civil (Centro Mexicano de Derecho Ambiental, Greenpeace, World Wildlife Fund, Pronatura, The Natural Conservancy, entre otros). En este documento se plantean tres puntos clave en relación con la gestión sustentable del agua:

- Establecer una gestión de ahorro del agua y prevención que sustituya a la actual gestión del déficit y evite una crisis del agua. Esta gestión debe limitar la extracción, reducir la sobreexplotación, disminuir la vulnerabilidad al cambio climático y asegurar agua y los servicios ecosistémicos que el país requiere.
- Desarrollar herramientas para la gestión de ahorro del agua y las medidas de prevención a aplicar por organismos operadores del agua.
- Participar en la elaboración y evaluación de programas públicos que promuevan dichas tecnologías de ahorro del agua.
- Investigar acerca de las metodologías para el cálculo del caudal ecológico en las diferentes realidades ambientales del país, para la posterior actualización de los acuerdos relativos a la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas.

## Contribuciones desde la ciencia y la tecnología

- Coadyuvar en la sistematización de las diferentes experiencias en materia de pago por servicios ambientales del país que incluya cálculos económicos acerca de los costos necesarios para instalar un programa de este tipo a nivel nacional. Posteriormente, participar en la elaboración y evaluación de dicho programa público de cobertura nacional. ☉

# PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS Y SOLUCIONES IDENTIFICADAS

### **Objetivo:**

Cobertura universal de agua y saneamiento para la población en México.

1. Construir un sistema integral de medición en todos los componentes del ciclo hidrológico sobre la cantidad y calidad del agua en todos los puntos de las cuencas del país, iniciando y haciendo hincapié en las zonas problemáticas.
  - ≈ Generar un órgano que sistematice y unifique la información existente y que se multipliquen los sitios que generan y utilizan la información: municipios, comisiones estatales de agua, universidades, observatorios ciudadanos, Conagua, entre otros.
  - ≈ Identificar qué información falta y la que está incompleta.
  - ≈ Unificar mediciones y generar un sistema integral.
  - ≈ Realizar diagnósticos multidimensionales del ciclo hidrológico con el fin de determinar la correspondencia de los usos con la capacidad del sistema para absorberlos.
2. Construir una medición acerca de cuánto es el gasto de agua para consumo humano en cada una de las formas que adopta el abasto de agua.
3. Construir, recuperar y/o desarrollar tecnología acorde con las necesidades y posibilidades de quienes aún carecen de abasto de agua.
  - ≈ Construir equipos de investigación multidisciplinaria para evaluar las necesidades y posibilidades.

- ≈ Rescatar las tecnologías preexistentes.
  - ≈ Promover la utilización de tecnologías y energías alternativas en la construcción de soluciones para el abasto de agua.
  - ≈ Construir un registro de las formas que adopta el abasto de agua, ya sea a través de los servicios públicos como de otras formas sociales; la documentación tendría que hacerse a nivel municipal, en comisiones estatales de agua, universidades, observatorios ciudadanos, Conagua, entre otros.
  - ≈ Dotar a los municipios y a las organizaciones comunitarias de mayores y mejores capacidades técnicas y tecnológicas para cumplir con el servicio de agua y saneamiento.
  - ≈ Impulsar el fortalecimiento institucional del municipio y de las organizaciones comunitarias.
  - ≈ Reforzar la legislación para darle reconocimiento legal a las formas comunitarias y locales de gestión del agua.
  - ≈ Instalar centros de investigación en el municipio o que se recurra a los existentes en las universidades y centros de investigación de las regiones.
  - ≈ Generar sistemas de información sobre tecnologías apropiadas, construcción, reparaciones y mantenimiento de las mismas, para alimentar a los sistemas de gestión autónomos.
4. Desarrollar elementos para una visión ecosistémica del agua.
- ≈ Desarrollar herramientas para la gestión de ahorro del agua y las medidas de prevención a aplicar por parte de los organismos operadores del agua.
  - ≈ Participar en la elaboración y evaluación de programas públicos que promuevan dichas tecnologías de ahorro del agua.
  - ≈ Investigar acerca de las metodologías para el cálculo del caudal ecológico en las diferentes realidades ambientales del país, para la posterior actualización de los acuerdos relativos a la disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas.
  - ≈ Coadyuvar en la sistematización de las diferentes experiencias en materia de pago por servicios ambientales del país, que incluya cálculos económicos acerca de los costos necesarios para instalar un programa de este tipo a nivel nacional. Posteriormente, participar en la elaboración y evaluación de dicho programa público de cobertura nacional. ☉

