El agua en México:
cauces y encauces

México, 2010

El agua en México:

cauces y encauces

Editores:
Blanca Jiménez Cisneros
María Luisa Torregrosa y Armentia
Luis Aboites Aguilar

Academia Mexicana de Ciencias

CONAGUA
Comisión Nacional del Agua

Academia Mexicana de Ciencias
"Casa Tlalpan" km. 23.5
Carretera Federal México-Cuernavaca
Av. Cipreses s/n, Col. San Andrés Totoltepec,
Tlalpan, 14400, México, D. F.
Tels. 5849 - 4905 y 5849 - 5522
Fax: 5849 - 5112
e-mail: aic@servidor.unam.mx
http://www.amc.unam.mx

El agua en México: cauces y encauces
Primera edición 2010
D.R. © 2010. Academia Mexicana de Ciencias

Diseño de portada: Rodrigo Vázquez, *Nanika Estudio*

ISBN 978-607-95166-1-1

Impreso y hecho en México

Esta obra se realizó gracias al apoyo de la Comisión Nacional del Agua.

Índice

Presentación 11

1. Introducción 13
Luis Aboites Aguilar
Blanca Jiménez Cisneros
María Luisa Torregrosa y Armentia
Red del Agua de la Academia Mexicana de Ciencias

2. El manejo de las aguas mexicanas en el siglo XX 21
Luis Aboites Aguilar, *El Colegio de México*
Diana Birrichaga Gardida, *Universidad Autónoma del Estado de México*
Jorge Alfredo Garay Trejo, *Universidad Autónoma del Estado de México*

3. Los retos del agua 51
Felipe I. Arreguín Cortés, *Comisión Nacional del Agua*
Víctor Alcocer Yamanaka, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
Humberto Marengo Mogollón, *Comisión Federal de Electricidad*
Claudia Cervantes Jaimes, *Posgrado de Ingeniería, UNAM*
Pedro Albornoz Góngora, *Posgrado de Ingeniería, UNAM*
María Guadalupe Salinas Juárez, *Posgrado de Ingeniería, UNAM*

4. Los acuíferos sobreexplotados: origen, crisis y gestión social 79
José Luis Moreno Vázquez, *El Colegio de Sonora-COLSON*
Boris Marañón Pimentel, *Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM*
Dania López Córdova, *Posgrado en Estudios Latinoamericanos e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM*

5. Para dar de beber a las ciudades mexicanas: El reto de la gestión eficiente del agua ante el crecimiento urbano . . . 117
Nicolás Pineda Pablos, *El Colegio de Sonora-COLSON*
Alejandro Salazar Adams, *El Colegio de Sonora-COLSON*
Mario Buenfil Rodríguez, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*

6. Retos para la administración y gestión del agua de riego 141
Jacinta Palerm Viqueira, *Colegio de Postgraduados*
Jaime Collado Moctezuma, *Consultor independiente*
Benito Rodríguez Haros, *Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra*

7. Industria 179
Miguel Ángel López Zavala, *CAALCA, Tecnológico de Monterrey*
Blanca Nelly Flores Arriaga, *CAALCA, Tecnológico de Monterrey*

8. Producción de energía 203
Claudia Sheinbaum Pardo, *Instituto de Ingeniería, UNAM*
Carlos Chávez Baeza, *Programa de Energía de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México*
Janet B. Ruíz Mendoza, *Posdoctorado del Instituto de Ingeniería, UNAM*

9. Uso ecológico. 237
Laura Celina Ruelas Monjardín, *El Colegio de Veracruz*
Martha Chávez Cortes, *Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco*
Víctor Luis Barradas Miranda, *Instituto de Ecología, UNAM*
Adriana Miranda Octaviano Zamora, *EL Colegio de Veracruz*
Liliana García Calva, *Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco*

10. calidad 265
Blanca Jiménez Cisneros, *Instituto de Ingeniería, UNAM*
Juan Carlos Durán Álvarez, *Instituto de Ingeniería, UNAM*
Juan Manuel Méndez Contreras, *Tecnológico de Orizaba*

11. Visión integral sobre el agua y la salud 291
Marisa Mazari Hiriart, *Instituto de Ecología, UNAM*
Ana Cecilia Espinosa, *Instituto de Ecología, UNAM*
Yolanda López Vidal, *Facultad de Medicina, UNAM*
René Arredondo Hernández, *Instituto de Ecología y Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM*
Emilio Díaz Torres, *Instituto de Ecología y Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM*
Clementina Equihua Zamora, *Instituto de Ecología, UNAM*

12. Proceso político e ideas en torno a la naturaleza del agua: un debate en construcción en el orden internacional 317
Alex Ricardo Caldera Ortega, *Universidad de Guanajuato-Campus León*
María Luisa Torregrosa y Armentia, *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México*

13. Agua, desarrollo económico y desarrollo humano 347
José Luis Montesillo Cedillo, *Instituto de Estudios sobre la Universidad, UAEM*
Carlos Roberto Fonseca Ortiz, *Maestría en Ciencias del Agua, Centro Interamericano del Recurso Agua, UAEM*

14. Género y agua. Estrategias para alcanzar la sustentabilidad con equidad 383
Austreberta Nazar Beutelspacher, *El Colegio de la Frontera Sur*
Emma Zapata Martelo, *Colegio de Posgraduados, Programa de Desarrollo Rural*
Verónica Ramírez Castel, *Colegio de Posgraduados, Programa de Desarrollo Rural*

15. Pobreza 411
Alejandro Guevara Sanginés, *Universidad Iberoamericana-Ciudad de México*
Gloria Soto Montes de Oca, *Universidad Iberoamericana-Ciudad de México*
José Alberto Lara Pulido, *Universidad Iberoamericana-Ciudad de México*

16. Pueblos indígenas, agua local y conflictos . . . 455
Francisco Javier Peña de la Paz, *El Colegio de San Luis*
Edna Herrera Pinedo, *El Colegio de San Luis*
Luis Enrique Granados Muñoz, *Universidad Autónoma de Querétaro*

17. El agua en el noroeste 479
Jesús A. Román Calleros, *Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California*
Alfonso Andrés Cortez Lara, *Colegio de la Frontera Norte*
Roberto Soto Ortiz, *Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California*
Fernando Escoboza García, *Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California*
Oscar A. Viramontes Olivas, *Universidad Autónoma de Chihuahua.*

18. El agua en la frontera sur de México: entre continuidades y claroscuros 505
Edith F. Kauffer Michel, *Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, CIESAS-Sureste*
Antonino García García, *El Colegio de La Frontera Sur*
María Guadalupe Solís Hernández, *Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, CIESAS-Sureste*

19. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos 529
Polioptro Martínez Austria, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
Carlos Patiño Gómez, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
Martín José Montero Martínez, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
José Luís Pérez López, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
Waldo Ojeda Bustamante, *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
Martín D. Mundo Molina, *Universidad Autónoma de Chiapas*
Leonardo Hernández Barrios, *Universidad Politécnica de Valencia*

20. Eventos extremos 563
Maritza Liliana Arganis Juárez, *Instituto de Ingeniería, UNAM*
Ramón Domínguez Mora, *Instituto de Ingeniería, UNAM*
Martín Jiménez Espinosa, *Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación*
Delva Guichard Romero, *Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas*

21. Administración del agua 595
María Luisa Torregrosa, *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO-SEDE México*
Luisa Paré Ouellet, *Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM*
Karina Kloster Favini, *Universidad Autónoma de la Ciudad de México*
Jordi Vera Cartas, *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO-SEDE México*

22. La evolución del marco institucional del agua potable y el saneamiento urbanos en méxico: un análisis cognitivo preliminar 625
Ricardo Sandoval Minero, *Consultor*

23. Régimen jurídico del agua continental en México: un análisis crítico 647
Rodrigo Gutiérrez Rivas, *Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM*
María Silvia Emanuelli Panico, *Coalición Internacional para el Hábitat, Oficina Regional para América Latina*

24. Conclusiones 681
Luis Aboites Aguilar
Blanca Jiménez Cisneros
María Luisa Torregrosa
Red del Agua de la Academia Mexicana de Ciencias

Semblanzas 683

Presentación

Nos complace presentar este libro producto del trabajo elaborado por 75 especialistas provenientes de 27 instituciones con disciplinas diferentes y de11 estados de la República. El texto, cuya elaboración fue promovida por la Academia Mexicana de Ciencias y la InterAmerican Network of Academies of Sciences, fue apoyado para su producción por la Comisión Nacional del Agua emulando el esfuerzo que se realiza en otros países en donde los académicos usan información oficial para emitir recomendaciones que coadyuven al manejo sustentable del agua. Destaca en esta labor la independencia de juicio que el gobierno deja a los académicos, lo que confiere al libro un valor muy especial al respaldar la información oficial contenida desde una perspectiva que no deja de ser crítica. Este tipo de trabajo, que constituye un ejercicio de transparencia, ha resultado muy fructífero en otros países al permitir la reflexión profunda y analítica sobre el tema del agua, y ha sido a tal grado exitoso que incluso algunos de los libros han sido actualizados y reimpresos varias veces. Si bien ignoramos aún cuáles sean los efectos de este texto en nuestro país, si deseamos hacer énfasis en que para su desarrollo se promovió la participación, en cada uno de los temas, de destacados hombres y mujeres jóvenes con objeto de prepararlos para que en el futuro tengan a su cargo la resolución de los problemas del agua en cualquiera de los ámbitos laborales en los que decidan desenvolverse. Estamos conscientes de que éste es un primer esfuerzo, pero dada la solidez con la que se realizó, es posible que se pueda recorrer en años siguientes un camino que nos lleve, en forma más expedita, a la implementación de soluciones integrales para el manejo del agua en las cuales, además, participe la sociedad en general.

Ing. José Luis Luege Tamargo
Director General
Comisión Nacional del Agua

Dr. Arturo Menchaca Rocha
Presidente
Academia Mexicana de Ciencias

1. Introducción

Blanca Jiménez Cisneros
María Luisa Torregrosa y Armentia
Luis Aboites Aguilar

Este libro reúne los conocimientos y la opinión de 75 especialistas en el tema del agua provenientes de 27 instituciones y 11 estados de la República. Nuestro objetivo es aportar una visión crítica de la situación actual del recurso, particularmente en lo referente al manejo público del mismo. Nos preguntamos cómo hemos llegado al punto en el que estamos, y a dónde podríamos llegar en un futuro mediante una participación activa y responsable de todos los grupos y sectores de la sociedad. La idea de este libro es contribuir a construir un rumbo sostenido y en la dirección apropiada para el manejo del agua mediante la aportación de herramientas que permitan diagnosticar, evaluar y proponer avances en programas de gobierno, con el fin de retroalimentarlos y ayudar a la conformación de un diálogo constructivo entre especialistas, usuarios, organizaciones sociales y autoridades gubernamentales. En este sentido, el libro parte de una premisa fundamental que sostiene que para avanzar en el manejo integrado de los recursos hídricos es necesario no sólo que todos los actores participen, sino que existan los espacios para hacerlo de manera ordenada, consistente y permanente, y que se abarquen todos los elementos susceptibles de ser considerados y evaluados. Así, el libro, a la vez que asume una posición crítica respecto a los programas de gobierno, se torna en un medio para que desde el gobierno se pueda retroalimentar –de la misma forma constructiva– a la academia.

La idea de realizar este libro surgió a partir de los trabajos de la Red del Agua de la *Interamerican Network of Academies of Sciences*, en especial de la experiencia de Brasil. En este país, el sector académico –en un inicio solo y posteriormente con apoyo del gobierno– ha realizado ya en tres ocasiones la publicación de un libro similar (*Águas doces no Brasil*, en su última edición, de los doctores Braga y Tundisi) que atiende las peculiaridades y necesidades propias de ese país. Desde su primera edición, el libro resultó muy útil no sólo para los académicos, sino también para el gobierno. Sirvió como una forma para unificar la visión que se

tiene del recurso en los diversos sectores del mismo, así como para realizar un análisis crítico y ordenado de la información oficial, lo que permitió mejoras en la forma de gobierno. Además, por medio del libro, una parte de la información pública no conocida o reconocida por la sociedad pudo ser aceptada por ésta al someterse a un escrutinio formal, en tanto que otra ha podido ser mejorada o revisada a la luz de las divergencias descubiertas. Por su parte, los académicos, al entrar en contacto con la información oficial, se familiarizaron con ella y al mismo tiempo con el país y, cada uno en su especialidad, puede recibir comentarios sobre sus ideas que permiten mejorar sus análisis e interpretaciones.

Se presenta así una situación a todas luces benéfica, y se empieza a construir un ambiente más idóneo para generar consensos, en los cuales faltarían aún otros actores de la sociedad. A pesar de que este libro es apenas una primera etapa en la construcción de consensos en lo referente al agua, el futuro de las nuevas formas de manejo del recurso se encuentra en la construcción de esos consensos. Para ese trabajo, es indispensable contar con una información homogénea. En este sentido, el presente libro y el apoyo recibido de la Comisión Nacional del Agua para su impresión tienen una relevancia particular. Relevancia que adquiere una dimensión especial al haberse permitido que los expertos convocados por la Academia Mexicana de Ciencias hayan desarrollado libremente sus contribuciones.

El libro se compone en total de 24 capítulos, todos ellos escritos por más de un autor, de los cuales al menos uno es menor de 40 años. La idea es abrir el espacio a la reflexión de los más jóvenes con la intención de ir preparando a las generaciones futuras. Se buscó, además, contar en cada uno de los textos con al menos dos instituciones para tener diferentes experiencias de investigación y puntos de vista complementarios. Los capítulos se organizan a partir de cuatro ejes temáticos. El primer grupo de textos enmarca la problemática del agua que nos preocupa; en el segundo bloque nos centramos en los problemas de los diferentes usos del agua; el tercero reflexiona sobre temas de la agenda internacional para el desarrollo sustentable, y en el último se aborda los aspectos institucionales y legales del recurso.

Capítulos que enmarcan la problemática del agua que nos preocupa

En el Capítulo 2, *El manejo de las aguas mexicanas en el siglo XX*, Luis Aboites, Diana Birrichaga y Jorge Alfredo Garay presentan, en un esfuerzo de síntesis, las formas del manejo del agua en México en el periodo 1890-1990. Éste es un capítulo que todos los expertos de agua –y en especial los ingenieros hidráulicos- deben leer, no sólo para entender el contexto actual, sino para enterarse de cómo algunas soluciones, hoy en día consideradas como idóneas, fueron abandonadas

en el pasado por ineficaces. Estamos seguros de que el lector se encontrará con varias sorpresas sobre asuntos que ocurrieron en el pasado. El Capítulo 3, *Los retos del agua*, de Felipe Arreguín, Víctor Alcocer, Humberto Marengo, Claudia Cervantes, Pedro Albornoz y María Guadalupe Salinas, relata, desde la perspectiva de los datos oficiales sobre la cantidad y calidad del agua del país, los retos que hay que enfrentar con el fin de contar con una disponibilidad adecuada para todos los usos. El capítulo plantea cinco grandes retos: (a) la escasez; (b) la contaminación del recurso; (c) el impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico; (d) la necesidad de contar con una administración del agua fortalecida con la participación de todos los usuarios, y (e) la importancia de revisar y fortalecer el sistema de ciencia y tecnología en el país para estos temas. En el Capítulo 4, *Los acuíferos sobreexplotados: origen, crisis y gestión social*, José Luis Moreno, Boris Marañón y Dania López muestran los problemas que enfrenta la gestión de los acuíferos usados en exceso para la producción económica y el desarrollo social y cultural de la población. Los autores señalan que el mal manejo de este recurso estratégico ha sido constante, y que ha habido una sobreexplotación creciente desde mediados del siglo pasado. A pesar de que numerosos efectos negativos han sido observados, la sobreexplotación no ha sido revertida ni siquiera detenida. Como solución, el capítulo destaca la importancia de fortalecer el funcionamiento de los Consejos de Cuenca y los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS).

Capítulos referentes al uso del agua

En el Capítulo 5, con el sugerente título *Para dar de beber a las ciudades mexicanas: el reto de la gestión eficiente del agua ante el crecimiento urbano*, Nicolás Pineda, Alejandro Salazar y Mario Buenfil reflexionan sobre los retos que enfrentará el manejo urbano del agua frente a la perspectiva del crecimiento demográfico y de la posible reducción de la disponibilidad de agua por efectos del cambio climático. Para ello, consideran la evolución institucional del manejo del agua y las políticas del sector. A partir de escenarios de crecimiento demográfico y de demanda, concluyen que la clave para el suministro futuro de agua es, en primer término, el uso eficiente, y para algunos casos más, en segundo, el empleo de nuevas fuentes de suministro. El Capítulo 6, *Retos para la administración y gestión del agua de riego*, escrito por Jacinta Palerm, Jaime Collado y Benito Rodríguez, habla del incremento en la producción de las unidades y distritos de riego durante el siglo XX como resultado del aumento en la eficiencia de las redes de conducción y distribución del agua, y del perfeccionamiento de las técnicas de riego parcelario, junto con el mejoramiento de los cultivos y la fertirrigación. Como consecuencia de ello, ha incrementado también la productividad del agua.

No obstante este logro, señalan que para hacerlo sostenible es necesario actuar haciendo mejoras a la administración de las aguas nacionales, la capacidad institucional, la gestión parcelaria del agua para riego y la capacitación de los regantes. El tema de la *Industria* en México es tratado en el Capítulo 7 por Miguel Ángel López y Blanca Flores, quienes presentan las cifras sobre el empleo de agua así como la generación, el tratamiento y reuso de las aguas residuales por la industria. Los autores destacan la ausencia de información en este tema de forma independiente a la del gobierno. En el Capítulo 8, *Producción de energía*, como otro usuario de agua, Claudia Sheinbaum, Carlos Chávez y Janet Ruíz señalan cómo estos dos recursos están vinculados y son esenciales para el bienestar humano. En el texto se analiza la relación entre ambos, para lo cual los autores primero abordan la demanda de agua necesaria para la producción, transformación y uso de la energía. En seguida exponen el tema de la energía necesaria para el consumo de agua. En los dos casos se presentan estimaciones cuantitativas, en la medida en que la información lo permite. La última parte presenta algunos de los riesgos y oportunidades de la vinculación entre la energía y el agua. El uso ecológico del agua se analiza en el Capítulo 9, *Uso ecológico*, de Laura Ruelas, Marta Chávez, Víctor Barradas, Adriana Octaviano y Liliana García. Los autores exponen que quienes toman decisiones en el sector hidráulico enfrentan con frecuencia dos retos: incrementar la capacidad institucional para manejar los recursos del agua en forma integrada, y utilizar el conocimiento sobre las relaciones ecológicas de manera más efectiva. Con el fin de contribuir a este proceso, su aporte se orienta a la relación que el agua tiene con los aspectos ecológicos.

Capítulos críticos en la agenda internacional

En la sección referente a temas específicos se presenta el Capítulo 10, *Calidad*, por parte de Juan Carlos Durán, Juan Manuel Méndez y Blanca Jiménez. En éste se analiza la información histórica sobre la calidad del agua en el país y se exploran los principales problemas actuales de contaminación así como su origen. Además, se describe la forma en la cual se potabiliza el agua para consumo humano y la efectividad de este proceso. En el Capítulo 11, *Visión integral sobre el agua y la salud*, Marisa Mazari, Ana Cecilia Espinosa, Yolanda López, René Arredondo, Emilio Díaz y Clementina Equihua abordan de manera clara la importancia de la relación entre la calidad del agua y la salud, y señalan la necesidad de contar con métodos confiables para monitorear la primera de manera que se pueda mejorar la segunda. En el capítulo se analizan los problemas con las deficiencias regulatorias y se cubren aspectos sobre los riesgos causados por las aguas residuales, al igual que se hace hincapié en la necesidad de contar con ecosistemas sanos para tener una población sana. María Luisa Torregrosa y Alex Caldera, en

el Capítulo 12, *Proceso político e ideas en torno a la naturaleza del agua: un debate en construcción en el orden internacional*, abordan la disputa en torno a la naturaleza del agua como bien económico, por un lado, y como un derecho humano, por el otro. También revisa el concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y cómo ésta se posicionó como un paradigma aceptado por la mayoría de los actores internacionales, sin entender que la dificultad que se tiene hoy en día para su implementación es la existencia de diferentes visiones sobre la naturaleza del agua que compiten en el subsistema de la política hídrica. En el Capítulo 13, *Agua, desarrollo económico y desarrollo humano*, José Luis Montesillo y Carlos Fonseca exponen la relación que existe entre la disponibilidad natural de agua y el desarrollo económico y humano observado por medio del Índice de Desarrollo Humano (IDH). Estudiando la relación entre las variables mencionadas, concluyen que en los países con desarrollo humano alto la disponibilidad natural de agua no tiene relación con el desarrollo económico ni con el humano. Para el caso de México, concluyen que con base en información estatal, la evidencia tampoco permite concluir que exista esta relación.

En el Capítulo 14, Austreberta Nazar, Emma Zapata y Verónica Ramírez presentan el tema *Género y agua. Estrategias para alcanzar la sustentabilidad con equidad*. En este trabajo se revisan estrategias propuestas por organismos internacionales para lograr la sustentabilidad en el manejo del agua con equidad de género, y se documentan algunos elementos que en el contexto particular de México harían posible o no alcanzar esos objetivos. La relación agua-pobreza –de suma importancia desde el punto de vista de la salud pública–, el desarrollo del país y la equidad social son temas que Alejandro Guevara, Gloria Soto y José Alberto Lara analizan en el Capítulo 15, *Pobreza*. El texto señala cómo la escasez y la contaminación del agua afectan a grandes sectores de la población, especialmente y de manera desproporcionada a los pobres. El trabajo además ejemplifica cómo ciertas políticas públicas pueden agravar la situación de desigualdad en el acceso al recurso y no sustentabilidad del mismo, en especial por medio de las tarifas de agua. El capítulo también delinea algunas consideraciones relevantes para la política pública. Como otro sector vulnerable de la población, el indígena es abordado en el Capítulo 16, *Pueblos indígenas*, cuyos autores son Francisco Javier Peña, Edna Herrera y Luis Enrique Granados. En su trabajo, los autores describen y analizan la relación que las comunidades indígenas de México establecen para el acceso, uso y distribución del agua, y los conflictos intra y extracomunitarios que se asocian a este proceso. Los autores destacan la imposibilidad de desasociar para este sector el territorio del agua.

En el Capítulo 17, *El agua en el noroeste*, de Jesús Román, Alfonso Cortez, Roberto Soto, Fernando Escoboza y Oscar Viramontes, se compara la situación del agua de las diferentes regiones hidrológicas que comprenden el estado de Baja

California y su heterogéneo y complejo comportamiento de uso, conducción y aprovechamiento. Este documento presenta elementos de juicio que permiten al lector conocer y entender la dimensión de la problemática del agua en el noroeste de México. Este capítulo contrasta con el Capítulo 18, *El agua en la frontera sur de México: entre continuidades y claroscuros*, de Edith Kauffer, Antonino García y María Guadalupe Solís, en el cual se muestra cómo México comparte aguas con Guatemala y Belice bajo diversas modalidades articuladas con tres tipos de continuidades más allá de la frontera política: la continuidad natural de las cuencas transfronterizas; la abundancia de recursos hídricos que fluyen de un país a otro, y un continuum cultural indígena de normas y cosmovisiones en torno al agua.

El Capítulo 19, *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos*, de Polioptro Martínez, Carlos Patiño, Martín Montero, José Luís Pérez, Waldo Ojeda, Martín Mundo y Leonardo Hernández, muestra, a partir de escenarios de cambio climático, la disminución de la disponibilidad hídrica en el país ocasionada por menores precipitaciones en la mayor parte del territorio, así como por la mayor evaporación de suelo y la pérdida tanto de vegetación natural como de suelo, pero también como producto de los incrementos en la demanda de agua. En particular, los autores señalan el elevado incremento en la demanda de agua por la agricultura, y a la vez la disminución de la recarga natural de los acuíferos. En este contexto, advierten que el principal reto consistirá en incorporar los efectos del cambio climático en la planeación y gestión de los recursos hídricos, de manera que se puedan afrontar los efectos negativos pero también para que se puedan aprovechar los positivos. Asociado con ello, el Capítulo 20, *Eventos extremos*, de Maritza Arganis, Ramón Domínguez, Martín Jiménez y Delva Guichard, analiza los eventos extremos hidrometeorológicos en México (inundaciones y sequías). Los autores señalan la complejidad de definición de estos dos conceptos a pesar de ser de uso común, y analizan los problemas que causan las inundaciones y las sequías, así como lo que se ha hecho para mitigar los efectos de ambos y futuras líneas de trabajo para enfrentarlos de mejor manera.

Capítulos de aspectos institucionales y legales

La *Administración del agua* en México es descrita en el Capítulo 21 por María Luisa Torregrosa, Luisa Paré, Karina Kloster y Jordi Vera. En esta sección se profundiza sobre cómo el Estado mexicano ha organizado su gestión y qué formas alternativas de valoración y gestión han ido emergiendo. El capítulo señala que en estos decenios se ha implementado un profundo proceso de reestructuración de la gestión del agua; por un lado, la transformación de la estructura legal que rige y norma el agua en el país, y por el otro, un proceso de desconcentración y descentralización aunado a la creación de instancias de participación.

El Capítulo 22, *La evolución del marco institucional del agua potable y el saneamiento urbanos en México: un análisis cognitivo preliminar*, de Ricardo Sandoval, y el Capítulo 23, *Régimen jurídico del agua continental en México: un análisis crítico*, de Rodrigo Gutiérrez y María Silvia Emanuelli, abordan, desde diferentes perspectivas, el marco legal. Decidimos incluir dos capítulos por separado para que el lector se nutra de las diferencias de enfoque e interpretación de este tema.