## **ESTIMADO PRESUPUESTAL**

En el año 2009 la Conagua ejerció un presupuesto de 33 880 millones de pesos. Este presupuesto ha aumentado de manera constante desde inicios de siglo, cuando ésta ejerció un presupuesto de 12 775 millones de pesos (datos de 2000, a precios constantes, a 2009 reportados en Conagua, 2011). Cabe mencionar que en 2009 el monto recaudado por la institución (a través del pago de derechos y aprovechamientos) representó 32% de lo ejercido. El presupuesto de la Conagua se destina a dos grandes rubros: gasto corriente (más de 25% del presupuesto) y gasto de inversión.

### **¿Dónde se destina el presupuesto?**

Del presupuesto del año 2009 la Conagua invirtió alrededor de 12 763 millones de pesos en los diferentes programas federales de agua y saneamiento de obra pública sujetos a reglas de operación. Los principales programas de inversión fueron: Agua Potable y Saneamiento en Zonas Urbanas (con una inversión de 5 556 millones de pesos por parte de Conagua), programa Valle de México (2 540 millones de pesos), Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (2 135 millones de pesos), Devolución de Derechos (1 890 millones de pesos), Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (603 millones de pesos), entre otros.

A este monto federal de 12 763 millones se le suma la coinversión de otras instituciones federales, de los gobiernos estatales, municipales y de otras instituciones (Bancos, créditos, iniciativa privada u otros) para obtener el monto total invertido en el subsector de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En 2009 se invirtieron 30 247 millones de pesos: 33% en agua potable, 36% en alcantarillado, 18% en mejoramiento de la eficiencia, 7.5% en saneamiento y el restante 5.5% en otros rubros.

### **¿Y la ciencia y la tecnología?**

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) cuenta con varias fuentes de financiamiento para la investigación (fondos sectoriales, convocatoria de ciencia básica, entre otras). De éstas, tan sólo una es específica del agua. Se trata del Fondo Secto-

rial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua, para apoyar proyectos de investigación científica y tecnológica que contribuyan a generar el conocimiento requerido por el sector para atender los problemas, necesidades u oportunidades en materia de agua. Este fondo fue establecido por la Conagua y Conacyt<sup>1</sup> al menos desde 2003 a través de un fideicomiso.

Una vez al año se publica la convocatoria del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua Conagua/Conacyt. En esta convocatoria se invita a las instituciones, universidades públicas y particulares, centros, empresas, laboratorios y demás personas dedicadas a la investigación científica y al desarrollo tecnológico a presentar propuestas de investigación científica y tecnológica que respondan a las demandas establecidas en los temas específicos de cada una de sus ediciones.

En 2012 los temas fueron: sistema hidrológico nacional, gestión integrada del agua y formación de recursos humanos. Para cada uno de los temas se establecen prioridades concretas. En el año 2012 las prioridades fueron siete:

- Inventario, clasificación y delimitación de humedales salobres y de agua dulce en la cuenca baja del río Grijalva.
- Especialidad en economía ambiental aplicada a la gestión del agua.

- Análisis de la calidad y cantidad de agua del río Cuautla; sus afluentes y descargas de aguas residuales.
- Impacto de las actividades humanas en la calidad del agua del río Hondo, Quintana Roo.
- Análisis de la calidad y cantidad de agua del río Cupatitzio; sus afluentes y descargas de aguas residuales.
- Catálogo y guía de plantas indicadoras de humedales de México a nivel nacional.
- Investigar y modelar la cantidad y calidad del agua en la región fronteriza México-Estados Unidos de América con enfoque en el control de las descargas de aguas residuales.

En el año 2011 se apoyaron cuatro de las propuestas presentadas con un monto ejercido total de 18.8 millones de pesos (Conacyt, 2012).<sup>2</sup>

Teniendo en cuenta que únicamente el 0.05% del presupuesto anual de Conagua se destina a proyectos de investigación en materia de agua (a través del fideicomiso mencionado), proponemos que se incremente el monto etiquetado a través del fondo sectorial Conagua/Conacyt para que las estrategias aquí planteadas formen parte de las demandas específicas del mismo. ☉

<sup>1</sup> Para más detalles sobre las reglas de operación de dicho fideicomiso, véase: [http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/acerca\\_siiicyt/REGLASFSC-NA.pdf](http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/acerca_siiicyt/REGLASFSC-NA.pdf) del año 2003.

<sup>2</sup> [http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/InformeLabores/Informe\\_Labores\\_2011.pdf](http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/InformeLabores/Informe_Labores_2011.pdf)



# CONCLUSIONES

Gran parte de la problemática de los servicios de agua y saneamiento, tanto en el medio rural como en el urbano, deriva de la forma en que ha sido y se pretende administrar el recurso del agua. Históricamente se ha construido sobre este territorio una fuerte centralización que paulatinamente fue desarmando y desarticulando las formas locales y comunitarias preexistentes. Para avanzar en la resolución de la cobertura universal, es importante reconsiderar el modelo centralizador y fortalecer una política que considere la diversidad y las especificidades existentes en el país. El quehacer científico y tecnológico actual puede contribuir a esta tarea identificando los problemas regionales y proponiendo soluciones a los mismos, a partir de considerar la heterogeneidad social, cultural, económica y ecológica prevaleciente en cada territorio.

Es necesario fortalecer las capacidades de las universidades y centros de investigación para desarrollar y recuperar las tecnologías apropiadas. Asimismo, fortalecer iniciativas de la sociedad civil que han avanzado en la investigación de la recuperación y el desarrollo de tecnologías apropiadas regionalmente, como los centros de Tehuacán y Morelos, entre otros. Asimismo, en los ámbitos urbanos es importante armonizar las funciones de la academia y los centros de investigación y desarrollo tecnológico con las actividades de las empresas de ingeniería y consultoría, así como con las de entidades operadoras y reguladoras del recurso. Por su parte, las instituciones académicas y de investigación deberían desempeñar un papel más activo en la evaluación de tecnologías comerciales, las cuales muchas veces son adquiridas por los operadores sin una evaluación completa de su idoneidad técnico-económica, lo que incluso ha llevado a la adopción de propuestas tecnológicamente fraudulentas.

Otras necesidades condicionan el logro de la cobertura universal con servicios sostenibles y asequibles de agua y saneamiento. Se requiere de inversiones importantes, regulación eficaz, una mejor valoración social del recurso y los servicios, una administración eficaz de las aguas nacionales, entre otras. En este contexto, cada una de esas áreas puede verse beneficiada con la incorporación de las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico que existen en las diferentes regiones de México, en universidades públicas y privadas locales. La investigación científica y el desarrollo y transfe-

rencia de tecnología no son condiciones suficientes, pero sí pueden contribuir a alcanzar, de manera más rápida, el logro de dicha cobertura universal.


Si se logra desencadenar y generalizar este tipo de procesos de construcción de conocimiento, así como su aplicación y desarrollo, tendremos las bases, no sólo para intentar generalizar esta experiencia, sino también para desencadenar las

precondiciones de una voluntad de poder que tenga la determinación de constituir el acceso al agua como un patrimonio de la humanidad.

Una nueva alianza entre la humanidad y la naturaleza es posible, pero ella depende de que logremos una alianza entre el conocimiento y la pobreza (Marín *et al.*, 2009). ☺

# BIBLIOGRAFÍA

- Allen, A., J. Dávila, P. Hofman (2006), *Governance of Water and Sanitation Services for the Peri-urban Poor*, Londres, DPU.
- Greenpeace (2012), “México rumbo a la sostenibilidad: 40 propuestas para la administración federal 2012-2018”, disponible en: [<http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/3/MexicohacialaSustentabilidad.pdf>].
- Comisión Nacional del Agua (2008), *Estadísticas del agua en México*, México, Conagua.
- \_\_\_\_\_ (2011), *Estadísticas del agua en México*, México, Conagua.
- Galindo, Emmanuel (2012), *Administración y operación de pequeños sistemas de agua potable: organismos operadores y direcciones municipales versus comités de usuarios*, tesis de doctorado en Antropología, México, CIESAS.
- Galindo, Emmanuel y J. Palerm (2007), “Pequeños sistemas de agua potable, entre la autogestión y el manejo municipal en el estado de Hidalgo, México”, en *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, vol. 4, núm. 2, pp. 127-146.
- \_\_\_\_\_ (2011), “La municipalización del servicio de agua potable. Experiencias en el estado de Hidalgo, México”, en Martha Judith Sánchez Gómez (coord. gral.), *La encrucijada del México rural: contrastes regionales en un mundo desigual*, México, Universidad Autónoma de Sinaloa/Juan Pablos/Asociación Mexicana de Estudios Rurales, pp. 191-221.
- \_\_\_\_\_ (2012), “Toma de decisiones y situación financiera en pequeños sistemas de agua potable: dos casos de estudio en El Cardonal, Hidalgo, México”, en *Región y sociedad*, año XXIV, núm. 54, pp. 261-298.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010), *Censo 2010*, México, INEGI.
- Jiménez, B., M. L. Torregrosa, L. Aboites (eds.) (2010), *El agua en México: cauces y encauces*, México, Academia Mexicana de Ciencias/Conagua.
- Kloster, K., L. Ávalos, A. Campos, J. Robles (2012), “La construcción social del agua como territorio de lucha”, ponencia presentada en la Bienal Territorios en Movimiento, Guanajuato, México.