Así, por medio de estas pinceladas por temas del agua, se presenta una visión general del estado del agua en México, cuyas conclusiones se exponen en el Capítulo 24 realizado por los editores de esta obra. La idea es que el libro impacte, y que con los años y las posibles reimpresiones del mismo se logre ir creando la memoria de lo que en el tema del agua se realiza en México. Consignar aciertos y errores nos dará la posibilidad de fluir por el futuro y asegurar que contemos con agua en suficiente cantidad y de calidad apropiada para todos en el país.

2. El manejo de las aguas mexicanas en el siglo XX

Luis Aboites Aguilar *
Diana Birrichaga Gardida**
Jorge Alfredo Garay Trejo **

Resumen

Entre 1890 y 1990 pueden distinguirse dos formas principales de manejar las aguas mexicanas, a saber, el agua local y el agua nacional. La diferencia entre una y otra está dada por la revolución hídrica que se generalizó en buena parte del planeta durante las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX. Tal revolución, que hizo posible el aprovechamiento de grandes volúmenes de agua, se manifestó en México en obras como el canal de conducción de la compañía Tlahualilo en La Laguna, la desecación del lago de Chalco, la obra de provisión de agua desde Xochimilco a la ciudad de México y la construcción de los sistemas hidroeléctricos de Necaxa y La Boquilla. En la primera forma, destacan los grupos y autoridades locales en el manejo del líquido; en la segunda, es la nación, a través del gobierno federal, la que intenta imponer un manejo centralizado y uniforme a lo largo y ancho del país. La descripción de ambas etapas guía la exposición de los principales componentes de una y de otra en los ámbitos rural y urbano, así como de los principales cambios ocurridos en las políticas e instituciones gubernamentales. Concluye mostrando la decadencia del agua nacional y el ascenso de una nueva forma, que busca la expansión del mercado, la protección del medio ambiente y, en cierto modo, el retorno al agua local.

Palabras clave:

Localidad, nación, políticas e instituciones gubernamentales

*El Colegio de México
**Universidad Autónoma del Estado de México

Introducción

En este trabajo se ofrece una visión panorámica de las distintas maneras en que los grupos sociales y las instituciones gubernamentales han manejado el agua en México en el periodo 1890-1990. En esos 100 años los usos del agua (agricultura, industria y provisión a localidades urbanas y rurales) sufrieron cambios verdaderamente revolucionarios en todo el planeta. Por lo pronto el agua adquirió una doble importancia que no debe perderse de vista: se transformó en fuente de grandes negocios y en ramo de una novedosa y creciente inversión gubernamental. Antes de 1890, terratenientes y empresarios invertían en la construcción de obras de regulación y aprovechamiento del líquido, al igual que lo hacían algunos gobiernos de la más variada especie, junto con el desempeño de las tareas de regulación y reglamentación. Pero lo que sucedió en el mundo y en México después de 1890 era un fenómeno distinto; primero porque empresarios y gobiernos se movieron casi al mismo tiempo y con gran vigor, y segundo, y sobre todo, porque ese movimiento social descansaba en un cambio tecnológico revolucionario en la escala de los aprovechamientos del líquido. Difícilmente se puede entender el sentido último de los acontecimientos de este periodo en México o en cualquier país en torno al manejo de este ramo de la riqueza pública si se omite tal revolución económica. La posibilidad de construir presas más altas, resistentes y baratas gracias a los nuevos diseños y materiales de construcción (concreto de diversos tipos), lo mismo que grandes canales de conducción o de desagüe, así como la aparición del motor de combustión interna y de la bomba eléctrica, dispositivos fundamentales para extraer grandes volúmenes de aguas del subsuelo, son protagonistas principales de esa revolución.

La ingeniería y las técnicas de construcción que hicieron posible la producción de electricidad a gran escala y transmitirla a largas distancias fue parte de un acelerado proceso de innovación tecnológica que pronto rebasó a la propia hidroelectricidad y pudo adoptarse en proyectos de grande irrigación y de provisión de agua y alcantarillado, principalmente en las grandes ciudades. Además de atender el caos normativo que implicó la aparición de estos grandes proyectos, los gobiernos no tardaron en darse cuenta de las grandes posibilidades que ofrecía la disponibilidad de este nuevo instrumental tecnológico para sus planes y metas. En 1902 nacía el *Bureau of Reclamation* en Estados Unidos para irrigar tierras del árido suroeste con fondos federales; en 1926 la Comisión Nacional de Irrigación (CNI) vio la luz en México. Así, a la vuelta de 20 o 30 años, por obra de empresarios y de gobiernos, el mundo conocía sorprendentes obras de ingeniería que utilizaban el agua de una manera completamente nueva y en una cantidad nunca antes vista. Las nuevas obras además cambiaban el paisaje y, con optimismo desbordado, hacían pensar a algunos que por fin la humanidad era capaz de

vencer o someter a la naturaleza de acuerdo con las necesidades de la "sociedad". No sólo borraban localidades del mapa, sino también cascadas y lagos, aunque también hacían nacer nuevos cuerpos de agua. El mejor ejemplo mexicano de tal revolución es la planta hidroeléctrica de Necaxa, concluida en 1905 sobre las aguas del río de ese nombre, de la cuenca del río Tecolutla.

En las páginas siguientes se ofrece un recorrido por las etapas que pueden distinguirse en torno a las maneras de organizar los usos del agua en México entre 1890 y 1990. Son dos etapas principales: el agua local y el agua nacional; el punto de inflexión es aproximadamente el año de 1890. Además, se apuntan algunas consideraciones sobre las características de una tercera etapa, lo que denominamos el agua mercantil-ambiental. Pero en esta última no nos detendremos mayor cosa, pues es materia del capítulo a cargo de María Luisa Torregrosa y Luisa Paré.

El agua local

Por agua local se entiende, de manera burda, la época mexicana en que el agua, por la pequeña escala de los aprovechamientos, era manejada por la combinación de propietarios, vecinos organizados y autoridades municipales y, en algunos casos, distritales y de los gobiernos de los estados. Una gran diversidad de localidades, haciendas, fábricas, molinos, barrios y ranchos hacían uso de las aguas de manantiales y ríos, así como de las *aguas broncas* derivadas de los escurrimientos de las zonas montañosas. Las dos primeras tenían el carácter de aguas perpetuas, mientras que las *broncas* sólo corrían en la temporada de lluvias. Esta diversidad de usos a menudo provocaba conflictos tanto entre los diversos grupos como en el interior de ellos. En el caso del riego, se establecían reglas para reducir lo más posible la incertidumbre sobre los volúmenes de agua disponibles.

Al ser el agua un recurso indispensable para la actividad agrícola, los regantes siempre mostraron interés por alterar –mediante obras de distribución– las trayectorias de los ríos a fin de garantizar el acceso al líquido. Las constantes modificaciones de los cauces crearon fuertes tensiones políticas y sociales por el uso del agua. En algunas regiones el aprovechamiento de los recursos hidráulicos estaba sancionado por la autoridad de acuerdo con la legislación disponible, es decir, los pueblos y los particulares contaban con mercedes que amparasen el uso del agua. Sin embargo, en otros lugares los vecinos la obtenían de manera informal recurriendo a reglas sancionadas por "los usos y costumbres".

En tiempos de escasez, o cuando alguien abusaba y construía por la fuerza una toma más grande o una nueva toma, surgían altercados que por lo común eran resueltos por los propios involucrados con apego a los usos y costumbres (a veces había reglamentos escritos), que incluían a una autoridad reconocida. En caso de que las disputas continuaran sin solución, se acudía a la autoridad municipal o al

juez, y así se continuaba ascendiendo en la estructura gubernamental si el conflicto seguía sin solución. En la época colonial, los casos más conflictivos obligaban a las más altas autoridades a intervenir en la reglamentación de tramos de algunas corrientes, como el Nexapa y el Cantarranas, en el actual estado de Puebla (Camacho, 1998). En esas situaciones, un enviado de la Audiencia General de México procedía a hacer un "repartimiento", que no era otra cosa que la asignación del líquido disponible entre las diversas tomas. En esas ocasiones quedaba patente la diversidad de derechos de agua que coexistían, desde las mercedes reales en forma (recuérdese que la tierra y el agua eran de la propiedad originaria de la Corona), hasta simples acuerdos verbales que, sin embargo, tenían la fuerza de la antigüedad y del reconocimiento colectivo. En algunos casos, el hecho de aparecer en un repartimiento otorgaba o regularizaba derechos adquiridos previamente (Meyer, 1997). El agua unía a los vecinos, débiles y poderosos, y a los de la medianía; a los nuevos interesados y a los viejos de toda la vida. En ocasiones, los repartimientos coloniales se mantuvieron vigentes durante dos o tres siglos. Así ocurrió en la región de Atlixco (Castañeda González, 2006). Tal era la fuerza y la efectividad de la administración local del agua.

Los estudiosos coinciden en sostener que, luego de la Independencia de México de 1821, las normas, costumbres y procedimientos de origen colonial continuaron rigiendo en el nuevo país. Por supuesto que hubo adaptaciones. Los ayuntamientos, los prefectos y más tarde los jefes políticos, o bien los jueces locales y de distrito y en raras ocasiones la Suprema Corte de Justicia, sustituyeron a las autoridades e instituciones coloniales. Pero el agua, por así decir, era la misma, pues era aprovechada por pequeñas tomas y obras sucesivas que no afectaban a grupos situados a largas distancias y que por lo general respetaban términos y condiciones. Pero la conflictividad persistía. Obviamente las sequías, migraciones, cambios de propietarios que desconocían acuerdos previos o el surgimiento de empresas y de localidades alteraban el orden existente, lo que provocaba enfrentamientos y altercados. La distribución del agua entre los vecinos tuvo que ajustarse, ya sea mediante compra o arrendamiento o incluso el robo, algo muy común.

En materia de propiedad, continuó vigente la diversidad de formas de acceso y de derechos. Después de la Independencia, los ayuntamientos sustituyeron en algunos lugares a los pueblos como representantes de la propiedad comunal de tierras y aguas, y en esa calidad procedieron a otorgar nuevos derechos; en otros casos, los jefes políticos y hasta los gobernadores lo hicieron. Si bien la nación mexicana había heredado los derechos originarios de la Corona, no había autoridad ni instancia gubernamental que reclamara una prerrogativa similar o equivalente. Así que el agua continuó siendo manejada por vecinos y autoridades locales. Algunos estados publicaron leyes sobre el ramo, como Sonora en 1843,

y reglamentos para algunas corrientes. También había mercado de agua. En el Archivo Municipal de Saltillo se hallan registros de ventas de derechos de agua medidos por minuto.

Un asunto importante es señalar que a lo largo del siglo XIX, con base en el diseño de la división jurisdiccional sobre el territorio nacional, el gobierno general, central o federal limitaba su acción al Distrito Federal y a los territorios federales. En consecuencia, tal y como ocurría en otros ramos (educación, salud, impuestos), en materia de aguas la acción federal se limitaba prácticamente al Distrito Federal, mediante la Secretaría de Fomento, creada en mayo de 1853.

El 5 de junio de 1888 fue aprobada la primera ley federal que establecía como vías generales de comunicación los lagos y ríos interiores si tenían el carácter de navegables, aun cuando en el territorio nacional eran pocos los ríos con esas características. Además consideraba que los lagos y ríos, de cualquier clase y en toda su extensión, que sirvieran como límites de la república o de dos o más estados quedaban bajo la vigilancia y policía del ejecutivo federal. Este ordenamiento legal fue objeto de grandes críticas por lo ambiguo de su texto, ya que establecía la jurisdicción mas no la propiedad federal de las aguas. La ley del 5 de junio de 1888 y leyes estatales posteriores, como las de Jalisco (1895), Estado de México (1896) y Michoacán (1906), dieron origen a diversas solicitudes, bastante polémicas por cierto, de concesiones de las aguas locales, que en la mayoría de las ocasiones estaban administradas por los ayuntamientos (Birrichaga, 2009).

Después de la década de 1890, la cuestión de la propiedad privada del agua en el siglo XIX fue materia de controversia. El conflicto de la compañía Tlahualilo con el gobierno federal de fines del siglo XIX tenía como principal componente el carácter de la propiedad de las aguas. La compañía sostenía que la propiedad privada sí existía; el gobierno federal, mediante el brillante abogado Jorge Vera Estañol, sostenía lo contrario. Por cierto, ese conflicto en torno a las aguas del río Nazas, en la Comarca Lagunera, dio lugar a la publicación de uno de los mejores libros sobre el agua en México, precisamente el de Vera Estañol. Pero más allá de eso, era sintomático que el antiguo ordenamiento en torno al agua que llevaba varios siglos de antigüedad estaba flaqueando y que era urgente buscar otro (Vera Estañol, 1910; Kroeber, 1971; Plana, 1991). A diferencia de lo que se piensa y hace desde 1989, en mayo de 1888 en el senado de la República se expresaba la necesidad de crear una autoridad superior a los estados para que ejerciera una vigilancia que "ellos no pueden ejercer, y [que evite] un conflicto de armas".[1] Tal autoridad superior no era otra que el gobierno federal.

El régimen de Porfirio Díaz favoreció el establecimiento de industrias al amparo de un régimen de concesiones y apoyos arancelarios. Para las empresas dedicadas a la fabricación de textiles, a la minería y a la extracción de petróleo, el

[1] *Diario de Debates del Senado*, 25 de mayo de 1888, 791.

agua se convirtió en un recurso estratégico. La generación de energía eléctrica permitió el desarrollo y crecimiento de las industrias, ya que la introducción de la energía motriz producida por la fuerza hidráulica permitió aumentar los ritmos de la producción de mercancías. Pero el crecimiento de la industria a partir de nuevas posibilidades técnicas tuvo como consecuencia la degradación ambiental y la alteración de las condiciones de las aguas para actividades como la agricultura y la ganadería. Con mayor intensidad que antes, los desechos de las industrias causaban la reducción del cauce de ríos, invadían las tierras de cultivo y destruían las pequeñas obras de irrigación de los labradores. El impacto ambiental de la industria no se redujo a los efectos de la contaminación, sino a los desequilibrios en el consumo de agua por parte de las industrias con relación a otros consumidores.

La administración del agua urbana era un asunto local, pero experimentó un gradual traslado de funciones hacia el gobierno federal o los particulares. En la segunda mitad del siglo XIX surgió una política urbanística orientada a modificar la antigua traza colonial de las ciudades mediante la construcción de obras públicas. Este proceso de modernización incluyó la instalación de un *sistema en red*, que consistía en un circuito de tuberías que permitía ampliar la oferta del servicio. Los cambios tecnológicos repercutieron en la percepción que tenían los vecinos sobre el agua. Con el nuevo sistema hidráulico, cada habitante podía recibir hasta 100 litros diarios para satisfacer sus necesidades. Esta cantidad de agua contrastaba con los 10 litros que en promedio se consumían en la época colonial, volumen que era distribuido mediante acueductos, cajas de agua y aguadores. El mayor volumen de agua disponible trajo aparejado cambios radicales en la vida cotidiana de algunos grupos de mexicanos, por ejemplo, la instalación de regaderas dentro de las casas y la paulatina adopción de nuevos hábitos como el baño diario.

Los gobiernos posrevolucionarios continuaron extendiendo el sistema en red. Consideraban prioritario construir estos nuevos sistemas, al menos en las localidades urbanas más importantes. Uno de los argumentos a favor de esta innovación era la de favorecer el crecimiento de la población, pues consideraban que una población más numerosa sería pilar del desarrollo económico. La nueva tecnología también permitió el trasvase de agua de cuencas distintas, como ocurrió con las obras del Alto Lerma construidas durante la década de 1940 para abastecer a la ciudad de México, por mucho la ciudad más populosa e importante.

Por último, cabe mencionar que el abasto y la distribución de agua potable con el nuevo sistema tuvo dos esquemas: el primero era que algunos ayuntamientos o gobiernos estatales prestaran el servicio en los principales centros urbanos, y el segundo consistía en que los gobiernos locales cedieran el abasto de agua a compañías particulares. Entre 1880 y 1930, los registros señalan la creación de más de 30 empresas en todo el país. Ambos modelos dieron matices diferentes

al servicio en ciudades y poblados rurales. Con esta oleada de modernidad, en la primera mitad del siglo XX las principales ciudades de México vieron transformados sus sistemas de provisión de agua (Birrichaga, 1998). Sin embargo, los pequeños poblados fueron excluidos de este progreso. Además, en muchas de esas grandes ciudades la red hidráulica ha envejecido, como lo demuestran las numerosas fugas de agua que se detectan a diario.

El agua nacional

Por agua nacional se entiende, también de manera burda, la época mexicana en la que el gobierno federal reivindicó (o inventó) el agua de la nación para hacer frente a los cambios revolucionarios en la manera de usar el agua que estaban ocurriendo en distintos puntos del país, especialmente en la próspera Comarca Lagunera. Pero no solamente en ese lugar. A partir de 1890 se registró un sinnúmero de casos en los que los empresarios y autoridades gubernamentales empezaron a hacer uso de las nuevas tecnologías para diversos usos: hidroeléctricas, papeleras, sistemas de abasto urbano, fundiciones mineras, tomas y canales de riego de grandes superficies, obras de desecación y desagüe. Estas obras mostraban la lógica de la relación entre cambios en los usos del agua y el comportamiento gubernamental que daba entrada al gobierno federal por primera vez en los asuntos del agua. En 1910, el referido Vera Estañol (1910: 615) advertía tal relación:

> Mientras el régimen relativo al uso y aprovechamiento de los ríos había sido asunto secundario de nuestra vida nacional, la Federación había dejado que los estados rigieran la materia por su propia legislación; no sucedió lo mismo después de que la reconstitución interior del país, el restablecimiento de la paz, y con él la iniciación de su reorganización administrativa colocaron en primera línea los problemas económicos de comunicación y de irrigación en el país.

La trayectoria jurídico-legislativa que dio paso al agua de la nación ha sido bien estudiada, entre otros, por Kroeber (1997). En la década de 1890 se expidieron leyes muy controvertidas que otorgaban facultades al ejecutivo federal para otorgar concesiones de agua; el punto de debate era cómo dar concesiones de algo que no era suyo. En la década de 1900, sin embargo, el Estado mexicano corrigió o afinó las normas y se estableció en 1902 y 1908 el pleno dominio público sobre las aguas federales. Sobre este avance jurídico-legal se expidió la ley de aguas de jurisdicción federal de 1910, la primera ley específica sobre el ramo en nuestro país.

A las normas anteriores, es indispensable agregar el párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución de 1917 que elevó a rango constitucional el lento y confuso avance logrado durante la época porfiriana. En esta materia, los revolucionarios no hicieron más que consolidar y perfeccionar lo que la dictadura porfirista

había hecho. Lo anterior se olvida a menudo. Lo importante es que después de 1917 concluyó la disputa por la propiedad del agua. Desde entonces, y hasta la fecha, el agua era, es, de la nación; los particulares y colectividades sólo podían y pueden tener acceso al agua por medio de resoluciones del Estado.

Pero así como hubo continuidad en torno al agua de la nación entre el porfiriato y la época posrevolucionaria, también hay que decir que hubo cambios notables. La revolución de 1910 sí impuso una ruptura tajante con el régimen porfiriano en materia de usos del agua mediante la reforma agraria. Aunque se ha estudiado muy poco, por medio de las dotaciones y accesiones el Estado mexicano posrevolucionario emprendió un vasto reparto de agua que benefició a amplios grupos de la población rural. Que ese reparto se haya realizado con criterios más justicieros y políticos que de eficiencia productiva o de preservación ambiental es otro problema. El estudio de Valladares sobre el estado de Morelos (2004) muestra que en la misma zona donde abundaba el agua, gracias al manejo oligárquico de los terratenientes, comenzó a escasear luego de la reforma agraria. La ley de aguas de 1910 subsistió hasta 1929, cuando se expidió la ley de aguas de propiedad nacional, misma que fue sustituida en 1934 y que perduró hasta 1972.

Entre grandes confusiones y contradicciones, el gobierno federal, a través de la Secretaría de Fomento, se fue abriendo paso en la maraña de derechos, prácticas e intereses propios de la época del agua local. Ésta es una historia que está por hacerse, en especial sobre las diversas maneras en que el agua nacional se impuso en algunos lugares y convivió hasta nuestros días con los usos y costumbres del agua local. Nada más inexacto que suponer que el agua nacional, que arrancó con la ley de 1888, se impuso gradual y suavemente a lo largo y ancho del país en las décadas siguientes. Lejos de eso, la nacionalización del agua tuvo lugar a pesar de la confusión y la debilidad gubernamental y, sobre todo, a pesar de la feroz oposición de vecinos y autoridades locales.

En efecto, la intervención del gobierno federal no siempre fue bien recibida por vecinos y autoridades locales. Así ocurría cuando la Secretaría de Fomento favorecía a una gran empresa minera, papelera o agrícola y desestimaba los derechos de pequeños agricultores y de las pequeñas finanzas municipales. No extraña entonces que para muchos pueblerinos el arribo federal en el manejo del agua no fuera más que un despojo, una mascarada para ocultar la expansión de grandes empresas en el control del líquido. Los ejemplos abundan. Tanto en Amecameca, México, como en Acoxochitlán, Hidalgo, los vecinos y munícipes se sintieron despojados por la nación, o mejor dicho, por el gobierno federal que decía representar a aquélla. Eso cuando el trámite de la declaratoria de aguas nacionales eximió a los dueños de la fábrica de papel, en el primer caso, y a los de las compañías hidroeléctricas, en el segundo, de pagar impuestos por el uso del agua a los ayuntamientos respectivos (Aboites y Estrada, 2004). La tensión entre

el agua municipal y el agua de la nación no ha sido estudiada como debiera. En 1917, la vieja Secretaría de Fomento fue sustituida por la Secretaría de Agricultura y Fomento, misma que subsistió hasta 1946. Tal cambio institucional no alteró la dinámica entre la nación y los grupos de vecinos que daban contenido al agua local.

Reglamentar y construir

Dos aspectos más destacan del agua de la nación: por un lado, el afán de reglamentar los usos existentes, y por otro, el afán de hacer del gobierno federal un activo protagonista de los usos del agua por medio de la inversión pública. La reforma agraria propició un gradual involucramiento del gobierno federal en la vida local como nunca antes en la breve historia de la nación mexicana. La posibilidad de repartir tierras y aguas hizo de la burocracia federal –a menudo ayudada por soldados para hacer respetar su autoridad- un protagonista al que pronto los vecinos vieron con buenos ojos. Por ejemplo, los vecinos podían aliarse con los ingenieros para echar abajo un viejo reglamento que favorecía a los grandes propietarios, como ocurría en algunas labores regadas con aguas del río Conchos (Castañeda González, 1995). Ello era particularmente importante cuando los ejidatarios –nuevos personajes de la vida rural mexicana- exigieron aguas para regar las tierras recibidas. La pugna entre antiguos hacendados y ejidatarios se centró en muchos casos en el control del líquido disponible a través de las obras de distribución, es decir, el agua se convirtió en un instrumento de poder. La reforma agraria condujo a la creación de nuevos centros de población que demandaron no sólo tierras, sino también agua para usos domésticos y para riego.

Estos cambios tecnológicos y en la tenencia de la tierra generaron una dinámica conflictiva que apenas ha sido abordada. El resultado fue la necesidad de poner de acuerdo a los vecinos y a las localidades, es decir, un método muy similar al que utilizaban las autoridades coloniales cuando procedían a hacer los repartimientos. El Archivo Histórico del Agua (inaugurado en 1994) contiene numerosos expedientes de reglamentación de ríos situados en distintos lugares del país, especialmente en las zonas más secas. Son una fuente inagotable de información. En este caso, la disputa por el control de la junta de aguas era pan de cada día, y a veces los ingenieros federales no hacían más que salir huyendo ante la furia de los vecinos provocada por alguna resolución. Hay evidencia que muestra que en muchos lugares la burocracia federal tomó la mejor decisión: retirarse y dejar a los vecinos que manejaran el agua según los usos y costumbres del agua local (Palerm y Martínez, 1997).

El otro aspecto se refiere a la inversión pública. A la vuelta de siglo, el gobierno federal mexicano se hizo de mayores recursos fiscales, lo que le permitió

tener una mayor injerencia en la economía del país. Además de crear el Banco de México en 1925, en 1926 creó el Banco Nacional de Crédito Agrícola y las comisiones nacionales de Caminos y la CNI. Esta última nació con el propósito de impulsar un amplio programa de construcción de obras de riego, especialmente en el árido norte del país. El optimismo geográfico al modo de Humboldt ya había quedado atrás y prevalecía, como hasta la fecha, el pesimismo en torno a la geografía nacional. Las zonas abiertas al riego de esa manera (Don Martín, en Anáhuac, o Delicias, en Chihuahua) quedaron bajo el control de las autoridades de la CNI. Más adelante, por medio de la figura de los distritos de riego, la CNI se hizo cargo de la administración del agua en aquellas zonas de riego que habían sido abiertas antes de 1910 por particulares, como La Laguna, el Bajío, y los valles del Yaqui y de Mexicali. Con la suma de las zonas abiertas por los dineros gubernamentales y por particulares antes de 1926, el gobierno federal ganó un lugar importante en el manejo del agua de las áreas agrícolas más productivas del país. En 1951, los distritos de riego eran ya 55.