- OCDE (2012), "OECD Environmental Outlook to 2050", disponible en: [<http://www.oecd.org/environment/outlookto2050>].
- Marañón, B. (2008), *Los costos económicos en salud, asociados al deficiente servicio del agua potable: el caso de las enfermedades diarreicas en México*, México, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua.
- Marín, J. C., M. L. Torregrosa, J. Kloster, J. Vera, (2006), "La doble alianza", en Esch, S., M. Delgado, S. Helfrich, H. Salazar, M. L. Torregrosa, I. Zúñiga (eds.), *La gota de la vida*, México, Ediciones de la Fundación Böll.
- Orangi, (2002), *Orangi Case Study*, Foro Mundial del Agua, Karachi, Orangi Low-cost Housing Project.
- Pintado, L. y M. L. Torregrosa (2006), "Los olvidados del agua", en Pintado, L. y G. Osorno (eds.), *Agua. Usos, abusos, problemas, soluciones*, México, Banamex/Ford/Fundación Pedro y Elena Hernández, A. C.
- Sandoval M., Ricardo (2010), "Organismos operadores funcionando eficientemente", ponencia presentada en el Foro Nacional para la Elaboración del Programa Especial de Ciencia y Tecnología en Materia de Agua, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C., México. 

## EQUIPO EJECUTIVO



### COORDINADOR GENERAL

José Franco  
Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias

#### AMC

Axelle Roze | Emilede Velarde | Fabiola Trelles | Javier Flores | Renata Villalba | Rocío Méndez.



#### DGDC

Addina Cuervo | Adriana Bravo | Adriana García | Adriana Rayón | Alberto Rentería | Alejandra Noguez | Aline Juárez | Ángel Figueroa | Arturo Orta | Claudia Juárez | Cristina Martínez | Denisse Osuna | Enrique Jiménez | Ernesto Navarrete | Esteban Estrada | Guillermo Castañeda | Iván Pacifuentes | Jareni Ayala | José Luis Vázquez | Juan Carlos Piña | Laura Rojas | Leticia Chávez | Manuel Amaya | Manuel Comi | Mara Salazar | Marcela Martínez | María Elena Arcos | Mariana Fuentes | Mónica Genis | Pablo Flores | Paulina Trápaga | Pedro Sierra | Ramón Cervantes | Ricardo Pacheco | Rogelio Carballido | Rolando Ísita | Rosa Isela Percastre | Rosanela Álvarez | Silvia San Miguel | Susana Trejo | Teresa Segura | Teresita Mendiola | Tlanex Valdés | Vanessa Rendón.



#### UDUAL

Alfredo Camhaji | Junior Mendoza | Luis Felipe Flores | Luis Fernando Rodríguez | Marco Antonio Villegas | Olivia González | Roberto Escalante Semerena.



#### 3CIN

Ana Victoria Pérez | Laura Villavicencio | Miguel Ángel Quintanilla.



#### CÁMARA DE SENADORES

Jesús Ramírez.



José Antonio Esteva Maraboto (consultor).

## **Instituciones participantes en la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación**

### **Academia Mexicana de Ciencias (AMC)**

Dr. José Franco, Presidente

### **Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)**

Dr. Rafael López Castañares, Expresidente

### **Asociación Mexicana de Museos y Centros de Ciencia y Tecnología (AMCCYT)**

Dra. Rosario Ruiz Camacho, Presidenta

### **Cámara de Diputados**

Diputado Rubén Benjamín Félix Hays,  
Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXII Legislatura

### **Cámara de Senadores**

Sen. Francisco Javier Castellón Fonseca,  
Expresidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXI Legislatura

Sen. Alejandro Tello Cristerna,  
Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LXII Legislatura

Sen. Juan Carlos Romero Hicks,  
Presidente de la Comisión de Educación de la LXII Legislatura

### **Centro de Investigación de Estudios Avanzados (Cinvestav)**

Dr. René Asomoza Palacio, Director General

### **Consejo Consultivo de Ciencias (ccc)**

Dr. Jorge Flores Valdés, Coordinador General

### **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)**

Dr. José Enrique Villa Rivera, Exdirector

Dr. Enrique Cabrero Mendoza, Director

### **Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT)**

Dra. Gabriela Dutrénit Bielous, Coordinadora General

### **Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT)**

Dr. Hugo René Andrade Jaramillo, Decano

### **Fundación 3CIN (España)**

Dr. Miguel Ángel Quintanilla Fisac, Director

**Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (icyTDF)**

Dr. Julio Mendoza Álvarez, Exdirector

**Instituto Politécnico Nacional (IPN)**

Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez, Directora

**Noche de las estrellas**

Lic. Emiledé Velarde, Responsable

**Programa Delfin**

Carlos Humberto Jiménez González, Coordinador General

**Red de las Alianzas Francesas en México (AF)**

Dr. Philippe Palade, Delegado General

**Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia  
y Tecnología (RedNACEYT)**

Dr. Tomás González Estrada, Presidente

**Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia  
y la Tecnología, A. C. (Somedicyt)**

Dra. Elaine Reynoso Haynes, Presidenta

**Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL)**

Dr. Roberto Escalante Semerena, Secretario General

**Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)**

Dr. Enrique Fernández Fassnacht, Exrector General

**Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**

Dr. José Narro Robles, Rector

## **Aguascalientes**

CIMAT Aguascalientes.  
CIO Aguascalientes.  
Subsede del CIATEQ, Aguascalientes.  
Universidad Autónoma de Aguascalientes.

## **Baja California**

El Trompo, Museo Interactivo, Tijuana.  
Fundación que Transforma, Tijuana.  
Subsede del CICESE, Tijuana.  
Universidad Autónoma de Baja California.

## **Baja California Sur**

Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología.  
Museo Sol del Niño.  
Subsede del CIBNOR, Guerrero Negro.  
Subsede del CICESE, La Paz.  
Universidad Autónoma de Baja California Sur.

## **Campeche**

Casa de la Tecnología DGETI-SECUD.  
Subsede del COMIMSA, Ciudad del Carmen.  
Subsede del ECOSUR, Campeche.  
Universidad Autónoma de Campeche.

## **Coahuila**

Centro Cultural Multimedia 2000, A. C.  
Museo del Desierto.  
Museo de los Metales Peñoles.  
Subsede del COMIMSA, Monclova.  
Universidad Autónoma de La Laguna.

## **Colima**

Instituto Tecnológico de Colima.  
Museo Interactivo “Xoloitzcuintle”.  
Universidad de Colima.

## **Chiapas**

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas.  
Instituto Tecnológico de Tapachula.  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología, Tuxtla Gutiérrez.  
Subsede del CIESAS, San Cristóbal de las Casas.  
Subsede del ECOSUR, San Cristóbal de las Casas.  
Universidad Autónoma de Chiapas.

## **Chihuahua**

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.  
Semilla Museo, Centro de Ciencia y Tecnología de Chihuahua.  
Subsede del CIAD, Delicias.  
Subsede del CIAD, Cuauhtémoc.  
Subsede de EL COLEF, Ciudad Juárez.  
Subsede del INECOL, Ciudad Aldama.  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

## **Distrito Federal**

Academia de Ciencias Administrativas, A. C.  
Agua.org.mx.  
Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología del IPN, Tezozómoc.  
Colegio de Ciencias y Humanidades.  
El Colegio de México.  
Escuela Nacional Preparatoria 1.  
Escuela Nacional Preparatoria 2.  
Escuela Nacional Preparatoria 3.  
Escuela Nacional Preparatoria 4.  
Escuela Nacional Preparatoria 5.  
Escuela Nacional Preparatoria 6.  
Escuela Nacional Preparatoria 7.  
Escuela Nacional Preparatoria 8.  
Escuela Nacional Preparatoria 9.  
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.  
Fundación del Centro Histórico de la Ciudad de México, A. C.  
Museo del Instituto de Geología, UNAM.  
MUTEC, Museo Tecnológico de la CFE.  
Subsede del CISESE, Distrito Federal.  
Subsede de EL COLEF, Distrito Federal.  
Universidad Anáhuac.  
Universidad Panamericana, Campus Ciudad de México.