Muy poco se han estudiado las pugnas burocráticas por el control de los distritos de riego entre distintas dependencias federales, por ejemplo, entre la CNI y el Banco Nacional de Crédito Agrícola (1936-1944), o entre la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) y la Secretaría de Agricultura y Ganadería, las dos últimas nacidas gracias a la iniciativa del gobierno del presidente Miguel Alemán en 1947. En 1951, los ingenieros hidráulicos, con Adolfo Orive Alba a la cabeza, ganaron la partida. Sin embargo, en 1976, ese sueño ingenieril llegó a su fin con la desaparición de la SRH. Desde entonces, los ingenieros hidráulicos, y en general el ramo de aguas, entraron en un periodo de franca decadencia, como ocurre hasta la fecha. Para comprobarlo, basta comparar los montos de inversión federal en el ramo en una época y otra.

Pero más importante que las pugnas interburocráticas es el manejo cotidiano del agua en los distritos de riego, un tema que también, por desgracia, ha sido muy poco estudiado. Uno de los pocos trabajos disponibles (Greenberg, 1970) caracterizaba a los gerentes de los distritos casi como déspotas hidráulicos que tenían gran poder dentro de las regiones y las localidades. Eran el instrumento del gran poder nacional sobre el agua. Sin embargo, una mirada más cuidadosa y crítica podría dar una imagen muy distinta. Así se desprende de una investigación sobre el distrito de riego de la Costa de Hermosillo (Moreno, 2006). En esta obra -un estudio sobre un distrito de aguas subterráneas-, la burocracia federal aparece débil y hasta subordinada a los intereses de los grandes propietarios, quienes decidían cuánta agua utilizar sin importar las regulaciones y normas federales.

Aclarar la relación entre el aparato gubernamental y los grandes propietarios y agricultores de los distritos de riego es una extraña omisión en los estudios sobre la materia. Y es crucial, toda vez que la obra de irrigación del gobierno mexicano

realizada a partir de 1926 hizo posible la apertura de más de dos millones de hectáreas de riego. En muy buena medida, esa superficie pasó a consolidar o a formar grupos de agricultores altamente privilegiados por el propio quehacer gubernamental. Recuérdese la expresión de los "agricultores nylon". Además, la contribución económica de esa superficie ha sido más que subrayada por los analistas, especialmente durante la época del auge algodonero (1940-1960) y cuando el país logró la autosuficiencia alimentaria, en la década de 1960.

El agua de la nación tenía también manifestación en la hidroelectricidad y en la provisión de agua a las ciudades. Aunque en 1942 empezó la construcción de la primera gran obra hidroeléctrica gubernamental –la del sistema Miguel Alemán sobre el río Cutzamala-, no es sino a partir de 1947 que los dineros de la nación comenzaron a diversificarse en materia de aguas. Ya no nada más irrigación, sino también hidroeléctricas, y algo muy importante, obras de provisión de agua y alcantarillado a las localidades urbanas. Con esa misión nació la SRH en 1947, aunque la obra hidroeléctrica quedó en manos de otros ingenieros, los de la Comisión Federal de Electricidad. Con el surgimiento de las dos primeras comisiones de cuenca (Papaloapan y Tepalcatepec, en 1947), nacidas bajo la inspiración del Tennessee Valley Project, el gobierno de la nación consolidó la reorientación geográfica de la inversión y comenzó a gastar más en el centro y sur del país. Al norte ya le había tocado lo suyo, que era bastante. Además de las dos comisiones referidas, se crearon las del Grijalva, Fuerte, Lerma-Chapala, Pánuco y Balsas (que absorbió a la del Tepalcatepec). Las comisiones eran instituciones federales que a ojos de algún gobernador (el veracruzano Adolfo Ruiz Cortines) creaban un estado dentro de otro, lo que provocó animadversiones que deberían estudiarse con todo detalle.

La década de 1960, que arranca con la nacionalización de la industria eléctrica, fue testigo de la construcción de presas monumentales precisamente en el centro y sur del país, como Infiernillo sobre el río Balsas, y Malpaso, en Chiapas, sobre el Grijalva. Así como la superficie irrigada había aumentado en más de dos millones de hectáreas desde 1926, la capacidad instalada de las hidroeléctricas gubernamentales había crecido de manera notable, de 1,357,038 kilowatts en 1960, a 6,532,000 en 1984, casi cinco veces más.

La SRH también inició un trabajo extenso en materia de agua potable y alcantarillado, sector que mostraba un panorama desolador al mediar el siglo. Y éste era prueba de que ni los gobiernos estatales ni municipales, y ni siquiera las empresas privadas que empezaron a surgir en diversas ciudades desde fines del siglo XIX, habían logrado avances sustanciales en la provisión del moderno sistema de agua entubada mediante redes subterráneas. Tampoco había sido suficiente la labor crediticia del Banco Nacional Hipotecario Urbano y de Obras Públicas (el actual BANOBRAS) nacido en 1933 (Bribiesca, 1959; Birrichaga, 1998).

Se crearon las juntas federales de agua potable (que eran más de 700 en 1965) y, con ayuda del BANOBRAS, la labor alcanzó magnitudes considerables. Lo mismo puede decirse del empujón federal mediante la SRH en materia de agua potable y alcantarillado. En suma, la cobertura general de ese nuevo servicio con respecto al total de viviendas pasó de 17% en 1950 a 50% en 1970 y a 77% en 1990 (Aboites, 2009b). Bien sabemos que ese indicador general esconde grandes desigualdades regionales y sociales y dice muy poco sobre la calidad del agua y del servicio. Pero de cualquier modo, no puede dejar de desestimarse un avance semejante.

Cuadro 1: Legislación e instituciones "para la gestión del agua" (1888-2008).

Periodo	Instituciones federales relacionadas con la gestión del agua	Principales tareas	Enfoque/Visión	Principales modificaciones al marco legal
1888-1917	Con la ley de 1888 se inicia la injerencia del gobierno federal en el manejo de las aguas. Después de salvar diversas confusiones y contradicciones, se fue imponiendo la noción de que la propiedad privada de las aguas no existía sino que pertenecía a la nación. La legislación porfiriana, que culminó con la ley de 1910, fue consolidada por la Constitución de 1917, que estableció la propiedad originaria de la nación sobre el suelo, el subsuelo y las aguas. Y que los interesados solamente podrían tener acceso al líquido mediante **concesión** del poder público. Esta **visión del agua como asunto público o mejor dicho de Estado** por encima de los derechos privados, o incluso de la posible dotación o restitución a los pueblos y comunidades originales, acabó predominando en la Constitución de 1917. También en 1917 se creó la *Dirección de Aguas, Tierras y Colonización,* que depende de la Secretaría de Agricultura y Fomento (SAyF). Esta última nació igualmente en 1917, en sustitución de la antigua Secretaría de Fomento.			**1888**. Ley de vías generales de comunicación. DOF, 5 de junio. **1910**. Ley sobre aprovechamiento de aguas de jurisdicción federal. DOF, 21 de diciembre. **1917.** Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Periodo	Instituciones federales relacionadas con la gestión del agua	Principales tareas	Enfoque/ Visión	Principales modificaciones al marco legal
1926-1946	*Comisión Nacional de Irrigación (CNI)* (1926-1946) *Departamento de Salubridad* *Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas*	-Construcción de grandes obras de infraestructura hidroagrícola. -Dotación de agua potable -Saneamiento -Inundaciones -Agua para la industria	-Consolidación del gobierno federal en el manejo del agua, especialmente en materia de irrigación.	**1926**. Ley de irrigación con aguas federales. **1929**. Ley de aguas de propiedad nacional. DOF, 7 de agosto. **1934**. Ley de aguas de propiedad nacional. DOF, 31 de agosto. **1936.** Reglamento de la ley de aguas de propiedad nacional, 24 de marzo de 1936. DOF, 21 de abril.

1946-1976	*Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH)* (1946-1976) *Secretaría de Economía* *Secretaría de Agricultura y Ganadería* (1946-1976)	-Hidroeléctricas -Operación de los distritos de riego (en 1951 fue entregada a la SRH).	-Centralización, injerencia del gobierno federal más allá de los asuntos de irrigación.	**1947.** Ley federal de riegos; sustituye a la Ley de irrigación de 1926. **1948**. Ley reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 constitucional en materia de aguas del subsuelo. DOF, 3 de enero. **1948**. Ley general de ingeniería sanitaria. **1956.** Ley reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 constitucional en materia de aguas del subsuelo. DOF, 27 de febrero de 1958. **1972**. Ley federal de aguas. **1973**. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. DOF, 29 marzo. **1975**. Reglamento del artículo 124 de la ley federal de aguas. DOF, 3 de diciembre

Periodo	Instituciones federales relacionadas con la gestión del agua	Principales tareas	Enfoque/ Visión	Principales modificaciones al marco legal
1976-1989	*Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)* (1976-1989)	-Se integra la gestión de la producción y del agua en una secretaría del gobierno federal.	-Descentralización parcial de los servicios de agua y saneamiento.	**1982**. Ley federal de derechos. **1983**. Reformas al artículo 115 constitucional. **1986**. Ley de contribución de mejoras por obras públicas federales de infraestructura hidráulica. **1986.** Reforma a la ley federal de derechos. **1988**. Ley general de equilibrio ecológico y protección ambiental (LGEEPA).
	Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) (1976-1982)	-Gestión del agua para consumo humano en todo el país.		
	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (1982-1992)	-Responsabilidad de la intervención federal en materia de agua urbana e industrial; a partir de 1983, responsabilidad de los municipios en la prestación de servicios de agua y saneamiento.		

1989-1994	*Comisión Nacional del Agua (CONAGUA-SARH)*	-Institución federal que nace en el marco de la descentralización y del impulso a la transferencia de responsabilidades a la "sociedad" y al mercado de derechos de agua. -Se inscriben los títulos de concesión, asignación y permisos para los derechos de agua (creación de mercados de agua).	-Liberación de los mercados de tierra y agua. -Transferencia de los distritos de riego a los usuarios. -Participación privada. -Creación del REPDA.	**1991.** Reforma a la ley federal de derechos. **1992**. Reforma al artículo 27 constitucional. **1992**. Ley de aguas nacionales (LAN). **1994**. Reglamento de la LAN.
1994-2008	*CONAGUA (SEMARNAP, de 1994 a 2000, y CONAGUA-SEMARNAT de 2000 a la fecha)*	-La CONAGUA se hace de una estructura cuya función principal será de carácter normativo en materia de administración del agua, así como de apoyo técnico especializado, dentro de un esquema de organización por cuencas y regiones hidrológicas.	-Promoción de comisiones estatales del agua. -Creación de organismos de cuenca.	**1997**. Modificaciones al reglamento de la LAN. **1999.** Reforma al artículo 115 constitucional. **2001**. Ley federal de derechos en materia de agua. CONAGUA. **2004**. Reformas a la LAN. **2008**. Reformas a la LAN y a la LGEEPA.

Elaborado por Jordi Vera C. a partir de varias fuentes (Aboites, 1998; Torregrosa *et al.*, 2003; Vera, 2005 y 2005a; Torregrosa, 2006ª; Ortiz-Rendón, 2008).

El agua como detonador del desarrollo nacional

A lo largo de los siglos XIX y XX podemos apreciar un cambio significativo en torno a la relación gobierno federal-agua. En un primer momento, en la mayor parte del siglo XIX, la injerencia federal en el manejo de este recurso fue débil. Pero desde la última década de ese siglo y en las primeras cinco del siglo XX, dicha instancia de gobierno paulatinamente ganó facultades y se hizo de instrumentos institucionales que le permitieron adquirir preponderancia en este ramo de la riqueza pública. Lo anterior hizo posible que el gobierno federal tomara para sí un papel de gran peso como administrador, regulador y usuario privilegiado de las aguas ahora consideradas nacionales. En ese tránsito, el agua ganó un insospechado valor político y económico. Por lo pronto, el gobierno federal, con la ayuda de ingenieros estadunidenses (White Engineering Corp.), monopolizó la tecnología de construcción de grandes obras de irrigación. Los mejores ingenieros del país, casi en su mayoría, se convirtieron en empleados federales.

Sin embargo, dicha transformación en torno al agua no puede entenderse sin considerar el contexto político general, en el que destaca el proceso de centralización de la vida política nacional luego de la Revolución de 1910. En efecto, el Estado posrevolucionario nació con una tarea doble: acabar con la gran atomización del poder generada por el movimiento armado, y reactivar la economía nacional.

En términos políticos, el conflicto revolucionario generó un proceso de dispersión del poder dentro del territorio nacional, lo que dificultó el control y la consolidación del nuevo Estado tras la caída del régimen porfirista. Se necesitaron varias décadas para construir un Estado-nación relativamente estable. Tal estabilidad se logró gracias a la instauración de un régimen federalista, pero con rasgos que apuntaban hacia un arreglo centralista; ello con la firme intención de acabar con el divisionismo político que fragmentaba a la nación.

En ese esfuerzo destaca la creación, en 1929, del Partido Nacional Revolucionario (PNR) –posteriormente denominado Partido de la Revolución Mexicana (PRM) y, finalmente, Partido Revolucionario Institucional (PRI)-, una institución que monopolizó la vida electoral, pero que permitió la centralización del poder en el ámbito federal, más allá de lo dispuesto por la Constitución de 1917. Al manejo político-electoral se sumó la creación de diversas instituciones que contribuyeron a expandir y a diversificar la intervención gubernamental en la economía. No podemos dejar de mencionar la creación del Banco de México en 1925 y del Banco Nacional de Crédito Agrícola en 1926, así como la fundación, en ese mismo año, de las comisiones nacionales de Caminos y de Irrigación. Más tarde, en la década de 1930, nacieron otras instituciones como Nacional Financiera (1934), la Comisión Federal de Electricidad (1933, aunque empezó

a funcionar en 1937) y, por supuesto, Petróleos Mexicanos (1940); el Instituto Mexicano del Seguro Social nació en tiempos de la Segunda Guerra Mundial (1943). Como ocurría en muchos otros países, la crisis económica mundial de 1929 obligó al Estado mexicano a intensificar su intervención económica no sólo en términos de regulación, sino también mediante la inversión y el gasto público.

El manejo del agua no puede entenderse al margen del movimiento hacia la centralización política. Por el contrario, dicho movimiento tomó fuerza durante las décadas de 1930 y 1940 como resultado de la necesidad de perfilar un nuevo arreglo político de orden nacional que, a la vez que diera respuesta a las demandas populares, especialmente la agraria, sirviera de detonador del desarrollo económico, por ejemplo, a través de la expansión de la frontera agrícola de riego. Pero también el modelo nacional se nutrió de problemas coyunturales. El interés gubernamental por la generación de electricidad, que se ve reflejado en la creación de la Comisión Federal de Electricidad, obedece en buena medida a la creciente renuencia de las empresas privadas extranjeras a expandir la capacidad de generación y, por consiguiente, a atender la creciente demanda del servicio. La recuperación de la economía después de la crisis de 1929 y el auge provocado por la Segunda Guerra Mundial hizo evidente la grave escasez de electricidad. Éste es, por desgracia, un tema muy poco estudiado.

Construir presas para aumentar la capacidad de almacenamiento tenía dos propósitos principales: ampliar la superficie irrigada y generar electricidad. En el caso de la irrigación, hay que destacar que en 1910 el país contaba con alrededor de un millón de hectáreas de riego. A partir de 1926, con la creación de la CNI, la superficie aumentó de manera notable gracias a la inversión de fuertes sumas por parte del gobierno federal. El censo de 1950 registró 1,211,712 hectáreas de riego; el de 1970 consigna 3,583,027, y el de 1991 eleva la cifra a 6,616,756. Si tales cifras son confiables, entre 1950 y 1990 la superficie bajo riego aumentó casi cinco veces y media (Aboites, 2009a). Sobre la electricidad, a mediados del siglo XX existían cuatro sistemas hidroeléctricos de cierta consideración: Necaxa, Boquilla, Chapala y el sistema Miguel Alemán, en tanto que para la segunda mitad del siglo XX, el interés gubernamental en la materia se incrementó considerablemente gracias a la construcción de grandes presas: Temascal sobre el río Tonto, en Veracruz; Infiernillo sobre el Balsas, en Michoacán; Malpaso, Angostura, Chicoasén y Peñitas sobre el Grijalva, en Chiapas, y Cerro de Oro sobre el Papaloapan, en Oaxaca y Veracruz. La construcción de presas hizo aumentar la capacidad de almacenamiento de una manera más que destacada, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Capacidad de almacenamiento de las presas en México (1910-1993)

Año	Millones m^3
1910	10,000
1946	20,000
1975	119,000
1987	138,000
1993	142,000

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SARH (1988).

Los datos de la tabla anterior reflejan la intención del gobierno federal en el manejo del agua: explotarla y aprovecharla de manera creciente para favorecer el desarrollo económico del país. Primero para la irrigación, más tarde para la generación de energía eléctrica y más adelante para provisión de agua a las grandes ciudades. Hasta bien entrado el siglo XX, la ideología que subyacía a la acción federal era la de alcanzar el dominio pleno del agua en todos sus aspectos, "domeñar la naturaleza" para conseguir la grandeza de la patria, como rezaba el lema tanto de la CNI como de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). Leer los primeros informes de la SRH es espléndida vía para adentrarse en el pensamiento de esta época sobre el lugar del agua en el desarrollo nacional. Se hacía alarde del "manejo científico" del agua.

Cabe ahondar en el nacimiento de la SRH, a fines de 1946. La SRH absorbió funciones de la extinta Secretaría de Agricultura y Fomento (SAyF) en lo relativo a la regulación de los aprovechamientos hidráulicos de carácter federal. Al mismo tiempo, se hizo cargo de las labores de construcción que antes desempeñaba la CNI, que en ese momento se extinguía, y hacía suyas las funciones de agua potable y control de inundaciones que hasta antes de este momento eran responsabilidad del Departamento de Salubridad y de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, respectivamente. Con esta gama de funciones, la SRH adquiría una amplia y directa intervención en el manejo del agua, pero además contaba para su funcionamiento con una notable capacidad presupuestal que era inimaginable décadas atrás. Al respecto, sólo basta destacar que, en sus primeros años de funcionamiento, la SRH atraía cerca del 10% del presupuesto de egresos de la Federación (lo que contrasta espectacularmente con lo que ahora recibe la CONAGUA). Según los directivos de la institución, no había otro país en el mundo que invirtiera tanto en materia de agua como México.

La notable capacidad de gasto e inversión de la SRH tenía que ver con la ya referida centralización política del país, que también dejaba sus huellas en materia hacendaria. En este caso era más que evidente la fortaleza creciente de la hacienda federal y el estancamiento, si no es que el debilitamiento, de las haciendas locales y municipales. El auge económico conocido como "Milagro mexicano", ocurrido entre 1940 y 1970, apuntaló dicho proceso fiscal, lo que a su vez sirvió para impulsar la industrialización vía sustitución de importaciones. La apuesta industrializadora propició una mayor migración del campo a las ciudades. México no tardaría en hacerse un país mayoritariamente urbano. Y las inversiones federales seguirían esa misma tendencia, pues se aprecia, después de 1960, un descenso en la inversión en obras de riego y un crecimiento de la inversión en la construcción de presas hidroeléctricas y de obras de provisión de agua a las ciudades. Tal descenso es uno de los factores que comúnmente se esgrimen como causa de la crisis del campo mexicano, cuyo origen se ubica a mediados de la década de 1960. En contraste, la década de 1960 es la de mayor crecimiento industrial del siglo XX. De ese modo, el Estado apuntaló esa parte del país que crecía a un ritmo sorprendente, a saber, la industria y las ciudades. El proyecto del campo próspero, moderno en gran medida por la empeñosa irrigación financiada con dineros públicos, quedó como cosa del pasado, como prioridad de la primera mitad del siglo XX. El campo resintió con gran intensidad esa decisión gubernamental favorable a las ciudades.

Después de 1950, además del ya referido cambio en la orientación geográfica de la inversión federal en el ramo de aguas, debe mencionarse el crecimiento notable del consumo de agua en las industrias y en las ciudades. Aunque la agricultura continuó siendo –y por mucho- el principal destino del agua aprovechada, en estos años es notable el acelerado crecimiento del consumo industrial y urbano. Y en ese crecimiento es inevitable considerar el vuelco hacia las aguas subterráneas. La generalización de esta práctica a gran escala tuvo lugar a mediados del siglo XX, en parte debido al impulso gubernamental a la agricultura (visto el auge algodonero norteño) y en parte por la severa sequía que asoló el país entre 1949 y 1958. No es que antes de 1950 no hubiera pozos profundos, lo que no había antes de 1950 era la magnitud del impulso de la sociedad sobre el agua subterránea. Ejemplos de ese impulso es la apertura de áreas irrigadas del noroeste del país, como la Costa de Hermosillo. Al respecto, en la siguiente tabla se pueden apreciar las principales ramas industriales consumidoras del recurso hídrico proveniente del subsuelo.

Tabla 2. Principales ramas industriales consumidoras de agua subterránea (1976)

Rama consumidora	Porcentaje de agua utilizada (%)
Azucarera	35.2
Química	21.7
Papel y celulosa	8.2
Petróleo	7.2
Bebidas	3.3
Textil	2.7
Siderúrgica	2.6
Eléctrica	1.5
Alimentos	0.3
Otras	17.3

Fuente: Aboites, 2009[a], 30.

En suma, la historia de los usos del agua en México durante el siglo XX–como ocurrió en la mayor parte del planeta– contiene el gigantesco esfuerzo de la sociedad por acrecentar el control y aumentar el consumo del líquido. El crecimiento demográfico, la expansión de la frontera de riego, la generación de más y más electricidad, de los sistemas de provisión a las ciudades, la explotación de las industrias son otros tantos episodios de ese creciente uso del agua. Una manera de mostrar tal crecimiento es la siguiente: según la CONAGUA (2007), la disponibilidad de agua en el país hacia 1950 era de 17,742 metros cúbicos por habitante al año. En contraste, para el año 2006, esta cifra había descendido de manera alarmante al ubicarse en 4,689 metros cúbicos por habitante al año. Ese descenso permite comprender el alcance de la transformación de los usos del agua en México a lo largo de esas décadas. El gobierno federal, el impulsor del agua nacional, fue factor importante en este episodio.

Tabla 3. Variación de la disponibilidad natural media per cápita del agua[2] 1950-2006

Año	Disponibilidad (m^3/hab./año)
1950	17,742
1960	10,991
1970	7,940
1980	6,168
1990	5,298
2000	5,011
2006	4,689

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CONAGUA (2007).

El derrumbe de un sueño o el agotamiento federal

Como lo evidencian los datos de la tabla 3, el agua pasó de ser un recurso considerado casi inagotable a ser un recurso mucho menos abundante. Y lo que resulta aún más alarmante es que todo este cúmulo de circunstancias y actividades (represamiento, irrigación, explotación por parte de la industria, extracción explosiva para atender la demanda de las grandes urbes) dio origen a otro problema que acrecentó el de la escasez del agua: la contaminación. Tanto la agricultura como la industria y las cada vez más populosas ciudades se convirtieron en focos de contaminación del agua y la dejaron inservible en muchos casos. A la larga, el represamiento de los cuerpos de agua, el crecimiento de los asentamientos urbanos y el desarrollo de grandes centros industriales, sin una infraestructura con capacidad de saneamiento suficiente, propició que muchos de los ríos se convirtieran paulatinamente en canales conductores de aguas negras o residuales, lo que causó un drástico impacto en las partes bajas de las cuencas. De igual modo, la cifra de acuíferos sobreexplotados comenzó a crecer, hasta rebasar los 100 después del año 2000.

Es así como la contaminación, la sobreexplotación de los acuíferos y el (presunto) desperdicio de volúmenes considerables en la agricultura y en las ciudades mostraban la necesidad impostergable de introducir cambios drásticos en el manejo del agua del país. El enorme empuje que tuvo la estrategia de desarrollo basada en la explotación de este recurso hídrico, a mediados del siglo XX, pronto mostró rendimientos decrecientes. El agua de la nación decrecía del mismo modo.

[2] La disponibilidad natural media per cápita del agua resulta de dividir el valor nacional entre el número de habitantes.

Sin embargo, la década de 1970 se inició con señales de que el agua de la nación iba viento en popa. La expedición de la nueva ley federal de aguas de 1972 intentó impulsar la injerencia gubernamental para buscar una distribución más equitativa del agua, que ya para entonces mostraba un grave acaparamiento. Poco después, la SRH volteó a ver a un sector de agricultores que hasta entonces había quedado al margen de su quehacer institucional: las unidades de riego. Estas constituían el universo de pequeños productores organizados de distintas maneras a lo largo de canales y acequias y que por lo general se manejaban por su cuenta y riesgo. Beneficiarios de las inversiones de la SRH en pequeña irrigación, casi no recibían apoyos gubernamentales ni tampoco gran atención en cuanto a asistencia técnica o en el propio manejo del agua. Puede decirse que esas unidades constituían un espacio del agua local, que lejos de ser subsumido al agua de la nación, se había expandido a pasos agigantados en las décadas anteriores. Según las cuentas de un estudioso (Escobedo, 1997), ocupaban 2.5 millones de hectáreas en 1990. Eran tantas hectáreas como las de los distritos de riego. Como muestra bien el trabajo de Burguete Cal y Mayor (2000) sobre los Altos de Chiapas, a algunos de esos agricultores la nación simplemente les había pasado de noche. Una consideración fina de la extendida presencia de esta irrigación manejada por grupos e intereses locales durante el auge del agua de la nación puede llevar a mirar de otras maneras el manejo del agua nacional en el país entero en estos años. El agua de la nación distó de ser nacional si como tal se entiende uniformidad y vigencia plena de los ordenamientos del gobierno federal.

A pesar de esas señales positivas, puede decirse que en esta misma década de 1970 el agua nacional mostraba signos claros de debilidad. Afirmar lo anterior es importante, porque implica establecer ese debilitamiento no a causa del así llamado *neoliberalismo,* al que comúnmente se le otorga fecha de nacimiento con la crisis de 1982 y con el inicio del gobierno de Miguel de la Madrid. Varios acontecimientos ocurridos antes de ese año parecen mostrar que al menos, en el terreno del agua, tenemos que ser más cuidadosos con la cronología y con el bautizo de periodos y épocas. Tales acontecimientos son, por un lado, un conjunto de decisiones en materia de agua y alcantarillado que mostraron el agotamiento fiscal del gobierno federal, y por otro, la disolución de la SRH y su integración a la naciente SARH en 1976.

Por lo que se refiere al primer asunto, en 1975 se creó por primera vez un mecanismo financiero para obligar a los estados y municipios a hacerse cargo del financiamiento del servicio de agua y alcantarillado por medio de préstamos y ya no más por medio de inversión federal directa (Connally, 1989). Tal medida significaba un retorno al esquema de 1933 con la fundación de BANOBRAS. Del mismo modo, la medida significaba desandar el camino inaugurado por la SRH en 1947 en materia de agua y alcantarillado.

A comienzos de la década de 1980, el gobierno daba muestras de estar exhausto, el Estado de bienestar mexicano mostraba grandes rasgos de debilitamiento y de resquebrajamiento político, económico y social. Así puede entenderse el acuerdo presidencial de 1980 que ordenó a la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) la devolución de los sistemas de agua y alcantarillado a los gobiernos estatales. Comenzaba así el adelgazamiento estatal y la futura tendencia descentralizadora. No había escasez presupuestal en esos tiempos de auge petrolero, pero sí cambio de prioridades; parece paradójico que en ese mismo año (cuando también se inició el último gran intento gubernamental por impulsar el sector agroalimentario a través del Sistema Alimentario Mexicano) el gobierno federal decidiera deshacerse de su responsabilidad en materia de agua y alcantarillado. Las juntas de mejoras también desaparecieron. Dos anotaciones deben hacerse. Las grandes inversiones federales en obras de provisión de aguas efectuadas en estos años (Cerro Prieto, el acueducto Mexicali-Tijuana y el sistema Cutzamala) no alcanzan a desmentir la tendencia del retiro o del debilitamiento federal. Por otro lado, a lo largo de la década se inició la construcción de dos grandes presas con fines hidroeléctricos y de control de avenidas: Cerro de Oro sobre el río Papaloapan y Chicoasén sobre el Grijalva.

El otro asunto fue la desaparición de la SRH en 1976, la institución gubernamental que mejor expresaba al agua de la nación. Puede decirse que con esa desaparición los ingenieros hidráulicos (dijéramos que los herederos de Adolfo Orive Alba) perdieron una batalla burocrática de la que aún no se reponen; en lo sucesivo, quedaron subordinados a otros ingenieros, técnicos y políticos que no eran precisamente los mejores amigos de los ingenieros hidráulicos. Las responsabilidades de la extinta SRH se dispersaron entre diversas dependencias burocráticas: contaminación y abasto urbano pasaron a la naciente SAHOP; las de energía continuaron bajo la responsabilidad de la dependencia federal encargada del fomento industrial, y las de construcción y regulación del ramo de aguas quedaron en manos de la nueva Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

Pero más importante que este pleito de cúpulas y de ajustes en la administración pública federal es que desde entonces el Estado mexicano pareció desentenderse del agua al viejo modo nacional. Y esto es lo que debe interesarnos más, pues cimentó el paso al agua que en vista de sus propósitos podemos denominar mercantil-ambiental.

Transición fiscal y epílogo

La reforma constitucional de 1983, que bajo las estruendosas voces en pro del federalismo y la descentralización devolvió a los municipios los servicios de agua y alcantarillado, guardaba estrecha continuidad con el acuerdo presidencial de

1980 antes referido. Pero la ruptura no residía allí. Más bien, la ruptura fundada que permite hablar de cambio de modelos es algo que hasta ahora ha pasado un tanto desapercibido para los estudiosos. Nos referimos a las reformas fiscales en torno al agua de 1985. Mediante un conjunto de cambios en las leyes de derechos y de aguas, expedidos en el contexto de una muy severa crisis económica y fiscal (la llamada "década perdida"), el gobierno federal tomó una decisión de altos vuelos que ayuda a entender mejor la situación contemporánea: a diferencia del modelo nacional, el Estado mexicano decidió no sólo dejar de gastar en el ramo de aguas, sino que en adelante intentaría cobrar más, mucho más, por ella. Hay en tal medida un cambio fundamental en la relación entre el Estado y la sociedad en cuanto a los usos del agua que marca, sin duda, el final de una época. El lector interesado puede ahondar sobre esta temática revisando el libro *Agua y sociedad*, editado por la SARH en 1988. Quizá de manera involuntaria la SARH elaboró un libro que ahora resulta muy esclarecedor. Las escasas y muy agregadas cifras que presentan las *Estadísticas del agua en México* sobre la escuálida inversión pública y privada, y la primero creciente y luego estancada recaudación por usos del agua, todo ello a partir de 1990, también dan cuenta de ese cambio histórico.

Las innovaciones institucionales y organizativas en materia de aguas que arrancaron con la creación de la CONAGUA en 1989 (transferencia de los distritos de riego, nueva ley de aguas nacionales de 1992, el impulso a los mercados de agua y a la inversión privada y el auge de lo que podría denominarse la segunda generación de empresas privadas de agua y alcantarillado) guardan estrecha continuidad con los cambios introducidos desde 1975, es decir, con el objetivo de, por un lado, descargar al gobierno de la nación de responsabilidades y de gastos y, por otro, acrecentar la cobranza por el uso del agua. Es indudable que el contexto económico general debe atenderse, pero también lo es que el manejo del agua en México encierra peculiaridades que bien vale la pena explorar para armarnos de interpretaciones y explicaciones cada vez más finas y convincentes.

El próximo capítulo explica la naturaleza, logros y dificultades que ha exhibido el nuevo modo de manejar las aguas del país.

Referencias

Aboites Aguilar, Luis, 1998 *El agua de la nación. Una historia política de México, 1888-1946*, México, CIESAS.

——, 2009a *La decadencia del agua de la nación. Estudio sobre desigualdad social y cambio político en México. Segunda mitad del siglo XX*, México, El Colegio de México.

——, 2009b "La ilusión del poder nacional. Provisión de agua y alcantarillado en México, 1930-1990", en Carlos Lira Vásquez y Ariel Rodríguez Kuri, (coord.), *Ciudades mexicanas del siglo XX. Siete estudios históricos*, México, El Colegio de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2009, 181-216.

Aboites Aguilar, Luis y Valeria Estrada (comp.), 2004 *Del agua municipal al agua nacional. Materiales para una historia de los municipios en México 1902-1945*, México, Archivo Histórico del Agua.

Birrichaga Gardida, Diana, 1998 "Las empresas de agua potable en México, 1887-1930", en Blanca Estela Suárez Cortez (coord.), *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940)*, México, CIESAS, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 91-149.

——, 2009 "Legislación en torno al agua, siglo XIX y XX", en *Semblanza histórica del agua en México*, México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 43-59.

Bribiesca, José Luis, 1959 *El agua potable en México*, México, Talleres Gráficos de la Nación.

Burguete Cal y Mayor, Araceli, 2000 *Agua que nace y muere. Sistemas normativos indígenas y disputas por el agua en Chamula y Zinacantán*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Camacho Pichardo, Gloria, 1998 "Repartimientos y conflictos por el agua en los valles de Atlixco e Izúcar (1550-1650)", México, CIESAS (tesis de maestría).

Castañeda González, Rocío, 1995 *Irrigación y reforma agraria. Las comunidades de riego del Valle de Santa Rosalía, Chihuahua*, México, Comisión Nacional del Agua.

——, 2006 *Las aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fábricas y pueblos, 1880-1920*, México, El Colegio de México, Archivo Histórico del Agua.

Connally, Priscilla, 1989 "Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Vivienda, 1984: ¿Desconcentración planificada o descentralización de carencias?", en Gustavo Garza (comp.), *Una década de planeación urbano-regional en México, 1978-1988*, México, El Colegio de México, 103-120.

Comisión Nacional del Agua, 2007 *Estadísticas del agua en México 2007*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Escobedo, Francisco, 1997 "El pequeño riego en México", en Palerm y Martínez (eds.), *Antología del pequeño riego*, 241-267.

Greenberg, Martin Harry, 1970 *Bureaucracy and Development: A Mexican Case Study*, Lexington, Heath Lexington Books.

Kroeber, Clifton, 1971 "La cuestión del Nazas", *Historia Mexicana*, XX: 3, 428-456.

——, 1997 *El hombre, la tierra y el agua. Las políticas en torno a la irrigación en la agricultura de México, 1885-1911*, México, CIESAS, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Lanz Cárdenas, José, 1982 *Legislación hidráulica en México*, Villahermosa, Gobierno del estado de Tabasco, vol. II.

Meyer, Michel C., 1997 *El agua en el Suroeste hispánico. Una historia social y legal, 1550-1850*, México, CIESAS, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Moreno Vázquez, José Luis, 2006 *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la costa de Hermosillo, 1945-2005*, Hermosillo, El Colegio de Sonora.

Ortiz Rendón, G. A. , 2008 "Evolución y perspectivas del marco jurídico del agua en México: nuevos retos y oportunidades para la gestión integrada del recurso hídrico", en Rabasa, Emilio O. y Carol B. Arriaga García (coord.), *Agua: aspectos constitucionales,* México, Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Autónoma de México, 17-52. http://www.bibliojuridica.org/libros/6/2598/6.pdf

Palerm Viqueira, Jacinta y Tomás Martínez Saldaña (eds.), 1997 *Antología sobre pequeño riego*, Texcoco, Colegio de Posgraduados.

Plana, Manuel, 1991 *El reino del algodón. La estructura agraria de La Laguna*, Torreón, Ayuntamiento de Torreón, Patronato del Teatro Isauro Martínez, Programa Cultural de las Fronteras.

Torregrosa, María Luisa, 2006 "Gestión integrada de consejos de cuenca en México: un proceso en construcción", en Ibáñez Martí, C. y Prat Fornells, N. (coord.), *Ciencia, técnica y ciudadanía, claves para una gestión sostenible del agua*. Madrid, Fundación Nueva Cultura del Agua, 82-91.

Torregrosa, M. L., F. Saavedra, E. Padilla, A. Quiñones, K. Kloster, G. Cosío y C. Lenin , 2003 *Aguascalientes-México Case Study (Report 8) Quinto marco programa 1998-2002 de la Comisión Europea, INCO2- Investigación para el desarrollo,* Oxford, University of Oxford.

Valladares, Laura, 2004 *Cuando el agua se esfumó. Cambios y continuidades en los usos del agua en Morelos (1880-1940)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Cuautitlán.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1988 *Agua y sociedad. Una historia de las obras hidráulicas en México*, México.

Vera, J. ,2005 *Stakeholder Participation in Mexican Water Policy,* Wageningen, Agricultural University, Environmental Sociology Series (núm. 34).

——, 2005ª "Participación, consejos de cuenca y política hidráulica mexicana: el caso de la costa de Chiapas", en Vargas, S. y E. Mollard (eds.), *Problemas socio-ambientales y experiencias organizativas en las cuencas de México,* Jiutepec, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IRD, 276-297.

Vera Estañol, Jorge, 1910 *Alegatos que presenta el señor licenciado Jorge Vera Estañol en el juicio ordinario de la Compañía Agrícola, Industrial, Colonizadora, Limitada del Tlahualilo* versus *el gobierno federal*, México, Secretaría de Fomento.

3. Los retos del agua

Felipe I. Arreguín Cortés*
Víctor Alcocer Yamanaka**
Humberto Marengo Mogollón***
Claudia Cervantes Jaimes****
Pedro Albornoz Góngora****
María Guadalupe Salinas Juárez****

Resumen

Se presenta la situación actual del agua en México, y con base en ello, se plantean cinco grandes retos que debe afrontar el sector hidráulico: escasez, contaminación del recurso, impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, una administración que requiere ser fortalecida con la participación de todos los usuarios, el desorden en el ordenamiento ecológico y la necesidad de revisar y fortalecer el sistema de ciencia y tecnología en el país. En todos los casos se hacen propuestas de solución, entre las que destacan las siguientes:

Con relación a la escasez, plantear soluciones a nivel de cuenca mediante programas de gestión integrada del agua; fortalecer a todas las organizaciones que participan en la toma de decisiones, y simplificar los instrumentos económicos, sociales y políticos que las soporten.

En materia de agua subterránea, fomentar la recarga de los acuíferos mediante la *recarga virtual*, la reinyección física y la aplicación de la Ley para evitar pozos clandestinos, y buscar nuevas fuentes para sustituir el agua que se extrae de un acuífero de zonas donde no se causen impactos ambientales de consideración. Asimismo, mejorar la eficiencia de los Distritos de Riego, Unidades de Riego y Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento.

* Subdirector Técnico de la Comisión Nacional del Agua, Profesor DEPFI-UNAM
** Investigador, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Profesor DEPFI-UNAM
*** Coordinador de Proyectos Hidroeléctricos, Comisión Federal de Electricidad, Profesor DEPFI-UNAM
**** Estudiante, Posgrado de Ingeniería, UNAM

Algunas propuestas para solucionar los problemas de contaminación son aumentar la eficiencia de los organismos operadores; fortalecer su autosuficiencia financiera; el tratamiento de sus aguas residuales y su reuso en forma sustentable técnica y económicamente; orientar el crecimiento de las ciudades hacia zonas con disponibilidad de agua, y lograr que el tratamiento de las aguas residuales esté en la agenda de las instancias federal, estatal y municipal.

A nivel de cuenca, es necesario realizar evaluaciones de la contaminación difusa aportada por ciudades y zonas agrícolas. Y en materia de contaminación puntual, se debe tratar y reusar al menos 60 % de las aguas residuales recolectadas, así como mejorar la eficiencia de las plantas construidas.

Para mejorar la administración del agua, se debe hacer una nueva Ley de Aguas Nacionales e incrementar los recursos presupuestales y financieros para el sector agua; fortalecer la capacidad institucional de la Comisión Nacional del Agua; impulsar el proceso de descentralización; reforzar a las asociaciones de usuarios del agua, e incrementar la participación del sector en el concierto internacional.

Es necesario el ordenamiento ecológico de las cuencas y el alineamiento de competencias de las instancias federales, estatales y municipales responsables de ello en el país, pues son muchas dependencias las que están involucradas en la solución de un problema tan complejo.

Urge iniciar tareas de reforestación en las partes altas de las cuencas; establecer zonas de riesgo (atlas de riesgo) de áreas inundables, zonas federales, cauces nacionales, humedales y barrancas, y desarrollar una arquitectura de regiones inundables.

Con relación al cambio climático, es necesario que el país invierta más en investigación y desarrollo; que se establezcan mecanismos reales de compromiso por parte de los involucrados con este fenómeno, y que se utilicen datos y modelos mexicanos en los procesos de planteamiento de escenarios.

Se propone impulsar la propuesta de llegar a la meta de inversión en investigación científica equivalente a 1% del PIB; promover el posgrado en todo el país; incrementar los recursos asignados al Conacyt; impulsar la descentralización de actividades científicas y tecnológicas, y promover los proyectos multiinstitucionales.

Finalmente, se hace una propuesta para incrementar la oferta de agua mediante el reuso, el agua virtual, la desalación y el aprovechamiento de la humedad del suelo.

Palabras clave:

México, escasez, contaminación, ordenamiento ecológico, cambio climático, desalación, agua virtual, recarga de acuíferos.

El agua en México

Con una extensión territorial de 1964 millones de km^2, México tiene una población de 106.7 millones de habitantes (Villagómez y Bistrain, 2008), lo cual lo ubica en el décimo primer lugar del mundo en materia de población, con una tasa de crecimiento de 1.4%. De esta población, 75% habita en localidades urbanas y la proyección al año 2030 no señala una tendencia de cambio significativo. Por otro lado, existen en el país 196,328 localidades con menos de 2,500 habitantes (Arreguín, 2005).

La precipitación media en el territorio nacional es de 775 mm, equivalentes a 1,513 km^3 (Figura 1) (Comisión Nacional del Agua, 2008). De esta cantidad, 1,084 km^3 se evapotranspiran y el escurrimiento superficial medio es de 400 km^3, de los cuales se aprovechan 47 km^3. Es importante señalar que México recibe de Estados Unidos y Guatemala 50 km^3, y exporta hacia Estados Unidos 0.44 km^3 de acuerdo con el Tratado de Aguas de 1944. Por otro lado, los acuíferos reciben una recarga de 78 km^3 y se les extraen 28 km^3.

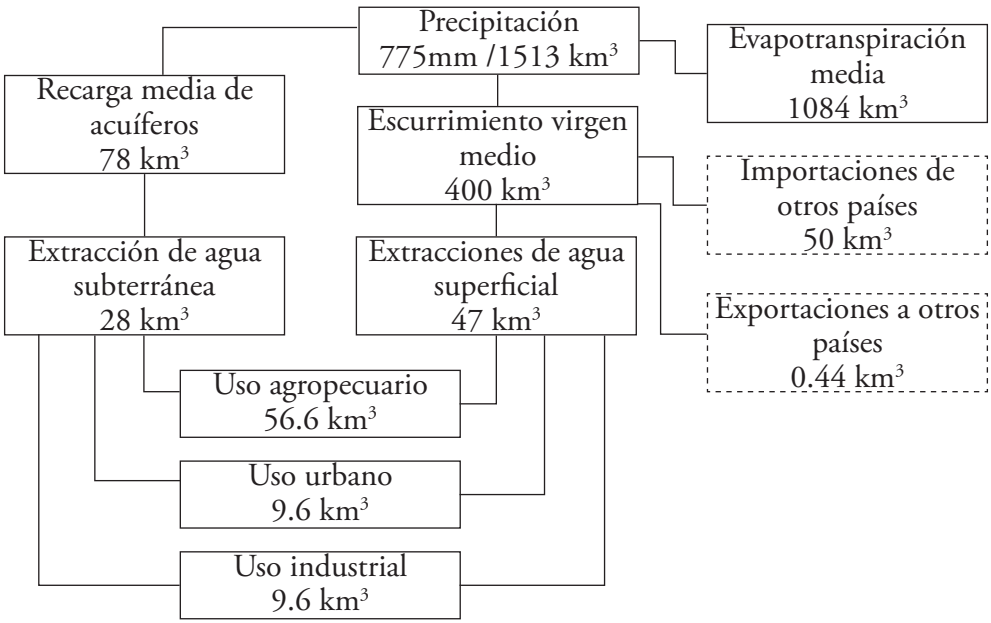


Figura 1. Balance hídrico nacional.

El 77 % del agua se utiliza en la agricultura, 14 % para abastecimiento público, 5 % para generación de energía por medio de plantas termoeléctricas y 4 % para la industria (Figura 2). Sin embargo, existen tres características que limitan este aprovechamiento:

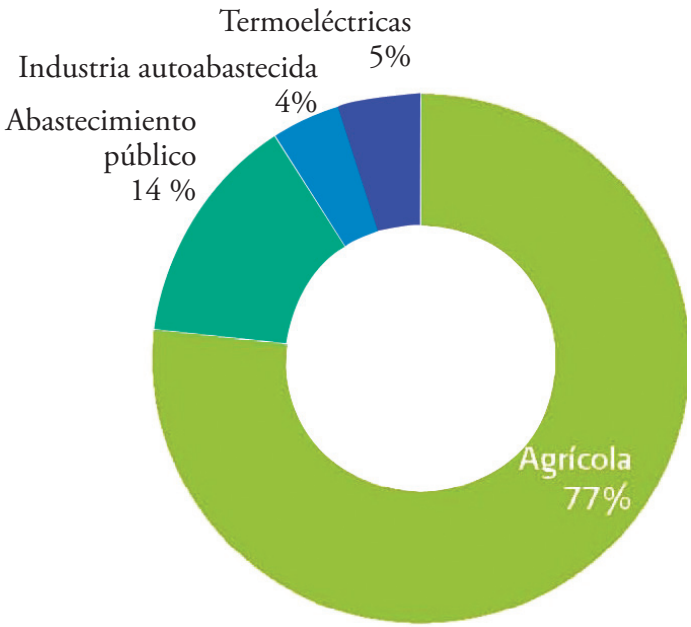


Figura 2. Usos del agua.

1. La distribución temporal, pues la lluvia ocurre en su mayor parte en el verano (de junio a septiembre), mientras que el resto del año es relativamente seco (Figura 3).
2. La distribución espacial de la precipitación (Figura 4), pues en estados como Tabasco llueven 2,095 mm al año, y en Baja California Sur sólo se precipitan 160 mm anualmente, es decir, Tabasco tiene una precipitación 13 veces mayor.
3. La distribución de la población sobre el territorio nacional (Figura 5), pues mientras en las zonas Norte, Centro y Noroeste del país se tiene una disponibilidad natural de agua de 31%, en ellas se ubica 77% de la población, y se genera 87% del Producto Interno Bruto (Arreguín *et al.*, 2004).

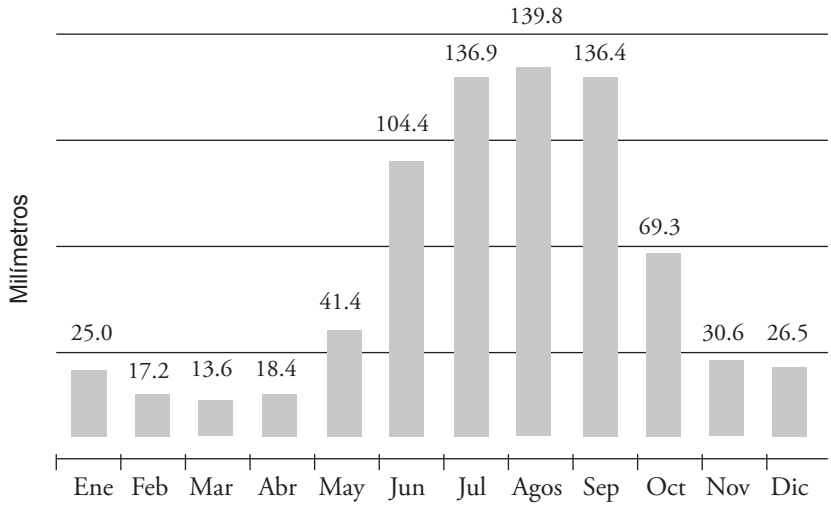


Figura 3. Distribución temporal del agua.

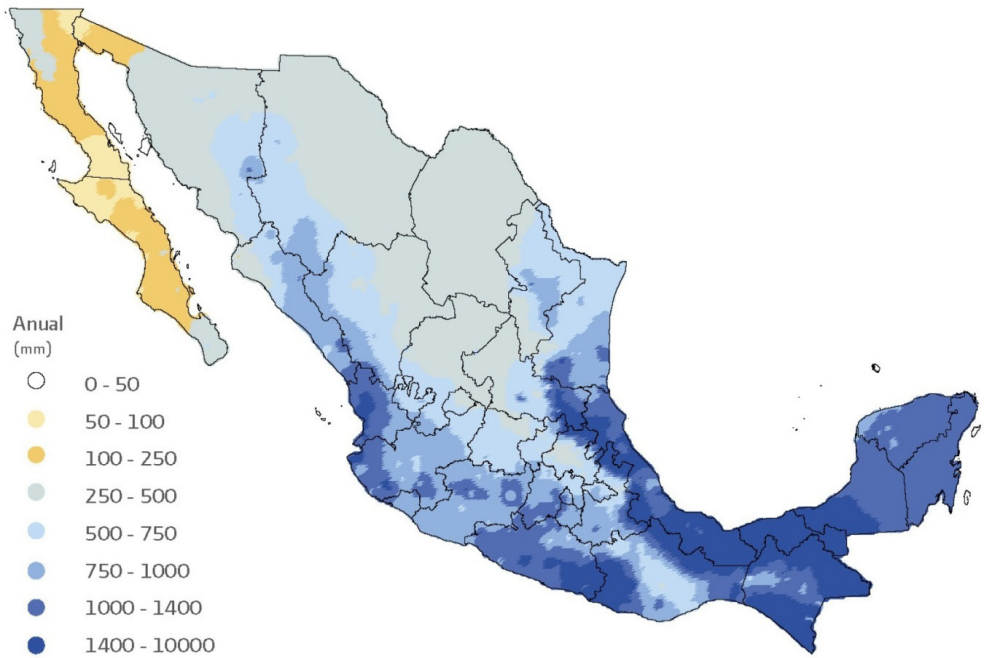


Figura 4. Distribución espacial del agua.