## **Durango**

Bebeleche, Museo Interactivo de Durango.  
Subsede del INECOL, Durango.  
Universidad Autónoma de Durango.

## **Estado de México**

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.  
Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.  
Instituto Tecnológico de Toluca.  
Museo Modelo de Ciencias e Industrias, A. C., Toluca.  
Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.



### **Quintana Roo**

Instituto Tecnológico de Cancún.  
Subsede del CICY, Cancún.  
Subsede del ECOSUR, Chetumal.

### **San Luis Potosí**

CIDESI San Luis Potosí.  
CIQA San Luis Potosí.  
Museo Laberinto de las Ciencias y las Artes.  
Subsede del CIATEQ, San Luis Potosí.

### **Sinaloa**

Centro de Ciencias de Sinaloa.  
Instituto Tecnológico de Culiacán.  
Instituto Tecnológico de Los Mochis.  
Instituto Tecnológico de Mazatlán.  
Instituto Tecnológico Superior de Eldorado.  
Instituto Tecnológico Superior de Guasave.  
Instituto Tecnológico Superior de Sinaloa, A. C.  
Subsede del CIAD, Culiacán.  
Subsede del CIAD, Mazatlán.  
Universidad Autónoma de Sinaloa.  
Universidad Autónoma Indígena de México.  
Universidad de Occidente.  
Universidad Politécnica de Sinaloa.

### **Sonora**

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.  
El Colegio de Sonora.  
INAOE, Cananea.  
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
“La Burbuja”, Museo del Niño.  
Subsede del CIAD, Guaymas.  
Subsede del CIBNOR, Guaymas.  
Subsede del CIBNOR, Hermosillo.  
Universidad de Sonora.  
Universidad Estatal de Sonora.

### **Tabasco**

Instituto Tecnológico Superior de Los Ríos.  
Subsede del CIATEQ, Villahermosa.  
Subsede del COMIMSA, Villahermosa.  
Subsede del ECOSUR, Villahermosa.  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

### **Tamaulipas**

Subsede de EL COLEF, Matamoros.  
Subsede de EL COLEF, Nuevo Laredo.  
Universidad Autónoma de Tamaulipas.

### **Tlaxcala**

Universidad Autónoma de Tlaxcala.

### **Veracruz**

Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.  
Museo Interactivo de Xalapa-MIX.  
Subsede del CIESAS, Xalapa.  
Universidad Veracruzana.

### **Yucatán**

Subsede del CIESAS, Mérida.  
Universidad Autónoma de Yucatán.

### **Zacatecas**

Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo.



AGENDA CIUDADANA

## AGUA

perteneciente a la *Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación*, fue editado por la Academia Mexicana de Ciencias, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2013 en los talleres de Grupo San Jorge, ubicados en Antonio Plaza 50, Col. Algarín, México, D. F.

En su composición se utilizaron tipos de la familia Thesis de 10/13 puntos.

Fue impreso en offset sobre papel couché mate de 150 gramos.

El tiraje constó de 1 500 ejemplares.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Rosanela Álvarez R.







# AGUA

El agua es un indicador tangible de la desigualdad que existe en nuestro país. No todos la reciben y algunos sólo lo hacen de manera esporádica y a muy alto costo.

Para garantizar el acceso al agua en cantidad y calidad, se requiere hacer un uso racional de la misma y contar con registros precisos sobre el ciclo hidrológico y su relación con los ecosistemas.

Se debe saber con exactitud cómo se registran esos datos y cómo se utilizan para planear y diseñar el abasto y la dotación de servicios a la población urbana y rural, así como a la producción industrial y agrícola.

La ciencia y la tecnología pueden aportar conocimiento, información y nuevos sistemas para mejorar ese servicio y la calidad del agua, así como para diseñar estrategias orientadas a la valoración de este recurso en sus múltiples fases.