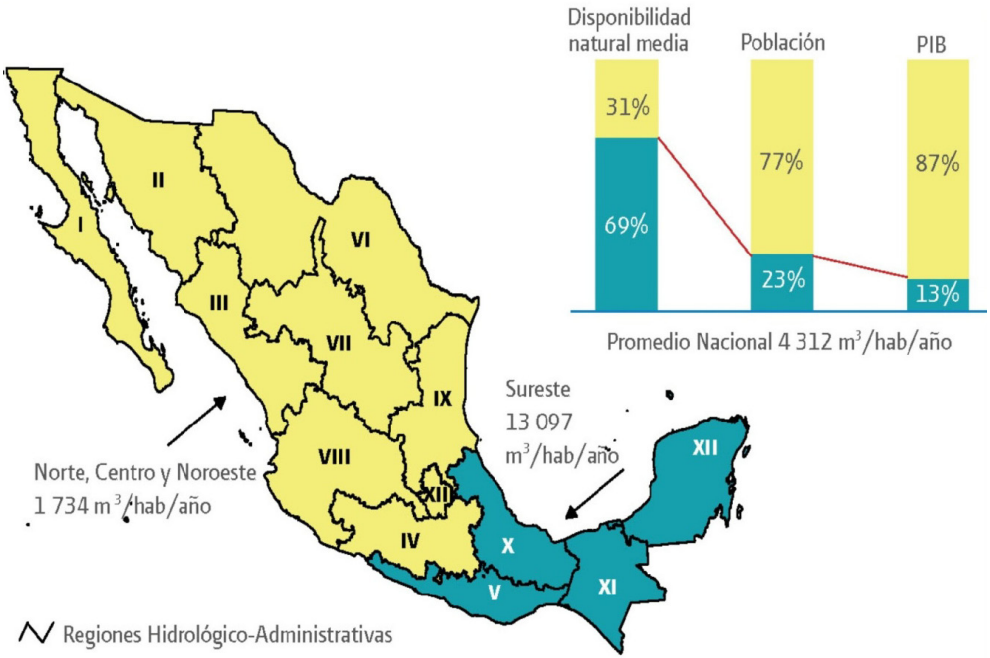


Figura 5. Desarrollo regional frente a disponibilidad de agua.

Fenómenos meteorológicos extremos

Por su impacto en la disponibilidad del agua, cabe señalar que los ciclones tropicales generan la mayor parte de la humedad que se transporta del mar hacia la zona continental, aunque por otro lado generan grandes problemas de inundaciones. De 1970 a 2008 impactaron las costas de México 170 ciclones tropicales que, a pesar de haber causado importantes daños dada la vulnerabilidad de muchas poblaciones mexicanas, han dejado grandes cantidades de agua que llenan presas y lagos naturales y aportan humedad a gran parte del territorio nacional.

Por otra parte, las sequías azotan muchas regiones del país causando grandes pérdidas económicas, sobre todo en las regiones agrícolas y ganaderas.

Los retos del agua

Como muchos países del mundo, México enfrenta problemas que obligan a hacer una administración mejor para poder satisfacer las demandas de sus habitantes, entre ellos destacan la escasez, la contaminación del recurso, la necesidad de mejorar la administración del agua, la falta de ordenamiento ecológico, el

impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico y la poca inversión en investigación y desarrollo tecnológico en el país.

Escasez del agua

Dos terceras partes del territorio son desérticas o semidesérticas, y como se señaló anteriormente, la ubicación de la población no corresponde con las zonas de mayor disponibilidad natural de agua. La Comisión Nacional del Agua ha publicado en el Diario Oficial de la Federación (58 publicaciones de 2003 a 2009) la disponibilidad de las 722 cuencas que integran su territorio (Figura 6), donde puede notarse que son las cuencas Sonora Norte, Sonora Sur, Cuencas Cerradas del Norte, Río Bravo, Lerma Chapala y Río Balsas las que no cuentan con disponibilidad de agua, y la mayoría de ellas están incluso en déficit.

Figura 6. Disponibilidad superficial de agua.

Con relación al agua subterránea, en el Diario Oficial de la Federación (2003, 2007 y 2008), la Comisión Nacional del Agua ha publicado la disponibilidad de agua de 202 acuíferos. La situación también es crítica: en la Figura 7 se presentan

los 101 acuíferos sobreexplotados (de un total de 653), en el entendido de que la sobreexplotación es una extracción mayor a la recarga. Además, debe anotarse que existen 69 acuíferos en los que la extracción es igual o mayor a 80% de la recarga, lo cual los ubicaría en el corto plazo también en situación de sobreexplotación si no se toman medidas de control. Sólo para poner en dimensión este problema, se estima que unos 40 millones de habitantes se ubican sobre los acuíferos sobreexplotados, distribuidos como sigue: 35.3 millones asentados en localidades urbanas y 4.7 millones en localidades rurales. El abatimiento de los niveles del agua subterránea trae como consecuencia la desaparición de manantiales, vegetación nativa, humedales, lagos, gasto base de ríos y ecosistemas locales; la disminución del gasto y rendimiento de los pozos, así como el incremento del costo de extracción, el deterioro de la calidad e intrusión del agua de mar en acuíferos costeros, y el asentamiento y agrietamiento del terreno.

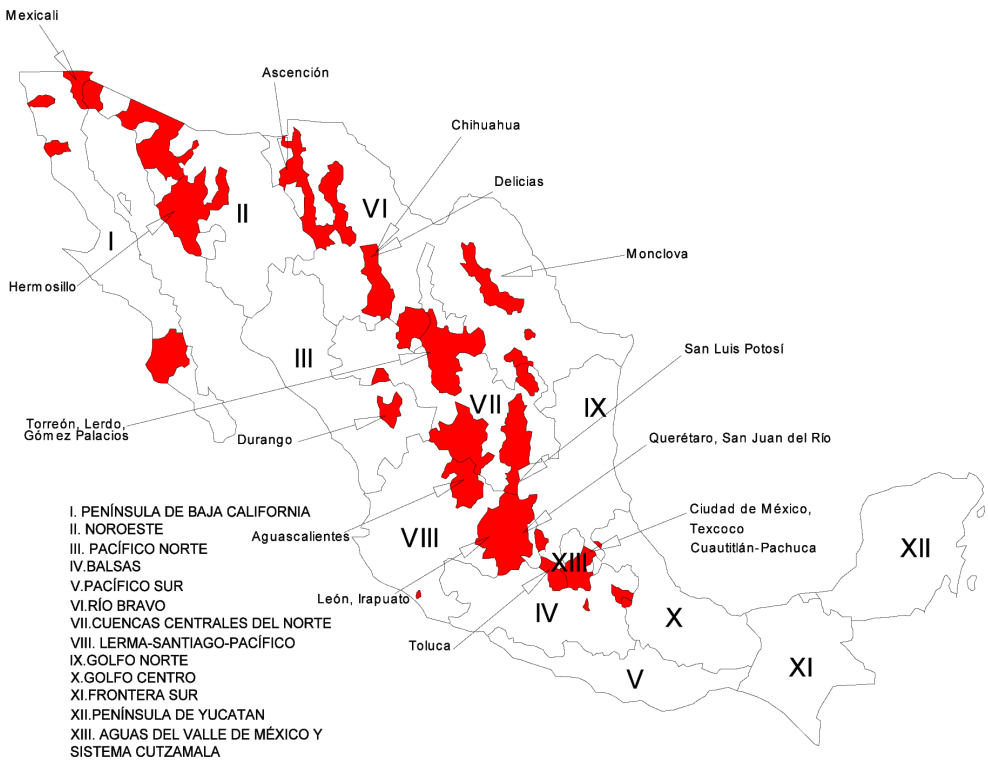


Figura 7. Acuíferos sobreexplotados.

Algunas propuestas de solución

Las soluciones a los problemas de escasez deben plantearse a nivel de cuenca, para lo cual es necesario que se fortalezcan las diversas organizaciones relacionadas con el agua, entre las que destacan los Consejos de Cuenca, los Comités de Cuenca, los Comités de Aguas Subterráneas, los Organismos de Cuenca y los tres niveles de gobierno.

Así, es necesario propiciar acciones para lograr el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados y evitar que lleguen a esa situación los que se encuentran en ese proceso, mediante programas de gestión integrada del recurso. Para ello se requiere plantear los instrumentos económicos, sociales y políticos que los soporten.

En materia de agua subterránea, es necesario fomentar la recarga de los acuíferos. He aquí dos normas oficiales de publicación reciente: la Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos. -Características y especificaciones de las obras y del agua, cuyo objetivo es establecer los requisitos que deben cumplir la calidad del agua, la operación y el monitoreo utilizados en los sistemas de recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada, y la Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos. -Características y especificaciones de las obras y del agua, con el objeto de aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial (protección al acuífero).

Por otro lado, se debe fomentar la *recarga virtual* (más adelante se aborda el tema del agua virtual, que tiene una relación estrecha con lo que aquí se expone). La recarga virtual es un concepto nuevo, que parte del principio de que "la mejor agua infiltrada a un acuífero es la que no se saca". Recientemente se ha iniciado un programa en este sentido en el Valle de México, donde por primera vez, de manera intencional, se van a sacar de operación pozos con objeto de lograr la estabilización paulatina del acuífero. Este tipo de acción requiere, en complemento, la reinyección física, la aplicación estricta de la Ley para evitar pozos clandestinos, y buscar nuevas fuentes para sustituir el agua que se extrae de un acuífero de fuentes donde no se causen impactos ambientales de consideración.

La escasez de agua en la mayor parte del país está asociada a las bajas eficiencias en su uso agrícola y público urbano. La mayor posibilidad de recuperación de agua se encuentra en el campo (donde se utiliza 77% del recurso). La superficie dedicada a la agricultura es de alrededor de 21 millones de hectáreas; de ellas, 3.5 millones de hectáreas corresponden a Distritos de Riego, 3.0 millones de hectáreas a Unidades de Riego y 14.5 millones de hectáreas a temporal. Sin

embargo, la eficiencia con que operan es muy baja, pues en los Distritos de Riego es de 37% y en las unidades de riego de 57%.

Es necesario modernizar y tecnificar zonas agrícolas; incentivar el reuso del agua; promover la reconversión de cultivos de acuerdo con la disponibilidad del recurso; ajustar las concesiones de riego a la disponibilidad de agua en la región; dar el mantenimiento adecuado a la infraestructura de riego, desde las presas hasta los puntos de entrega a los usuarios, y fortalecer a las organizaciones de usuarios.

En el caso de las ciudades, los niveles de pérdidas físicas varían de 30 a 50%, y las posibilidades de recuperación de importantes volúmenes de agua están asociadas a acciones como a) aumentar la eficiencia de los organismos operadores mediante acciones de control de fugas, medición, tarifas, empleo de utensilios ahorradores y la educación y comunicación; b) fortalecer la autosuficiencia financiera de los prestadores del servicio de agua potable, el tratamiento de sus aguas residuales y su reuso, y c) orientar el crecimiento de las ciudades hacia zonas con disponibilidad de agua.

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, el objetivo último para aprovechar de manera adecuada los recursos hídricos de una cuenca o de acuíferos relacionados es reglamentar los usos del agua en ellos.

La contaminación del agua

Las principales fuentes de contaminación del agua en México tienen su origen en la basura que se arroja a los sistemas de alcantarillado y a ríos y lagos; a las descargas de los centros urbanos y las industrias, y a las áreas agrícolas, principales responsables de la contaminación difusa en el país. Se estima que en la actualidad se generan en México 431.7 m^3/s de aguas residuales municipales y no municipales. Al primer grupo corresponden 243 m^3/s, y de ellos se colectan 207 m^3/s (85%); de esta cantidad se tratan 83.8 m^3/s (40.5%), y 123.2 m^3/s no reciben tratamiento.

Las aguas residuales no municipales ascienden a 188.7 m^3/s; de ellas se tratan 29.9 m^3/s (15.85%) y, del restante 84.2%, 63.52 m^3/s se emplean en el riego.

El impacto de estas descargas se refleja en los cuerpos receptores. La demanda bioquímica del oxígeno es un indicador de contaminación de origen municipal y doméstico (Figura 8), y las regiones más contaminadas de acuerdo con este indicador son Valle de México, Golfo Norte, Lerma-Santiago-Pacífico y algunos sitios de Golfo Centro.

Con relación a la demanda química, que es un indicador que normalmente se asocia a la contaminación por descargas industriales (Figura 9), muestra que

las regiones del Valle de México, Lerma-Santiago-Pacífico, Balsas y Golfo Centro son los que mayores niveles de contaminación presentan.

El otro parámetro utilizado para medir la calidad del agua es el de sólidos suspendidos totales (Figura 10). Su medición indica problemas en las zonas costeras desde Colima a Guerrero, sur de Veracruz y Tabasco, y regiones de los ríos Santiago, Lerma, Bravo y Soto La Marina.

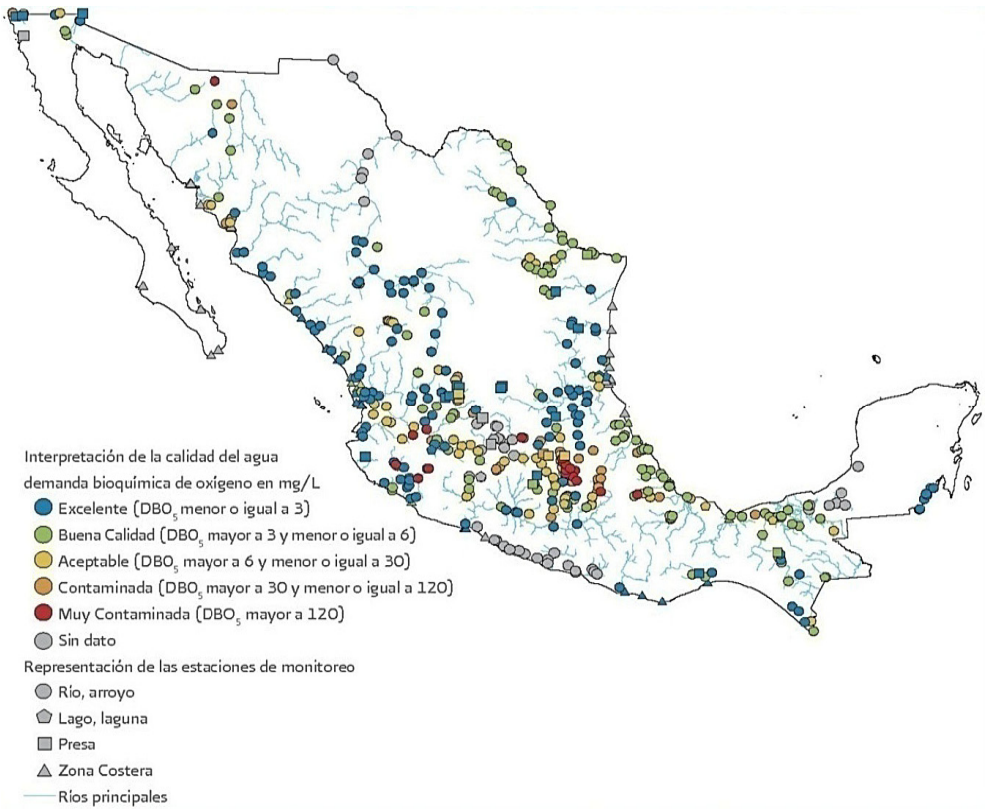


Figura 8. Calidad del agua: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

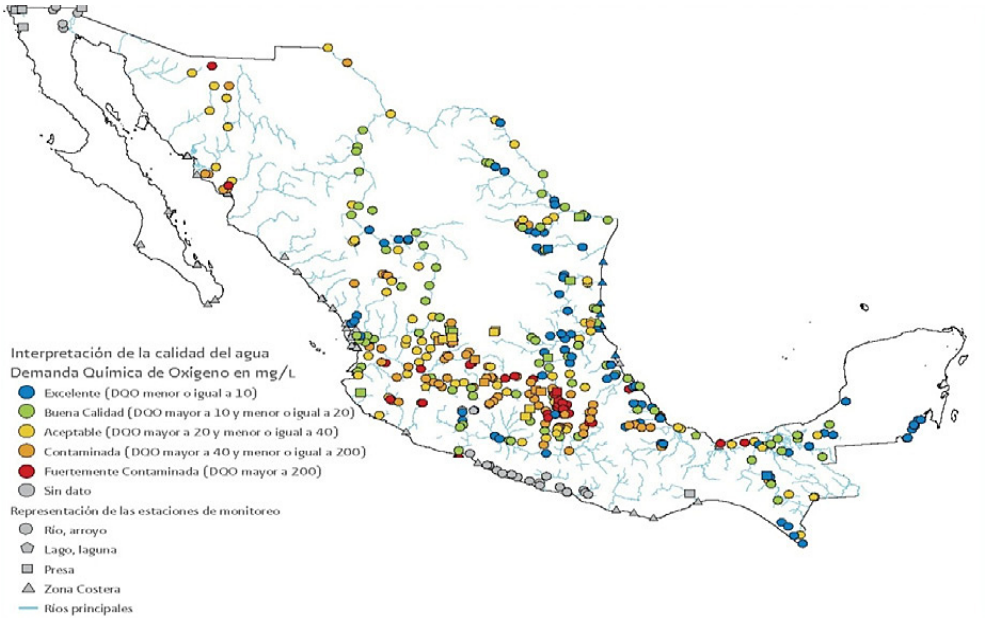


Figura 9. Calidad del agua: Demanda Química de Oxígeno.

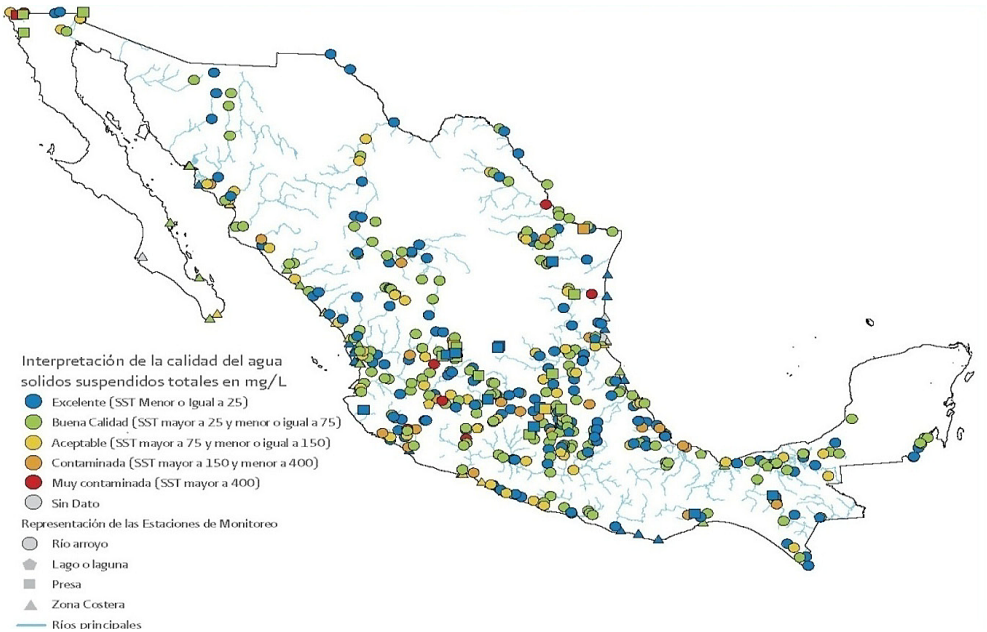


Figura 10. Calidad del agua: Sólidos Suspendidos Totales.

Algunas propuestas de solución

Las soluciones a los problemas de contaminación al igual que los de escasez deben plantearse a nivel de cuenca, y son válidas las propuestas planteadas en el inciso anterior. Es necesario también tomar en cuenta las propuestas hechas para los organismos operadores de agua potable y saneamiento; incrementar el tratamiento de las aguas residuales y su reuso en forma sustentable técnica y económica, y lograr que el tratamiento de las aguas residuales esté en la agenda de las instancias federal, estatal y municipal.

Se requiere realizar evaluaciones de la contaminación difusa aportada por ciudades y zonas agrícolas. En México se han hecho estudios en algunas cuencas, como la del río Apatlaco, en Morelos, y la Lerma-Chapala-Pacífico (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2000, 2001, 2003 y 2004), pero no han pasado de ser propuestas que no han conducido a acciones de control. Vale la pena anotar que en una subcuenca de la cuenca del rio Lerma se hizo un estudio que demostró que la contaminación difusa era mucho mayor que la puntual, resultados que coinciden con los obtenidos en Estados Unidos y algunos países de Europa.

En materia de contaminación puntual, el Gobierno Federal se ha planteado el tratamiento de 60% de las aguas residuales recolectadas. Sin embargo, sigue persistiendo el problema de la operación y la eficiencia de las plantas. En el inventario de plantas de tratamiento (Comisión Nacional del Agua, 2009), se reporta que en 2008 había 2,174 plantas, y que de ellas operaban 2,082, con un gasto de tratamiento de 33,778 m^3/s, que es 59.5% de la capacidad instalada, por lo tanto, éste es un tema que debe ser revisado.

La necesidad de administrar mejor el agua

Desde 1992, se ha señalado en la Ley de Aguas Nacionales que su objeto es regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable. Sin embargo, con la reforma hecha en 2004 se generaron muchos problemas que limitan la administración del agua. Algunos de los conceptos que no fueron plenamente instrumentados están relacionados con la variable ambiental, la publicación de la disponibilidad del agua, las vedas, reservas y reglamentos, la clasificación de los cuerpos de agua, el mercado de agua, y los consejos de cuenca y grupos auxiliares. Otro problema para administrar el agua es la cantidad de instancias que participan en el sistema de gestión del agua (Figura 11), el cual se debe simplificar para hacer una ley ágil y moderna.

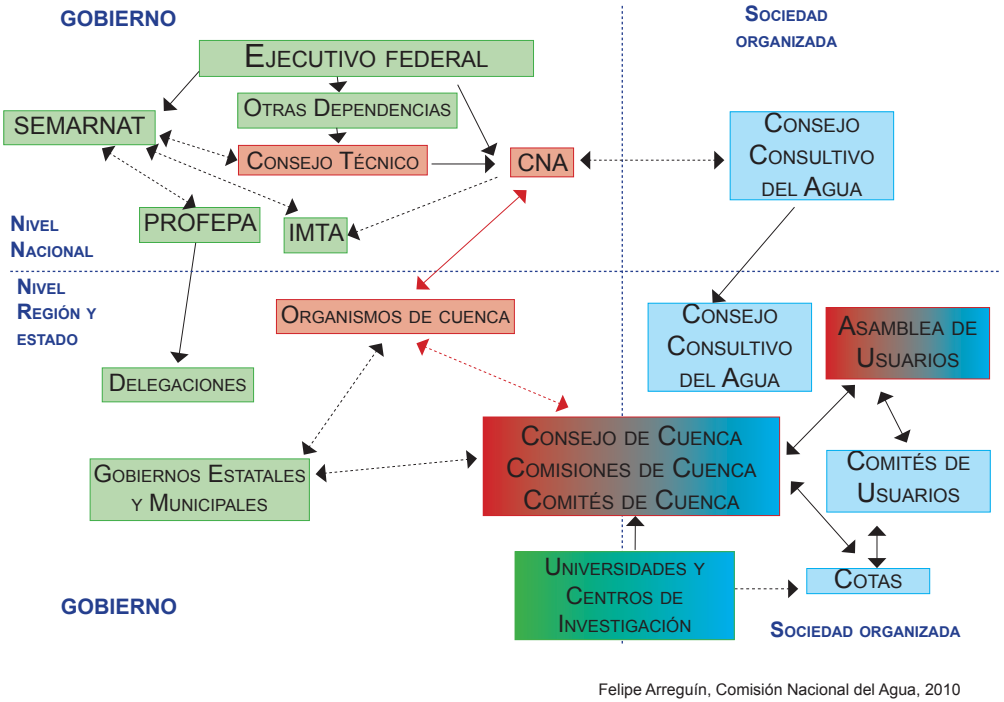


Figura 11. Sistema de gestión del agua.

Los problemas de administración del agua son muchos: existe sobreconcesión en las cuencas y los acuíferos; no se clausuran tomas ilegales; la invasión de cauces, vasos y zonas federales persiste, y varios más que por la extensión del tema no se tratan aquí.

Algunas propuestas de solución

Se debe elaborar una nueva Ley de Aguas Nacionales sobre los siguientes principios:

El agua es un bien vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental.

El agua es un elemento estratégico para el desarrollo por lo que su conservación, preservación, protección y restauración en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional.

Su gestión debe ser de la siguiente manera:

1. Por cuenca, con prioridad a la acción y a las decisiones de los actores locales, cuya solidaridad debe fomentarse.

2. Desconcentrada y descentralizada, con la participación de los tres órdenes de gobierno, usuarios, particulares y autoridades.

3. Integrada, con atención a su uso múltiple y sustentable, así como a su interrelación con otros recursos.

4. Que considere el cambio climático y sus efectos en los eventos extremos.

Además, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

La medición del ciclo hidrológico es el soporte de la programación hídrica y de las tareas de la Autoridad del Agua y demás actores del agua.

La programación hídrica es la base de la instrumentación de la política hídrica. Si no hay programas, no hay financiamiento.

Las concesiones deben otorgarse conforme a la disponibilidad y se deben instrumentar mecanismos para mantener o restablecer el equilibrio hidrológico.

La eficiencia, el reuso y la recirculación deben incentivarse económica y fiscalmente.

Para lograr mejorar la administración del agua será necesario también incrementar los recursos presupuestales y financieros para el sector agua; fortalecer la capacidad institucional de la Comisión Nacional del Agua; impulsar el proceso de descentralización, e incrementar la participación del sector agua en el concierto internacional.

Ordenamiento ecológico

Las recientes inundaciones en muchas regiones del país, la imposibilidad de ofrecer servicios de agua potable y saneamiento debido a la dispersión de la población, la violación de la Ley debido a las invasiones de cauces y zonas de inundación, la deforestación desmedida del territorio nacional y otras acciones de este tipo son, sin duda, el principal obstáculo para la administración del agua. El crecimiento urbano y la competencia por el uso del suelo han provocado que áreas inundables (y aquellas que no lo eran), así como cauces de ríos y vasos de cuerpos de agua naturales y artificiales, se hayan invadido. Todas estas situaciones han llevado a condiciones de vulnerabilidad a muchas poblaciones de México.

Algunas propuestas de solución

Es necesario, en principio, un ordenamiento de las instancias federales, estatales y municipales responsables del ordenamiento ecológico en el país, pues son muchas dependencias las involucradas en la solución de un problema tan complejo. En paralelo, es necesario delimitar los ámbitos de competencia del ordenamiento ecológico, territorial, estatal y municipal.

Es urgente iniciar tareas de reforestación en las partes altas de las cuencas, así como establecer claramente zonas de riesgo (atlas de riesgo) de zonas inundables, zonas federales, cauces nacionales, humedales y barrancas. También es necesario desarrollar una arquitectura de las zonas inundables.

Impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico

Aun cuando en este libro existe un capítulo específico sobre el impacto del cambio climático, preocupan a la Comisión Nacional del Agua datos obtenidos por el Servicio Meteorológico Nacional, sobre temperaturas mínimas y máximas promedio anual en el país (Figuras 12 y 13) y su impacto en el régimen de lluvias. En la Figura 14 se presentan los resultados de un estudio realizado por Arreguín *et al.*, 2008, sobre los acuíferos sobreexplotados en regiones que incrementarán su temperatura y disminuirán su precipitación, de acuerdo con un modelo realizado por el Servicio Meteorológico Nacional. Preocupa también el incremento en la intensidad y la frecuencia de las tormentas, factor preponderante en los sistemas de drenaje natural y artificial, la presencia de sequías más severas y duraderas en el país, la elevación del nivel del mar con su correspondiente impacto en los acuíferos costeros (Figura 15) y la reducción en la capacidad de descarga de muchos ríos al mar.

Vale la pena resaltar que estas condiciones de cambio climático han sido bien documentadas en la cuenca del río Colorado -incluida en el Tratado de aguas entre México y Estados Unidos (1944)-, que han llevado a hacer propuestas como la construcción de grandes plantas desaladoras binacionales, para aprovechar el agua del mar, entre otras fuentes de agua salada.

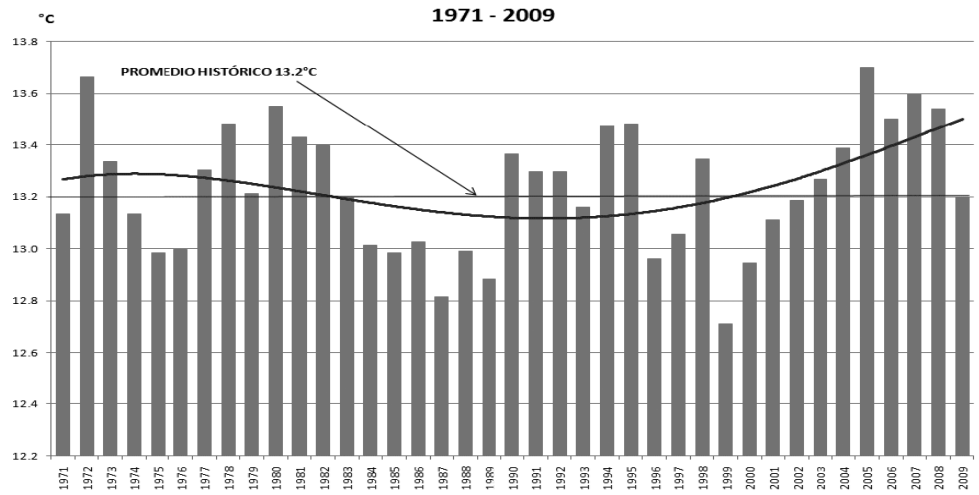


Figura 12. Temperatura mínima promedio anual de México.

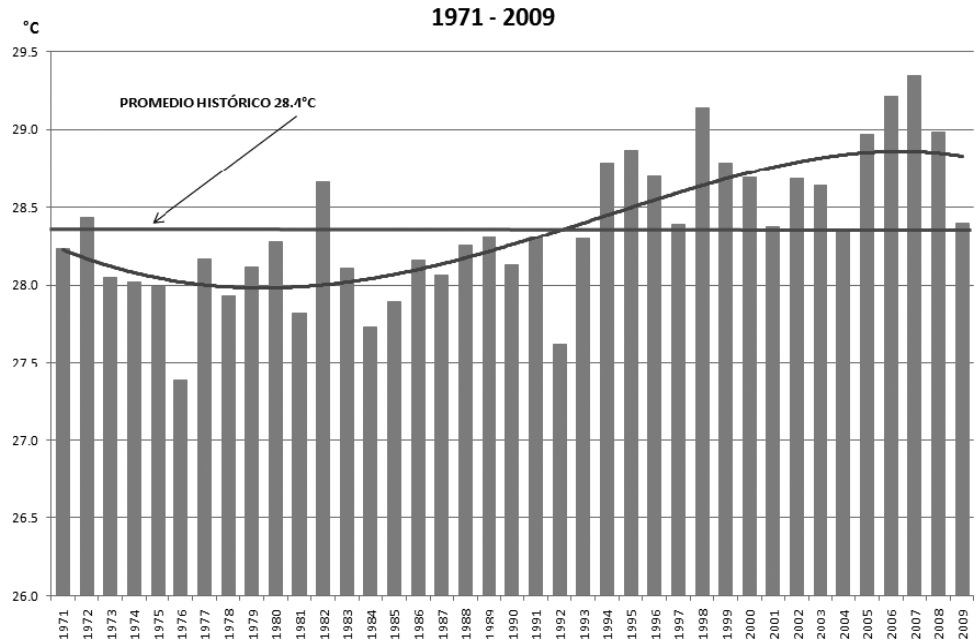


Figura 13. Temperatura máxima promedio anual de México.1971-2009

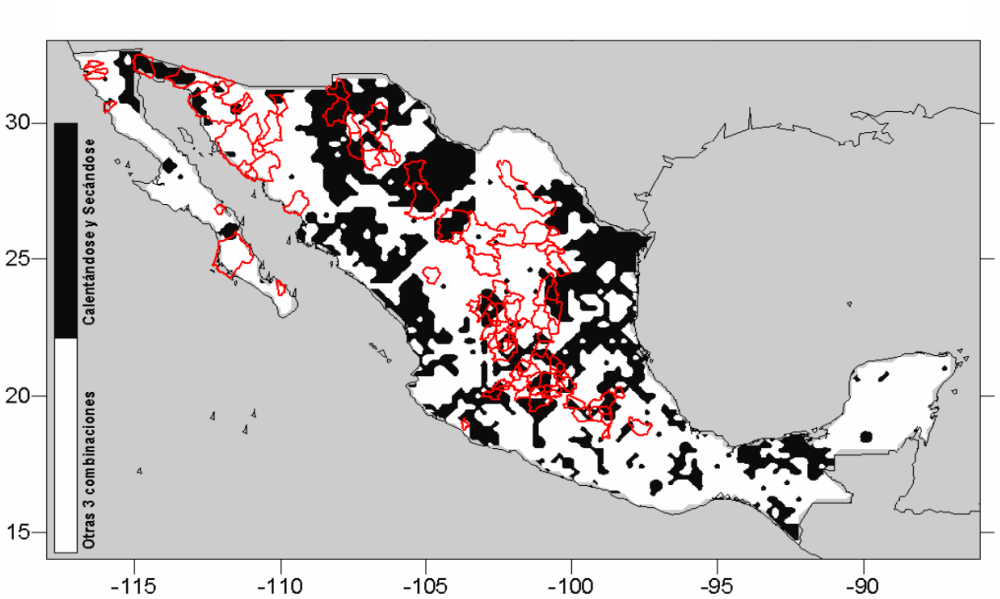


Figura 14. Acuíferos sobreexplotados en regiones que incrementarán su temperatura y disminuirán su precipitación.

Figura 15. Acuíferos sobreexplotados en la costa bajo riesgo de intrusión salina por el incremento en el nivel del mar.

Algunas propuestas de solución

Es necesario que el país invierta más en investigación y desarrollo en materia de cambio climático; que se establezcan mecanismos reales de compromiso en los involucrados con este fenómeno, y que se utilicen datos y modelos mexicanos en los procesos de planteamiento de escenarios.

Necesidad de inversión en investigación y desarrollo tecnológico

El desarrollo de la investigación científica y tecnológica en materia hidráulica sigue la misma tendencia que la investigación en todas las otras ramas de la ciencia (Ruiz, R., 2009 y Asociación Mexicana de Hidráulica, 2007): la matrícula de alumnos inscritos en posgrado sigue siendo baja en sumo grado, al igual que el número de graduados entre maestros y doctores, el número de investigadores

graduados en relación con la población económicamente activa, y el número de investigadores miembros del Sistema Nacional de Investigadores. Por otro lado, no se ha logrado que la importancia de la investigación científica permee en todos los sectores de la sociedad, ni que se considere el conocimiento como un bien público.

Como un ejemplo de esta situación, en el Campus Morelos de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, de 1986 a la fecha se han graduado 34 alumnos en la maestría de hidráulica, 26 en ingeniería ambiental y 11 doctores en hidráulica.

Algunas propuestas de solución

Es urgente llegar a la meta de inversión en investigación científica equivalente a 1% del PIB; promover el posgrado en todo el país; incrementar los recursos asignados al Conacyt; impulsar la descentralización de actividades científicas y tecnológicas, y promover los proyectos multiinstitucionales.

Las dependencias del gobierno federal y los gobiernos estatales y municipales, así como la iniciativa privada, deben invertir más en investigación y desarrollo tecnológico. Por ejemplo, la Comisión Nacional del agua ha creado el Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua, cuyo objetivo es financiar el gasto y las inversiones de los proyectos de investigación aplicada, así como el desarrollo tecnológico, la formación de recursos humanos, el fortalecimiento de las capacidades científicas y la difusión en las áreas de conocimiento que requiera el sector agua en materia del agua. A la fecha, se han apoyado más de 50 proyectos de investigación en varias universidades del país.

Propuesta de nuevo balance hídrico

En los incisos de escasez y contaminación, se han planteado propuestas que inciden de manera directa sobre el balance hidráulico nacional. Éste puede replantearse para hacer un mejor uso del agua donde ella existe, y buscar nuevas fuentes para llevarla a las regiones donde es escasa. Se propone replantear el esquema del balance hídrico del país por el que se muestra en la Figura 16. Se explican a continuación los cuatro elementos agregados al esquema tradicional.

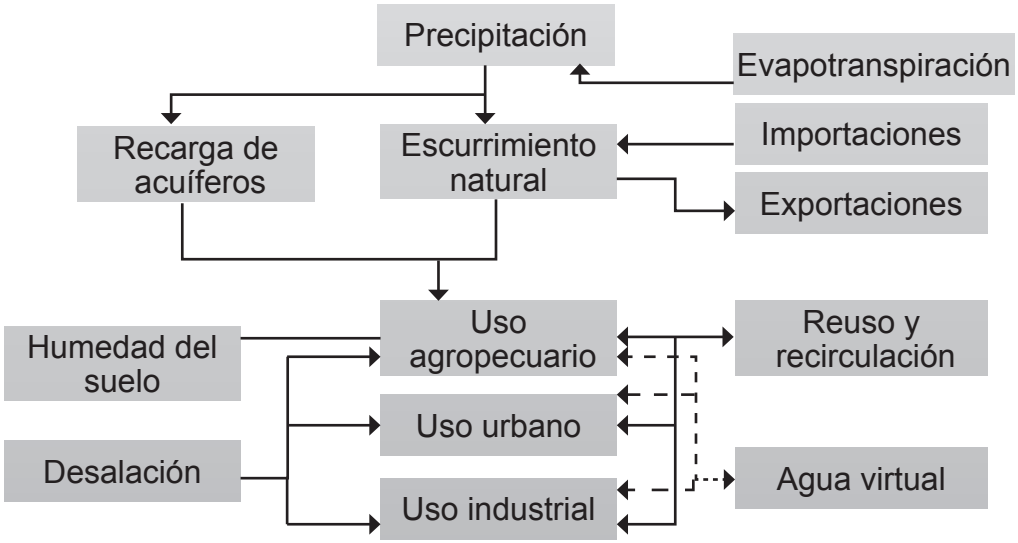


Figura 16. Propuesta de balance hídrico nacional.

Reuso y recirculación

En el capítulo correspondiente a la contaminación del agua, se anotó cuánta agua residual se produce, se colecta y se trata.

Cuando se trate 60% del total de las aguas municipales, y en una etapa posterior se haga lo mismo con las aguas no municipales, e incluso cuando se incremente el porcentaje de aguas residuales colectadas, se podría contar con una importante cantidad de agua para reusar en la industria o en el riego. Debe anotarse que aunque en términos absolutos pudiera parecer una cantidad de agua pequeña, se debe considerar que este líquido se encuentra cerca de las poblaciones o zonas de riego que potencialmente pueden utilizarla. Además, la recirculación puede agregar nuevas fuentes de agua a las industrias sin necesidad de tomas nuevas.

Agua virtual

Existe una forma de transportar el agua sin acueductos, barcos o carros tanque, y de almacenarla sin presas o tanques. Ésta es el agua virtual, la cual se define como aquella cantidad de este líquido que se utiliza o integra a un producto, bien o servicio; por ejemplo, para producir una tonelada de trigo es necesario utilizar

mil toneladas de agua. Este concepto se ha fortalecido en la medida en que se ha reconocido el valor económico, ambiental, social y político del agua. Cabe destacar que en el período 1995-1999, se negociaron en el mercado internacional 1,031 km^3 de agua virtual al año (Hoekstra, A. y Chapagain, A., 2006).

De esta manera, países con gran desarrollo industrial o petrolero, pero con recursos hídricos insuficientes para producir económicamente alimentos, bienes o servicios, utilizan su riqueza para obtenerlos de algún otro país y reducir así la presión sobre sus propios recursos hídricos.

El agua virtual ha jugado un papel importante de manera temporal en países que han sufrido fenómenos extremos, o en forma permanente en aquellos que no cuentan con el agua para producir sus alimentos, bienes o servicios. Por otro lado, algunos países han aprovechado el agua virtual para reducir la presión sobre el medio ambiente. Sin embargo, se debe considerar que el agua virtual depende de otros factores, como los tratados y acuerdos comerciales internacionales, el crecimiento económico y poblacional, el desarrollo tecnológico, entre otros.

En la Figura 17 se observa la evolución de las importaciones y exportaciones de agua virtual de México y se nota que, en 2008, México exportó 5,884 hm^3 de agua virtual, e importó 30,097 hm^3, es decir, una importación neta de agua virtual de 24,213 hm^3. De éstos, 57% está relacionado con los productos agrícolas, 36% con los productos animales y el restante 7% con los productos industriales. El agua virtual importada neta relacionada con los productos animales es 13 veces la exportada por México para esos mismos productos (Arreguín *et al.*, 2009).

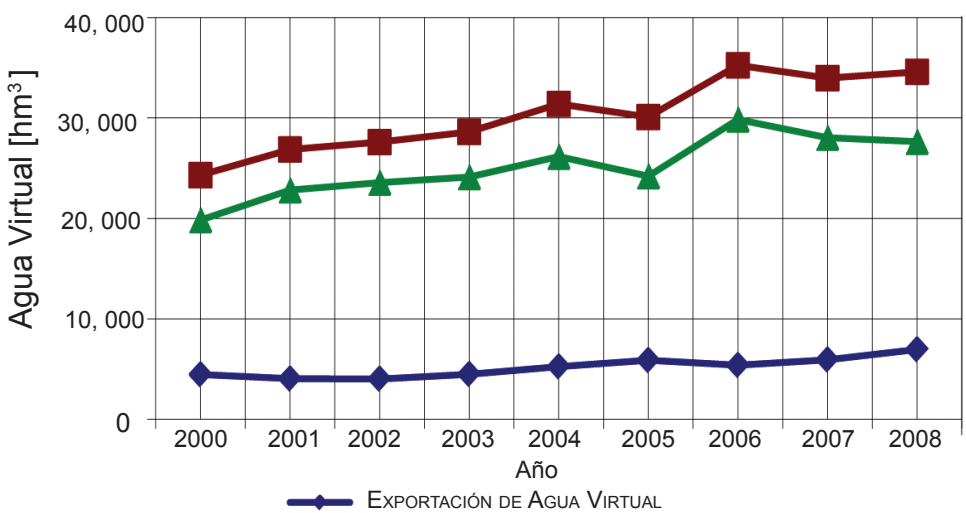


Figura 17. Comportamiento del agua virtual en México. 2000-2007

Desalación de agua

La desalación es una tecnología que se utiliza en México desde hace mucho tiempo (Tabla 1), sobre todo en zonas turísticas donde el agua escasea, como Cancún, en Quintana Roo, Acapulco, en Guerrero, y Los Cabos, en Baja California Sur (abastece a una población de 40 mil habitantes). Con la construcción de una planta desaladora para uso municipal en esta última localidad, se han abierto perspectivas para el uso de esta tecnología en muchas otras regiones de nuestro país. Incluso se construyen para uso agrícola donde el valor económico de los cultivos así lo permite (por ejemplo, vid o flores). Actualmente se analiza la posibilidad de utilizar agua desalada para grandes proyectos de desarrollo entre México y Estados Unidos.

El constante decremento del costo del metro cúbico de agua desalada (en la actualidad, producir un metro cúbico de agua desalada cuesta menos de un dólar) y el crecimiento de la demanda ponen, sin duda, a esta tecnología como una de las principales fuentes de abastecimiento en los lugares donde económica, ambiental y socialmente muestre su rentabilidad.

Tabla 1. Plantas desaladoras construidas en México

Entidad Federativa	Sitios con plantas desalinizadoras	Número de unidades	% Nacional	Operan		Capacidad instalada (m^3/d)
				Sí	No	
Baja California	23	38	8.74	24	14	51,938
BCS	71	73	16.78	53	20	36,971
Campeche	8	19	4.37	14	5	5,456
Coahuila	31	33	7.59	23	10	7,668
Colima	17	18	4.14	2	16	2,856
Edo. de México	3	4	0.92	2	2	7,000
D.F.	14	17	3.91	12	5	95,471
Durango	26	26	5.98	13	13	868
Guerrero	6	6	1.38	3	3	2,355
Jalisco	3	4	0.92	3	1	2,865

Entidad Federativa	Sitios con plantas desalinizadoras	Número de unidades	% Nacional	Operan		Capacidad instalada (m^3/d)
				Sí	No	
Morelos	2	21	4.83	21	2	110
Nuevo León	5	5	1.15	5	1	2,847
Oaxaca	1	4	0.92	4	1	14,256
Q. Roo	79	124	28.51	73	51	53,339
SLP	1	1	0.23	1	0	60
Sonora	16	22	5.06	15	7	9,349
Tamaulipas	4	4	0.92	2	2	5,100
Veracruz	9	15	3.45	11	4	12,167
Yucatán	1	1	0.23	1	2	700
Total Nacional	320	435	100%	282	137	311,377

Sin embargo, la instalación y operación de una planta desaladora tiene el potencial de impactar de manera negativa la calidad del aire, mantos acuíferos y el ambiente marino y acuático. Uno de los factores limitantes clave en la construcción de plantas de desalación es la salmuera. Ésta es generada como un producto secundario de la separación de los minerales provenientes del agua desalada, contiene la mayor parte de los minerales y contaminantes del agua original, así como los aditivos agregados en el proceso de tratamiento, en forma concentrada.

Humedad del suelo

Finalmente, una fuente que se utiliza pero que pocas veces se cuantifica es la humedad del suelo. Es importante que se hagan evaluaciones más precisas de este recurso, para hacer una mejor planeación del uso eficiente del agua (Figura 18).

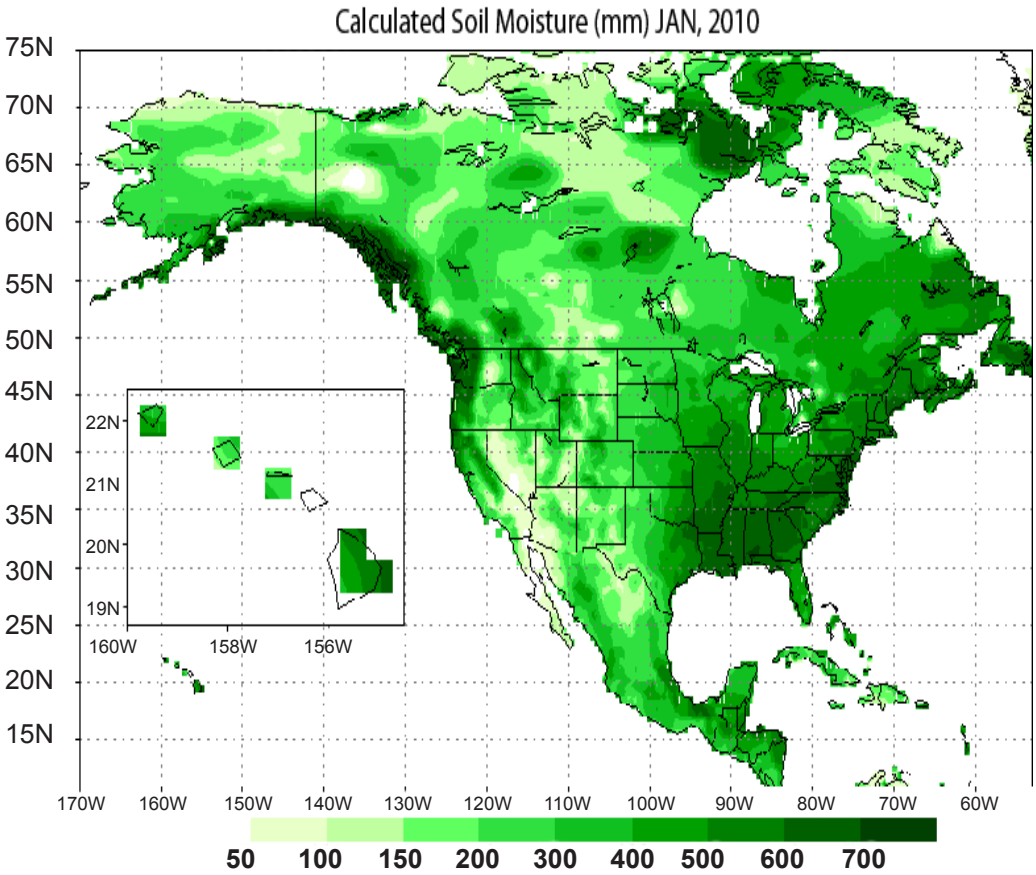


Figura 18. Humedad del suelo calculada para enero de 2010.
Fuente: CPC, NOAA, 2010, en http://www.cpc.ncep.noaa.gov/soilmst/leaky_glb.htm

Conclusiones

Los retos del agua en México son impresionantes: escasez, contaminación, impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, una administración que requiere ser fortalecida con la participación de todos los usuarios, el desorden en el desarrollo ecológico y la necesidad de revisar y fortalecer el sistema de ciencia y tecnología en el país. No obstante, existen formas de enfrentarlos, pero con la advertencia de que hay que hacerlo ya, con decisiones científicamente sustentadas y sin olvidar los ejes de la gobernabilidad del agua: el eje ambiental, el social, el económico y el político.

Referencias

Arreguín, F., Martínez, P., Trueba, V. "El agua en México. Una visión institucional", en el libro El agua en México vista desde la Academia, Academia Mexicana de Ciencias, pp. 251-270, abril, 2004.

——, F. "Water management in Mexico", IWA, Yearbook 2005, United States of America, pp. 39-40.

——, F., Chávez, R. y Rosengaus, M. (2008). "Impacto del cambio climático sobre los acuíferos mexicanos", *6° Congreso Nacional de Aguas Subterráneas,* Asociación Geohidrológica Mexicana, A. C., octubre.

——, F., López, M., Tejeda, C. y Marengo, H. "El agua virtual en México", Revista Ingeniería Civil en México, núm. 478/Año LIX/febrero, 2009.

Comisión Internacional de Límites y Aguas. "Tratado sobre distribución de aguas internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América", 1944.

Comisión Nacional del Agua. "Programa Nacional Hídrico" (PNH), pp. 105-163, febrero, 2008.

Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México 2008, septiembre, 2008.

Comisión Nacional del Agua (2009). "Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento", México, D. F.

Diario Oficial de la Federación (2003). "ACUERDO por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río Lerma-Chapala, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas que comprende dicha zona hidrológica.", Diario Oficial de la Federación, 15 de octubre, México.

Diario Oficial de la Federación (2003). "Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización", Diario Oficial de la Federación, diciembre, México

Diario Oficial de la Federación (2007). "Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 50 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican", Diario Oficial de la Federación, agosto, México.

Diario Oficial de la Federación (2007). "Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 14 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, de la disponibilidad media anual de agua del acuífero Valles Centrales, del Edo. de Oaxaca", Diario Oficial de la Federación, agosto, México.

Diario Oficial de la Federación (2008). "Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 30 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican", Diario Oficial de la Federación, enero, México.

Diario Oficial de la Federación (2009). "Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.-Características y especificaciones de las obras y del agua", México.

Diario Oficial de la Federación (2009). "Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.-Características y especificaciones de las obras y del agua", México.

Diario Oficial de la Federación (2009). "Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Tuxpan, Río Cazones, Río Tecolutla, Río Nautla, Río Misantla, Río Colipa y Llanuras de Tuxpan, mismos que forman parte de la porción de la Región Hidrológica denominada Norte de Veracruz.", Diario Oficial de la Federación, 27 de febrero, México.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental. "Evaluación de la Contaminación Difusa en un Área Agrícola-Urbana del Río Apatlaco, Mor.". Convenio con la Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral, CNA, 1999.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental. "Caracterizar las Aportaciones por Contaminación Difusa durante las Épocas de Lluvia y Estiaje en la Cuenca y Tres Subcuencas del Río Apatlaco, Mor.". Convenio con la Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral, CNA, 2000.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental. "Aplicación y Capacitación de la Metodología sobre Contaminación Difusa en una Subcuenca del río Lerma". Proyecto contratado por la Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, CNA, 2001.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental. "Contaminación difusa en la cuenca del río Lerma, parte baja". Proyecto contratado por la Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, CNA, 2003.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental. "Contaminación difusa en la cuenca del río Lerma, parte alta". Proyecto contratado por la Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, CNA, 2004. Informe parcial.

Hoekstra, A. y Chapagain, A. "Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern 2, Water Resources Management, 2006.

Ruiz, R. "Estrategia y prioridades de financiamiento de la Ciencia y la Tecnología 2009-2012", versión preliminar, Academia Mexicana de Ciencias.

Tláloc, Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C., núm. 38, septiembre-enero, 2007.

Villagómez, P. y Bistrain, C. (2008). "Situación demográfica nacional", México, Consejo Nacional del Población.

4. Los acuíferos sobreexplotados: origen, crisis y gestión social

José Luis Moreno Vázquez*
Boris Marañón Pimentel**
Dania López Córdova**

Resumen

Este trabajo ofrece una visión crítica sobre la gestión del agua subterránea en México. Contiene un panorama de la situación actual del deterioro de este recurso con base en cifras oficiales y un recuento del origen de la problemática desde mediados del siglo pasado hasta nuestros días. Se identifican las regiones críticas de sobreexplotación de acuíferos en el país y se discuten algunas de las estrategias tecnológicas y programas gubernamentales implementados, como el MASAS, PADUA y PUEAEE, cuyos resultados han sido insuficientes. Se muestran los logros y límites en la gestión social de acuíferos en el estado de Guanajuato y la importancia de la descentralización en la toma de decisiones. Se analiza el papel de los COTAS y se propone la creación de nuevas instancias, como la organización de los usuarios en unidades básicas de gestión para realizar acciones específicas de administración del agua. Se concluye que la solución a la problemática de sobreexplotación se ha enfocado en estrategias tecnológicas y mediante una gestión centralizada y que hace falta la adopción de nuevos enfoques basados en el consenso social sobre el uso de los acuíferos.

* El Colegio de Sonora.
** Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM.

Introducción

El objetivo de este capítulo es mostrar los problemas que enfrenta la gestión de los acuíferos sobreexplotados en el país, recurso estratégico para la producción económica y el desarrollo social y cultural de la población mexicana. La hipótesis central es que los problemas de cantidad y calidad del agua subterránea están relacionados con un tipo de gestión centralizada que privilegia la asignación del recurso con fines de crecimiento económico. La sobreexplotación de los acuíferos es constante y creciente. Comenzó a manifestarse desde mediados del siglo pasado y, a pesar de los numerosos efectos negativos, no ha sido revertida, ni siquiera detenida. En las últimas dos décadas, a través de los Consejos de Cuenca y los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), el gobierno ha realizado esfuerzos para impulsar la descentralización y participación social, pero no ha tenido los resultados esperados.

El capítulo se divide en cinco apartados. En el primero se ofrece, desde la perspectiva oficial, un panorama general de la situación actual del agua subterránea en México; en el segundo se narra el inicio de la explotación de las aguas del subsuelo hasta la década de los años 70; en el tercer apartado se expone la búsqueda de nuevas fuentes de agua, el incremento del volumen disponible y el aumento de la extracción; en el cuarto se sintetizan las estrategias y programas gubernamentales posteriores a la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales de 1992, y en el último se plantean algunos elementos para una nueva gestión en los acuíferos desde una perspectiva sociopolítica.

4.1 El diagnóstico oficial

Un artículo elaborado por los funcionarios federales responsables de la gestión de este recurso en la gerencia respectiva de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) mostró el deterioro de la calidad y cantidad del agua subterránea, la existencia de regiones y aspectos críticos, y el insuficiente avance del conocimiento científico y técnico (Chávez *et al.*, 2006). El diagnóstico fue contundente: de 32 acuíferos sobreexplotados en 1975 se pasó a 104 en 2006, es decir, en tres décadas aumentó más de tres veces el número en donde la extracción fue mayor a la recarga natural. La relevancia de este centenar de acuíferos, que representa menos de 20% del total de 653 acuíferos del país, es que suministra cerca de 80% del volumen total de agua extraída del subsuelo.

Los casos críticos se presentan en estados del centro y norte de la República Mexicana, en particular en la cuenca del río Lerma (Guanajuato y Querétaro), en la región de La Laguna (Coahuila-Durango), en la península de Baja California, y en Aguascalientes, Chihuahua y Sonora. Se estima que varios de ellos han perdido entre 20 y 25% de su reserva original, y que el valor de minado es de

5,400 millones de metros cúbicos (Mm^3) al año (casi 50% del volumen de agua empleado para abastecimiento público en el país).

A nivel nacional la situación también es dramática. Se calcula que en los últimos 40 años la reserva nacional de agua subterránea fue minada por sobreexplotación en 60,000 Mm^3 por año. Aunque la recarga natural anual de los acuíferos se estima en 77,000 Mm^3, el balance global no refleja la situación crítica de las regiones áridas donde el balance hídrico es negativo, y en contraste, en las cuencas lluviosas escapan importantes cantidades de agua del subsuelo sin aprovechamiento.

Por lo que se refiere a la calidad del agua subterránea, en la Península de Baja California y las zonas costeras de Sonora y Sinaloa, la explotación intensiva cerca del mar ha provocado la intrusión salina. Los casos más críticos son 18 acuíferos invadidos en el noroeste, lo que ha inutilizado gran cantidad de pozos y una superficie importante de terrenos de cultivo, y ha incrementado la salinidad del agua subterránea hasta alcanzar concentraciones no aptas para los usos más comunes.

La importancia del agua subterránea radica en que es la fuente que sostiene el riego de dos millones de hectáreas (un tercio de la superficie total bajo riego): abastece cerca de 70% del volumen de agua que requieren las ciudades y en donde se concentran 60 millones de habitantes, y abastece a la mayoría de las instalaciones industriales y a casi la totalidad de la demanda de agua de la población rural.

En cuanto al conocimiento científico que se tiene de los acuíferos, se han realizado estudios hidrogeológicos en 60% del territorio nacional, principalmente en las porciones planas de las cuencas más importantes y las áreas montañosas adyacentes. El 40% restante corresponde a grandes sierras que, en general, no son propicias para la captación de agua subterránea, pero son importantes por ser receptoras de recarga y transmisoras del agua infiltrada a los acuíferos.

El diagnóstico mencionado resaltó la publicación de la disponibilidad de agua subterránea de 212 acuíferos en el *Diario Oficial de la Federación*. Se trata de los acuíferos más importantes y estudiados, entre los cuales se cuentan los que son claramente sobreexplotados y los que tienen una gran disponibilidad de agua. Representan la tercera parte del total, pero en ellos se concentra 87% del volumen de agua subterránea extraída del subsuelo a nivel nacional. De estos acuíferos, 108 tienen una disponibilidad de 18,000 Mm^3 al año, mientras que los 104 restantes tienen un déficit de -4,494 Mm^3 al año.

El diagnóstico finalizó señalando que el conocimiento que se tiene de los acuíferos más importantes es aceptable para fines de administración del agua, pero insuficiente para orientar un manejo más flexible y complejo, requerido para

conciliar la preservación de los acuíferos con las crecientes demandas.[1] Asimismo, determinó que los ordenamientos legales en materia de agua son insuficientes o inadecuados para una gestión eficaz del agua subterránea: en su mayoría, las vedas son inoperantes e incompatibles con las condiciones actuales de explotación de los acuíferos.

4.2 El bombeo libre

Los antecedentes de esta situación crítica se remontan a unos cuantos años después de que inició la explotación de aguas subterráneas mediante pozos profundos, a partir de la década de 1930 del siglo XX, para abastecer las crecientes necesidades de agua de la ciudad de México, y en los años 40 para apoyar el desarrollo agrícola en zonas áridas del norte. La explotación de aguas someras, norias y manantiales ya no era suficiente para satisfacer las demandas de líquido.

Una muestra de los niveles de sobreexplotación en diversas partes del país en esos años fue el listado de las zonas de veda al alumbramiento de aguas subterráneas, que se incluyó en el Reglamento en Materia de Aguas del Subsuelo de 1956. Figuraban como zonas críticas tres áreas agrícolas (río Colorado, Comarca Lagunera y Costa de Hermosillo) y cuatro urbano-industriales (Valle de México, Zumpango, León y Ramos Arizpe) en las que "no es posible aumentar las extracciones sin peligro de abatir peligrosamente o agotar los mantos acuíferos".

Según Adolfo Orive Alba (1960), autoridad principal en materia hidráulica del gobierno federal en el periodo 1940-1952, cualquiera que fuera el volumen estimado de agua infiltrada al subsuelo (que en ese entonces oscilaba entre 152,000 y 247,000 Mm^3 al año) era un volumen de gran importancia "cuyo aprovechamiento para riego, abastecimiento de agua potable o usos industriales es de vital importancia para el país". Para apoyar esta visión gubernamental, en 1945 se aprobó, en el ámbito legal, la injerencia federal en la explotación de las aguas del subsuelo a través de su incorporación en el párrafo quinto del artículo 27 constitucional, y en 1948 mediante la expedición de la Ley Reglamentaria en esa materia. Años antes, en 1939, se había creado la Oficina de Geohidrología dentro de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), fundada en 1926.

Esta visión se redondeó con la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) en 1946. Aboites (1998) la interpreta como la culminación formal de un proceso de centralización/federalización en el manejo de las aguas iniciado en 1888, que significó que los asuntos del agua llegaran a rango de secretaría de estado, lo que no sucedía en ningún otro país del hemisferio occidental. Hacia

[1] Carrillo *et al.* (2005) presentan una crítica a las ideas, conceptos y métodos sobre el funcionamiento de los sistemas de agua subterránea manejados por parte de las dependencias gubernamentales en México.

1955, el área de riego controlada por la SRH era de cerca de dos millones de hectáreas, cuando 20 años antes la superficie no llegaba a las 200 mil hectáreas.

En 1951 se reportó la existencia de 55 distritos de riego en México, con una superficie irrigada de 1.1 millón de hectáreas y "por irrigar" la asombrosa cifra de 1.9 millones, esto es, un total de tres millones de hectáreas. Esta superficie se alcanzó hacia finales de la década de los años 70 y no volvería a mostrar ese crecimiento espectacular en los años siguientes, ya que desde entonces se ha mantenido entre 3 y 3.5 millones de hectáreas (el total actual de distritos de riego es de 85). Casi 50% de esta superficie se ubicó en los estados áridos y semiáridos del norte, en donde la recarga natural de los acuíferos es baja en comparación con otras regiones del país.

Otro demandante de agua subterránea son las denominadas *Unidades de Riego,* cuya superficie fue creciendo en forma paralela a los distritos anteriores, hasta alcanzar los tres millones de hectáreas hacia finales de la década de los años 80. Al igual que en el caso anterior, casi 50% de la superficie se situó en estados áridos y semiáridos del centro y norte, en zonas de baja recarga. En conjunto, el área total fue de 6.4 millones de hectáreas, lo que hace a México ocupar, desde entonces, el sexto lugar en el mundo en términos de superficie con infraestructura de riego. Una verdadera hazaña para haberse logrado en menos de 50 años, y una parte de ella fue con cargo a los depósitos de agua subterránea.

En cuanto a la población, el número total se triplicó de 16 a 48 millones de habitantes entre 1930 y 1970, y el número de la que vivía en ciudades casi se cuadriplicó al pasar de 7 a 27 millones. Un poco más de la tercera parte residía en las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey.

Como ha sido documentado por Arreguín (1998), la extracción entre 1935 y 1966 se realizó aun cuando no se conocía con certeza el potencial de los depósitos de agua. El denominado "libre alumbramiento" o "bombeo libre" comenzó en gran escala, sin esperar a que el volumen de los acuíferos fuera preliminarmente cuantificado. A pesar de la carencia de estudios cuantitativos, especialistas de la época, como el ingeniero Alfonso de la O Carreño, responsable de varias investigaciones en regiones agrícolas del norte a finales de los años 50 y principios de los 60, advirtieron en sus trabajos de "reconocimiento" que se debía reducir la extracción excesiva de los recursos del subsuelo porque podrían provocarse, en el corto plazo, efectos adversos como el abatimiento de los niveles de los pozos y la contaminación por intrusión salina (Moreno, 2006).

Para cuando apareció el Plan Nacional Hidráulico (PNH) de 1975, los saldos de la extracción excesiva mediante pozos profundos eran evidentes: había 32 acuíferos sobreexplotados, entre los que destacaban el Valle de México y tres zonas agrícolas: Mexicali, La Laguna y Hermosillo. En varios acuíferos no se conocía ni siquiera el valor de la recarga. En ese momento, aún no se concluía el

inventario de la disponibilidad de aguas subterráneas en México. En el PNH se estimó una extracción total de 11,000 Mm^3 de agua subterránea, considerando 60% de la explotación anual total que se realizaba en el país. El 93% de la extracción se efectuó en zonas áridas o semiáridas, con fines esencialmente agrícolas (PNH, 1985).

4.3 Más conocimiento, más disponibilidad, más extracción

En 1981 se editó la segunda versión del PNH con algunas cifras sobre la disponibilidad de aguas subterráneas, basada en los resultados de 235 estudios detallados y apoyándose en el *Atlas Geohidrológico*, publicado en 1978. El agua renovable nacional se estimó en 31,000 Mm^3 al año y el volumen no renovable en 110,000 Mm^3 al año (con estudios que abarcaban 57% del territorio nacional). La extracción por bombeo ascendió a 16,000 Mm^3. Por tal motivo –sostenía el documento– había excedentes en el balance nacional, aunque en algunas regiones ya se ha rebasado la disponibilidad permanente, es decir, se sobreexplotan los acuíferos. El 55% del territorio se encontraba con alguna categoría de veda, particularmente en el centro y norte del país.

Comparadas con las cifras de 1975, había un incremento de 200% en el volumen renovable, porque hubo una mayor extracción y porque se cuantificó la cantidad de recarga natural en regiones que no habían sido evaluadas, como la península de Yucatán. Se estimó que el agua almacenada o no renovable aumentó 50% (Moreno 2006).

En 1988, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) reportó la existencia de "50 mil pozos para riego" y la perforación de pozos a 2,000 metros de profundidad para dotar de líquido a la ciudad de Monterrey, lograda a finales de los años 60. La dependencia señaló que la extracción (25,000 Mm^3) equivalía a 4/5 partes del volumen renovable nacional (31,000 Mm^3), pero que se realizaba en acuíferos de pobre renovación. Apuntó numerosos problemas originados en la presión de las demandas de agua y el control deficiente de su aprovechamiento. Mencionó la existencia de pozos inutilizados, costos altos de bombeo, asentamientos de terrenos, daños a la infraestructura hidráulica, desertificación, desequilibrio ecológico, contaminación y riesgos a la salud pública. Aún así –decía– en cuanto al volumen que puede extraerse "una sola vez" es factible sobreexplotar 110,000 Mm^3, para regar 550 mil hectáreas durante no más de 20 años (SARH, 1988). En otras palabras, había problemas, pero se podía continuar bajo el mismo modelo de explotación con el apoyo de la ciencia, la tecnología y, en particular, de las instituciones de gobierno.

Un año después, en 1989, se creó la Comisión Nacional del Agua con el propósito de contar con una autoridad federal única en el ramo. La novedad fue

la incorporación del valor económico del agua e involucrar a la sociedad en su manejo. El marco general fueron las reformas del Estado que se concretaron años después con las reformas al artículo 27 constitucional en materia de propiedad de los recursos naturales y la expedición de la nueva Ley de Aguas Nacionales, en 1992.

Entre los cambios más relevantes de la ley estaban la creación del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), la transmisión de derechos y cambios en el uso del agua, la prestación de servicios en la infraestructura hidráulica por parte de particulares, y el establecimiento de los Consejos de Cuenca como unidad de gestión básica del recurso. En esos años, por ejemplo, se calculaba que había 140 mil pozos en el país, de los cuales sólo 42,600 estaban registrados y 10,000 tenían algún tipo de autorización, lo que significaba que un poco más de 60% no contaba con ningún tipo de registro o autorización para operar.

Otro cambio significativo fue la transferencia de los distritos de riego a los usuarios, motivada por las restricciones presupuestales; la cada vez menor participación de los usuarios en el pago de los costos de operación, conservación y mantenimiento; el deterioro de la infraestructura, y la disminución de la eficiencia en el servicio de riego, lo que propiciaba reducción en la producción y bajos rendimientos de los cultivos (CONAGUA, 1994).

A pesar de estos cambios y del inicio de una nueva etapa en la política pública del agua (Aboites, 2004), se mantuvo la visión sobre el papel de las aguas subterráneas, así como la centralización y el autoritarismo en su gestión (Marañón, en prensa). Se continuaron los estudios, la determinación de mayor disponibilidad de agua y la identificación de mayores extracciones. En 1990, la Sociedad Geohidrológica Mexicana estimó un aumento en el volumen de agua renovable que pasó de 30,000 a 40,000 Mm^3, de los cuales se utilizaban 28,000 Mm^3 y no se aprovechaban 12,000 Mm^3. En 1994, la CONAGUA estimó todavía más: 63,000 Mm^3 de recarga (48 natural y 15 inducida en zonas de riego). El número de acuíferos sobreexplotados se elevó a 80, de los cuales 57 se ubicaron en las regiones del norte. A diferencia de 1990, la extracción total se calculó en una cifra menor: 24,000 Mm^3 (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Recarga-Extracción-Acuíferos sobreexplotados en México, 1975-2008
Miles de millones de m^3

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

Fuente: Elaboración propia con base en PNH (1975), SARH (1981 y 1988), SGM (1990), CONAGUA (1994, 2004 y 2008).

Entre 1970 y 2000 la población del país se duplicó de 48 a 97 millones, pero el rasgo más notable fue el crecimiento de la población urbana que pasó de 58 a 74% de la población total. Los requerimientos de agua de estas áreas se cubrieron con fuentes de agua del subsuelo. Escolero (2006) advierte que en los acuíferos sometidos a explotación intensiva, la transmisión de derechos se ha realizado de pequeños usuarios de agua (agricultores en tierras ejidales de uso comunal) hacia los grandes usuarios (empresas agroindustriales y centros urbanos). En los casos de la Comarca Lagunera, la cuenca del Lerma-Balsas y el Valle de México, se estima que desde mediados de los años 90 más de 40% de los derechos de agua subterránea se han transmitido a otros usuarios.

En 2008, la CONAGUA estimó que en 56 zonas metropolitanas de México habitaban casi 58 millones de personas, es decir, 56% de la población total, y que en tan sólo cinco zonas metropolitanas se concentraba 30% de la población total (Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla-Tlaxcala y Toluca).

En la actualidad, 63% del agua utilizada en México proviene de fuentes superficiales y 37% de fuentes subterráneas. De estas últimas, 60% es para uso agrícola, 24% para uso público urbano y 5% para uso industrial (Tabla 4.2). La extracción de agua del subsuelo se estima en casi 29,000 Mm^3, es decir, 20% más que en 1994. El 71% se concentra en regiones de baja recarga (Tabla 4.3).

Tabla 4.2 México: títulos y volúmenes de aguas subterráneas por uso de agua, 2009

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

Fuente: REPDA, CONAGUA. 28 de febrero de 2009.

Tabla 4.3 México: acuíferos sobreexplotados, recarga media y agua subterránea utilizada por región hidrológico-administrativa, 2007

		Número de acuíferos			
Región hidrológico-administrativa		**Total**	**Sobreexplotados**	**Recarga media (Mm^3)**	**Agua subterránea utilizada (Mm^3/año)**
I	Península de Baja California	87	7	1,249	1,807
II	Noroeste	63	13	3,130	2,944
III	Pacífico Norte	24	2	3,263	1,342
IV	Balsas	46	2	4,601	1,855
V	Pacífico Sur	35	0	1,994	438
VI	Río Bravo	100	15	5,167	4,370
VII	Cuencas Centrales del Norte	68	24	2,274	2,589
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	127	32	7,686	6,700
IX	Golfo Norte	40	2	1,274	1,017
X	Golfo Centro	22	0	3,849	888
XI	Frontera Sur	23	0	18,015	572
XII	Península de Yucatán	4	0	25,316	2,105
XIII	Aguas del Valle de México	14	4	1,834	2,311
	Total	653	101	79,652	28,938

Fuente: Elaboración propia con base en *Estadísticas del agua en México*, 2008, CONAGUA, SEMARNAT.

De acuerdo con datos del REPDA, Chihuahua, Sonora y Guanajuato extraen 30% del total del agua subterránea utilizada a nivel nacional. Mientras que Jalisco, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Durango extraen 25%. Entre los ocho estados, el uso agrícola representa 80%. Por su parte, el Distrito Federal, el Estado de México y Puebla extraen 12% del volumen nacional, del cual 7% es empleado para abastecimiento público (ver Figura 4.1). En conjunto, estas 11 entidades federativas concentran 67% de la extracción total, 48% de la utilizada para uso agrícola y 16% para abastecimiento público (CONAGUA, 2008).

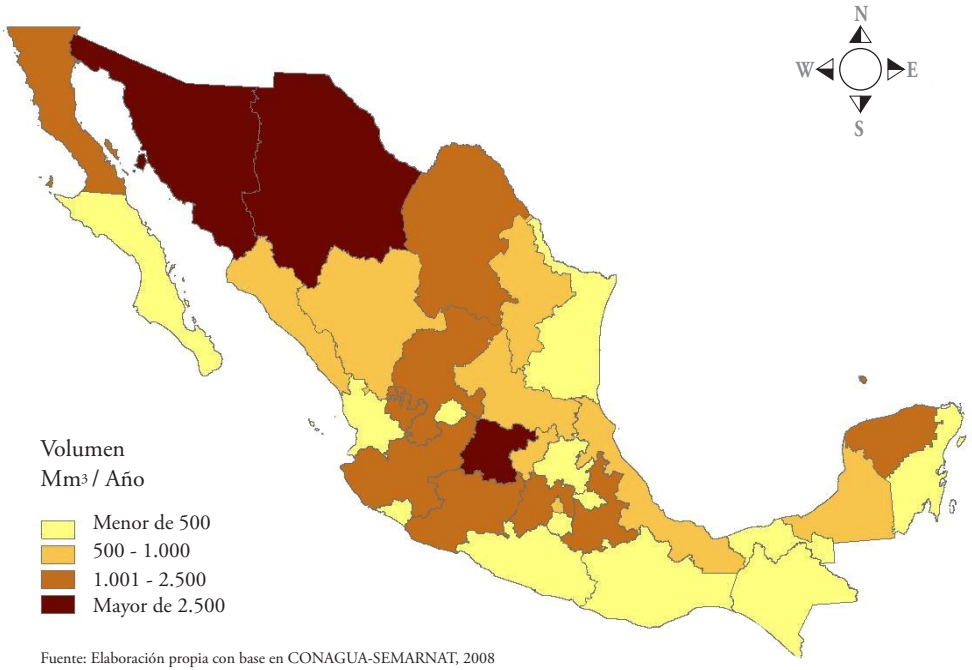


Figura 4.1 Aguas subterráneas utilizadas por entidad federativa

Como se mencionó en el diagnóstico, hasta 2006 se habían publicado los estudios de disponibilidad media anual de 212 acuíferos en el país. En ese año la cifra de acuíferos sobreexplotados llegó a 104 (Chávez *et al.*, 2006). Para 2008 se publicaron las cifras de 81 acuíferos más, que sumados a los 202 identificados en los Acuerdos de 2003, dan un total de 283. Conforme a la lista publicada en el sitio web de la CONAGUA, hay 123 acuíferos sobreexplotados (abril de 2009). En las estadísticas básicas recientes la cifra reportada es de 101 (CONAGUA, 2008).[2]

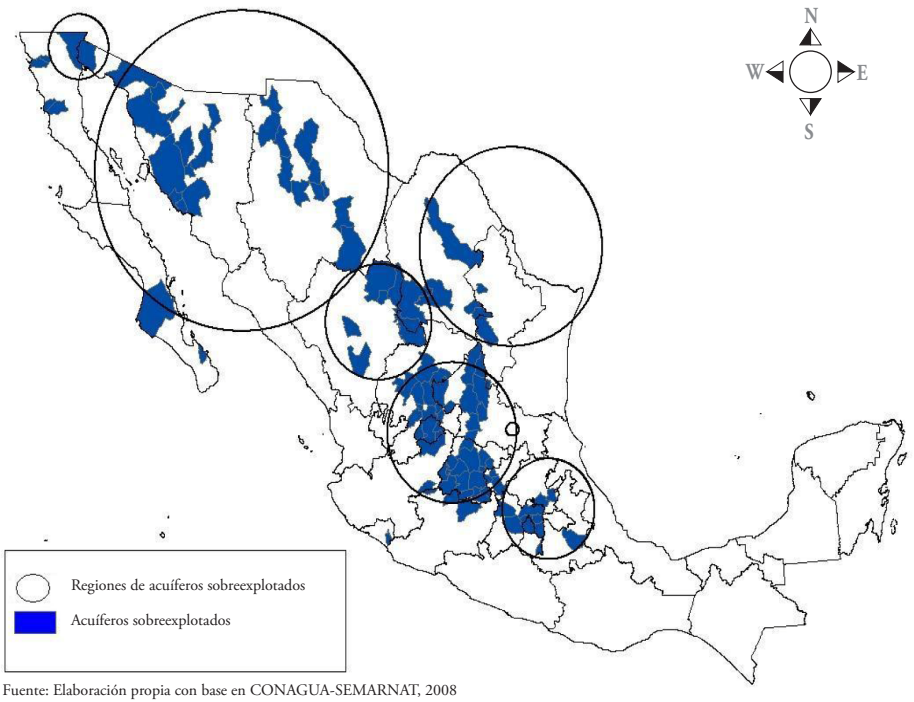
El total del déficit nacional es de -5,490 Mm^3. En esta relación entre la recarga natural, la descarga natural comprometida y el volumen concesionado, se distinguen tres *regiones críticas* de acuíferos sobreexplotados que en conjunto comprenden 74% del total del déficit (ver Figura 4.2). Éstas son: a) La región central de los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán, San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, con 42 acuíferos y déficit de -1,764 Mm^3 de agua; b) El centro-norte de Sonora y el estado de Chihuahua, con 22 acuíferos y déficit

[2] El 28 de agosto de 2009 se publicó, en tres secciones, el Acuerdo "por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión".

de -1,163 Mm^3, y c) La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y el estado de México, con siete acuíferos y déficit de -1,133 Mm^3.

Con menor déficit de agua se hallan otras tres regiones de acuíferos, con 20% del total: d) El Valle de Mexicali, con un acuífero y un déficit de -374 Mm^3 de agua; e) La región de Monterrey-Saltillo-Monclova-Zona carbonífera, con 10 acuíferos y -367 Mm^3, y f) La Comarca Lagunera y los valles centrales de Durango, con seis acuíferos y -353 Mm^3.

La publicación de los estudios de disponibilidad a través de un medio electrónico y su difusión a un mayor público constituye un avance en relación con años anteriores. Sin embargo, la revisión de 20% de los estudios de acuíferos con déficit revela que la mayoría contiene datos de censos de aprovechamiento y estimación de extracciones de agua de hace 10 años o más; pocos tienen datos del año 2000 en adelante, y hay casos de estudios con cifras de 1990 o anteriores, como el de la ZMCM, Valle de León, Monclova y acuíferos que abastecen a Monterrey.



Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA-SEMARNAT, 2008

Figura 4.2 Regiones de acuíferos sobreexplotados

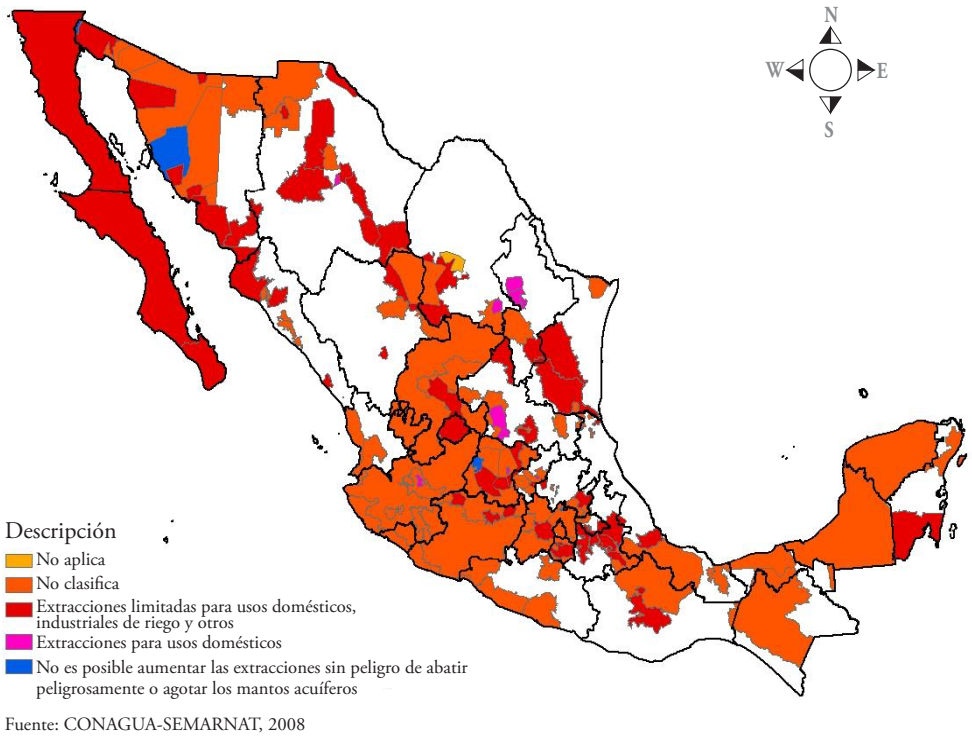
La norma que establece las especificaciones y lineamientos para determinar la disponibilidad de agua (NOM-011-CNA-2000) indica que la extracción se determina directamente, con las lecturas registradas en los medidores instalados en las descargas de los pozos, o indirectamente, a través de consumos de energía eléctrica, caudal y tiempo de bombeo, población servida y dotación, índices de consumo o superficie y láminas de riego (inciso B.3.2, de la NOM citada). Debido a la resistencia de los usuarios –sobre todo agrícolas– a contar con medidores volumétricos en sus pozos, la extracción se determina con métodos indirectos. Si a esta dificultad se agrega el uso de datos no actualizados, la situación que se está mostrando de los acuíferos no es la idónea para fines de administración del recurso.

A la fecha no hay información pública que permita conocer cuál es el panorama, a nivel nacional, en torno a la instalación de medidores en los pozos y el grado de cumplimiento en un asunto esencial y básico: la cantidad de agua que se extrae del subsuelo. Al respecto, una investigación del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), realizada en 4,207 pozos de 28 distritos de riego del país, reveló que 62% tenía medidor, pero que sólo una tercera parte del total funcionaba y en gran medida no cumplía con los requerimientos de aforo del proyecto (Pedroza *et al*., 2001). Esto es en el sector de la agricultura de riego con mejores condiciones de infraestructura.

Otro asunto relevante son los datos de los estudios. El acuerdo del 31 de enero de 2003 que incluyó la disponibilidad de 188 acuíferos, publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, señaló en su artículo 4º que los resultados de los estudios tenían que "actualizarse sistemáticamente", ya que la disponibilidad de agua subterránea varía a lo largo del tiempo. Los resultados de la determinación de la recarga mediante estudios técnicos y los volúmenes de agua subterránea eran los inscritos al 30 de abril de 2002 en el REPDA, por lo que podían cambiar de acuerdo con las variaciones en el régimen natural de recarga, del manejo del agua, así como de los volúmenes concesionados. No precisó a qué se refería con "sistemáticamente". El artículo referido se repitió en el acuerdo del 29 de diciembre de 2003 (de 14 acuíferos), pero ya no apareció en los acuerdos de 2007 y 2008. Según el Programa Nacional Hídrico 2007-2012, sólo cinco acuíferos, de 104 (que suponemos son los sobreexplotados), tienen censos de aprovechamiento actualizados, y la meta al 2012 es que 50 más los tengan.

Cabe destacar que una parte, o la totalidad del área, de 20 acuíferos sobreexplotados se encuentran en zonas de "libre alumbramiento" o que no tienen ninguna categoría de veda; tal es el caso de acuíferos de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. De acuerdo con la CONAGUA (2008), existen 145 decretos de veda vigentes en el país. La mayoría fueron publicados en el periodo de 1948 a 1980. Antes existían tres categorías de veda: rígida, de

control y flexible. En el presente, la Ley de Aguas Nacionales (reformada en 2004) define en su Título Quinto las zonas reglamentadas, de veda o de reserva, y aunque ya no se clasifican los tipos de veda, los decretos anteriores continúan vigentes. Las zonas que cubren mayor extensión no tiene ningún tipo de clasificación o son de "extracciones limitadas" para diversos usos (ver Figura 4.3).



Fuente: CONAGUA-SEMARNAT, 2008

Figura 4.3 Zonas de veda de agua subterránea

4.4 Las estrategias tecnológicas

Los estudios de disponibilidad de agua subterránea antes mencionados y otras acciones vinculadas a ellos, como el REPDA, el fortalecimiento de los Consejos de Cuenca y los COTAS, la rehabilitación de estaciones climatológicas, hidrométricas y laboratorios de calidad de agua, así como la reactivación de redes de monitoreo piezométrico, entre otros aspectos, fueron el resultado de un proyecto conocido como PROMMA (Programa de Modernización de Manejo del Agua), financiado por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) y la asistencia técnica y administrativa del Banco Mundial, durante el periodo de

1996 a 2005. El objetivo del PROMMA era apoyar al Gobierno de México a cumplir con los objetivos de la Ley de Aguas Nacionales de 1992 y su Reglamento de 1994, y tuvo como propósito "contribuir a establecer y consolidar la capacidad tecnológica que requiere México para el desarrollo y manejo integrado de sus recursos hídricos". El monto del préstamo fue de 186.5 millones de dólares (WB, 2005).

En 1999 se incluyeron acciones específicas en torno a los acuíferos sobreexplotados, a través de la selección de cinco proyectos piloto en acuíferos críticos: el Valle de Aguascalientes, San Juan del Río-Querétaro, el corredor Bajío-Guanajuato, las zonas conurbadas de San Luis Potosí y la Costa de Hermosillo, Sonora. El proyecto fue conocido como MASAS (Manejo Sostenible de Aguas Subterráneas) y su objetivo principal era la *estabilización* de dichos acuíferos. En el informe final, el proyecto fue calificado por las instituciones involucradas como "satisfactorio" a nivel global. No obstante, para el caso de los acuíferos piloto se reconoció que no alcanzó el "objetivo secundario clave" de *reducir* la sobreexplotación, aunque contribuyó a que *no se incrementara*. Asimismo el informe señaló que la sobreexplotación está determinada por la política de precios y subsidios, como la tarifa 09 para la energía eléctrica, que desvían el uso de recursos hacia actividades no competitivas que le cuestan a la sociedad mexicana cantidades enormes de recursos económicos y afectan recursos escasos. Además, que la sustentabilidad del componente MASAS depende parcialmente de un *giro* en la política de subsidios a la agricultura. Recomendó difundir que, debido a la envergadura de las situaciones de sobreexplotación, éstas no son ni abordables *ni solucionables de forma inmediata* (WB, op. cit).

En el caso de la Costa de Hermosillo, el estudio piloto incluyó la implementación del Programa de Adecuación de Derechos de Uso de Agua (PADUA), con los objetivos de otorgar apoyos complementarios para la reconversión de cultivos, tecnificar las tierras y otorgar apoyos públicos a quienes renunciaran a sus derechos de agua. Esto es, adquirir títulos de concesión de agua mediante un pago preestablecido de 2.50 pesos por metro cúbico (OMM, 2004). El PADUA era operado, desde 2003, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a nivel nacional, y su objetivo era promover la recuperación de volúmenes de agua en "beneficio de cuencas y cuencas hidrológicas" con problemas de disponibilidad del líquido.

Sin embargo, la implementación y operación del PADUA en diversos distritos de riego del país tuvo dificultades. Entre ellas destaca el bajo precio del agua preestablecido, según los productores agrícolas (que en el mercado local oscila entre 4.5 y 6 pesos/m^3), fundamento legal con poco sustento para justificar el apoyo o compensación al titular de los derechos que no sólo fueron otorgados de forma gratuita, sino que corresponden a un recurso que es propiedad de la Nación.

Otra dificultad que se debe subrayar es la falta de énfasis en que la renuncia a los derechos era para "usos ambientales". Otros obstáculos fueron las diferencias regionales entre distritos: infraestructura y tipo de propiedad (colectiva o privada), y la distorsión respecto a los objetivos del programa que causan los subsidios gubernamentales, como los precios de garantía, el Procampo, la tarifa eléctrica 09 y el precio de agua cero para el uso agrícola (CIDE-SAGARPA, 2004).

Durante el periodo 2003-2006, el total de volumen adquirido en 12 distritos de riego fue de 187 Mm^3 de agua por un monto total de 405 millones de pesos (Tabla 4.4). Como puede observarse, 70% del total se adquirió en regiones del estado de Chihuahua, particularmente en el distrito de riego de Delicias (con 58% del total). En conjunto, esta adquisición representa sólo 0.3% del volumen total deficitario en los acuíferos sobreexplotados. Los agricultores que vendieron sus derechos fueron aquéllos que tenían problemas de endeudamiento con varias instituciones (Comisión Federal de Electricidad, BANRURAL, bancos comerciales), o los que por motivos familiares querían retirarse de la actividad agrícola. La mayoría de los pozos cuyos derechos fueron vendidos no estaban operando (CIDE-SAGARPA, 2004).

Tabla 4.4 México: resultados del Programa de Adecuación de Derechos de Uso de Agua (PADUA), 2003-2006

Ejercicio	Estado	Distrito de Riego	Volumen adquirido (Mm^3)	Recursos ejercidos (millones de pesos)	Total	
					Volumen adquirido (Mm^3)	Recursos ejercidos (millones de pesos)
2003	BCS	066 Santo Domingo	1.5	3.9	1.5	3.9
	Sonora	037 Altar-Piquito-Caborca	14.7	37.2	54.4	130.4
		038 Río Mayo	7.4	12		
		051 Costa de Hermosillo	23.4	58.8		
		084 Valle de Guaymas	8.9	22.4		

Ejercicio	Estado	Distrito de Riego	Volumen adquirido (Mm^3)	Recursos ejercidos (millones de pesos)	Total	
					Volumen adquirido (Mm^3)	Recursos ejercidos (millones de pesos)
2004	Guanajuato	URDERALES y DR	0.8	2	0.8	2.0
	Chihuahua	005 Delicias	31.6	67.1	51.2	99.9
		090 Bajo Río Conchos	19.6	32.8		
2005	Chihuahua	005 Delicias	13.1	28.1	14.6	30.6
		090 Bajo Río Conchos	1.5	2.5		
2006	Chihuahua	005 Delicias	65.0	138.0	65.2	138.4
		090 Bajo Río Conchos	0.2	0.4		
Total			187.7	405.2	187.7	405.2

Fuente: CIDE-SAGARPA, 2004.

Destaca el caso de Santo Domingo en Baja California Sur, en donde la adquisición de un pequeño volumen (1.5 Mm^3) le permitió, junto con la instalación de sistemas de riego presurizado en 17 mil de las 23 mil hectáreas del distrito, equilibrar la extracción y la recarga del acuífero. Por ello, desde 2004, la CONAGUA considera a este distrito como un ejemplo a seguir a nivel nacional. Entre las razones del éxito están el apoyo considerable de instituciones federales y estatales, la participación de los usuarios, la elaboración del reglamento respectivo y la instalación de medidores en todos los pozos activos (Cisneros, 2008).

Una estimación del Banco Mundial (2004), institución que apoyó también el PADUA, calculó que recuperar 3,500 Mm^3 de agua en acuíferos sobreexplotados de distritos de riego seleccionados del país tendría un costo de 6,800 millones de pesos (casi 50% del presupuesto ejercido por la CONAGUA en ese año). Aún así, el volumen recuperado sería 63% del volumen deficitario de aguas subterráneas.

Por lo que se refiere a los subsidios, particularmente el de la energía eléctrica, existe consenso entre instituciones y autores internacionales y nacionales sobre su efecto negativo en la promoción de incentivos a la producción ineficiente y dañina al medio ambiente, especialmente en la sobreexplotación de acuíferos (OCDE, 2003; WB, 2005; UNESCO 2008; Scott, 2004; CIDE-SAGARPA, 2004; Carabias y Landa, 2006). Incluso fue uno de los argumentos para proponer las reformas constitucionales de 1992 a diversas leyes, con el fin de apoyar la "modernización del sector agropecuario mexicano".

No obstante, la oposición de las organizaciones de productores agrícolas y las implicaciones sociales, económicas y políticas han impedido el retiro de estos subsidios. Según Scott *et al.* (2004), las políticas para atender la sobreexplotación deben concentrarse en los vínculos entre el agua y la energía, y en procedimientos más eficaces para conservar el agua y reducir la demanda, como evitar nuevas conexiones para pozos de uso agrícola en zonas prohibidas; fijar límites a la capacidad de los transformadores de las bombas de los pozos, y la reducción de horas en el suministro de energía, en donde el papel de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es esencial.

Otra de las estrategias gubernamentales para enfrentar esta situación es el Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica (PUEAEE), establecido en 1990 y que tiene el esquema de 50% de aportación federal y 50% de aportación del productor o gobiernos estatales y municipales. En 2005 señaló la existencia de 118 mil pozos agrícolas (más del doble de los 50 mil que había en 1988) "con un periodo de operación que excede la vida útil de los elementos electromecánicos de los equipos de bombeo y la misma estructura del pozo, que en general, no ha recibido mantenimiento adecuado". En el periodo 2001-2007, los pozos beneficiados en distritos y unidades de riego fueron casi seis mil y las hectáreas atendidas 200 mil, lo que significó 0.5 y 0.3% del total, respectivamente. El monto de la inversión fue de 783 millones de pesos (Colegio de Posgraduados, 2008).

Lamentablemente, según el Banco Mundial (2004): "los usuarios beneficiados con estos programas han utilizado los ahorros de agua para expandir la superficie de riego o sembrar más dobles cultivos, y los acuíferos no han resultado beneficiados". El PADUA no opera desde 2007, y el PUEAEE se mantiene vigente, aunque no tiene metas explícitas en el Programa Nacional Hídrico 2007-2012.

Un recuento de lo expuesto permite visualizar una tendencia de incremento de la sobreexplotación de acuíferos, a pesar de los esfuerzos gubernamentales en el ámbito legal, tecnológico y de programas de apoyo económico específicos. Lo mismo puede decirse de los esfuerzos de promoción de la participación social en la gestión de los acuíferos a través de los COTAS, que a finales de 2007 eran 78 a nivel nacional y, hasta la fecha, sus resultados son reducidos por mostrar diversas

deficiencias (Escolero, 2006; Marañón, 2004). A continuación, a través de un amplio estudio de caso, se propone un cambio en la concepción e instrumentación de la gestión llevada a cabo en los últimos años en estas áreas.

4.5 Propuesta de gestión social de acuíferos

Como se mencionó en la sección 4.3, desde la década de los años 90 se planteó una gestión participativa de los acuíferos, dentro del marco de la gestión integral del agua, teniendo a la cuenca como unidad de gestión y a los Consejos de Cuenca como instancias de coordinación entre instituciones gubernamentales y de concertación con representantes de los usuarios.

El particular impulso a una gestión participativa en el estado de Guanajuato (Marañón y Wester, 2000; Marañón, 2004), destacado en la literatura académica nacional e internacional, es el terreno en el que se pueden encontrar tanto los logros como los límites en la gestión social del agua subterránea, a través de los COTAS, organismos auxiliares de los Consejos de Cuenca que deben ser el canal de organización de los usuarios de aguas subterráneas para detener el abatimiento de los acuíferos.

En el período que va desde su rápida creación a la actualidad, estos consejos han desarrollado diferentes actividades, entre ellas, de administración del agua (piezometría, actualización del inventario de pozos, apoyo a los usuarios ante la CONAGUA para trámites de relocalizaciones, reposiciones, prórrogas, títulos de concesión); elaboración del plan de manejo del acuífero; colaboración con la CONAGUA y la CFE en los programas de uso eficiente de agua y energía eléctrica y de instalación de medidores volumétricos, y actividades de comunicación y capacitación (uso eficiente del agua y energía eléctrica, cultura del agua, reconversión productiva, programas y proyectos institucionales, Ley de Aguas Nacionales).

El notable despliegue de esfuerzos realizado por los COTAS en relación con los aprovechamientos existentes muestra la desactualización que existe en el REPDA, mismo que carece de utilidad como elemento de planeación y de control, ya que existen fuertes discrepancias con respecto al número de aprovechamientos, volúmenes de extracción y de déficit. Por ejemplo, en Laguna Seca, donde la labor de campo ha permitido tener una mayor precisión cuantitativa respecto al número total de pozos existentes (legales, irregulares y clandestinos) y la superficie total de riego por tipo de tecnología (gravedad y presurizada), para 2003 el COTAS tenía registrados 1,126 pozos, en tanto que el REPDA sólo contabilizaba 656; esto es, el REPDA presentaba un subregistro de más de 40% (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 El desfase entre el REPDA y la información de campo de los COTAS

	REPDA	**COTAS (Laguna Seca) (2003)**
Número de pozos	656	1,126 (90% activos)
Extracción (Mm^3)	122.5	297.5 (95% agricultura)
Recarga (Mm^3)	147.2	147.2
Déficit (Mm^3)	N.d.	150.3
Superficie total cultivada con riego (ha)	N.d.	21,463
Superficie de riego por gravedad (ha)	N.d	15,175 (71%)
Superficie de riego presurizado (ha)	N.d.	6,288 (29%)
Superficie anual de cultivo (ha)	N.d.	31,470

N.d.: No determinado.
Fuente: IMTA-SAGARPA-COTAS-LAGUNA SECA 2004.

La diferencia existente entre el número de pozos registrados en el REPDA y los que operan, esto es, el "rezago en la administración del agua subterránea", es una de las mayores evidencias de la dificultad de la CONAGUA para contar con información certera del número real de aprovechamientos y de este modo tener un dato preciso del volumen total extraído anualmente. En Guanajuato están registrados 18,000 aprovechamientos, pero en la Dirección Local de la CONAGUA se estima que por lo menos otros 12,000 se encuentran en proceso de regularización (Entrevista con el Director Local CONAGUA-Celaya, abril de 2008). Se trata de aprovechamientos cuyos titulares presentaron la solicitud de regularización, en respuesta a los Decretos por los que se otorgaron facilidades administrativas para la regularización de usuarios de aguas nacionales que realicen actividades de carácter agrícola (1995, 1996, 2002 y 2008). Dado el reducido personal con el que cuenta la Dirección Local en Celaya, incluida el área jurídica, no se tiene la capacidad para atender este gran número de solicitudes, lo que implica revisar la integración de los expedientes, elaborar los dictámenes y realizar las notificaciones y las visitas de inspección. Si bien los COTAS guanajuatenses han realizado importantes acciones como las ya reseñadas, el impacto ejercido para contener la sobreexplotación es reducido, pues no se han tomado acciones concretas para disminuir las extracciones, es decir, no se han dado los

pasos orientados hacia la reglamentación de los acuíferos, con lo que se corre el riesgo de que los COTAS se especialicen como instituciones "gestoras" de trámites, sobre todo ante la CONAGUA, y de "enlace" con instituciones gubernamentales para la ejecución de programas, que no guardan mucha relación entre sí y tampoco tienen un efecto concreto sobre el abatimiento del agua subterránea.[3]

Mientras tanto, los problemas centrales de la gestión se mantienen y giran en torno a los siguientes puntos:

i) La continuidad del manejo centralizado, más allá de discursos participativos que no contemplan una cesión real de poder al nivel local (Marañón, 2007; Marañón, en prensa) y, en particular, a los usuarios de agua subterránea.

ii) El desconocimiento de la heterogeneidad de los diversos actores, en especial los usuarios agrícolas (Hoogesteger, 2004), y de las posibles fuentes potenciales de conflicto, ya que entre ellos existen percepciones y posiciones diferentes alrededor del problema de la sobreexplotación. Se insiste en alternativas técnico-económicas que se asocian con el perfil de un productor agrícola empresarial.

iii) La imposición para el ahorro de agua de una solución tecnológica, basada en una racionalidad técnico-instrumental, la cual se apoya en las tecnologías de riego presurizado (aspersión y goteo).

iv) La ausencia de un espacio de encuentro entre los diversos actores para intercambiar, en condiciones de igualdad, sus puntos de vista, y aceptar las diferentes racionalidades de cada uno. Esto es, la carencia de una estrategia de interacción social y de una metodología participativa que facilite el proceso, dada la concepción vertical y administrativa de participación, que no repara en la dimensión política (heterogeneidad de los actores y de sus intereses, transferencia de poder) del proceso de reglamentación.

v) El enraizamiento social de los COTAS, su implantación entre los usuarios y la sociedad en general son débiles, pues no son organizaciones que tengan identidad de grupo, sentido de pertenencia, cohesión.[4]

---

[3] La gestoría y la búsqueda de fuentes complementarias de ingresos han contribuido a una especie de "activismo" de los COTAS, que los aleja de su objetivo central: la contención del abatimiento de los mantos subterráneos. Esta situación se ha visto reforzada por el modo en que los recursos del Banco Mundial han sido distribuidos desde 2005, pues, de manera centralizada, en la Comisión Estatal de Agua de Guanajuato (CEAG) se determinan las actividades que los COTAS deben realizar anualmente, y para cada una de ellas se establece un pago monetario específico.

[4] Véase Pérez, Judith (en prensa). "La participación social en los COTAS: ¿el empoderamiento

vi) La falta de coordinación interinstitucional. La Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato (SDA) es la encargada de la administración del programa de tecnificación y exige para la calificación favorable del solicitante la instalación de un medidor volumétrico. Sin embargo, una vez que la solicitud ha sido aprobada y el equipo de riego instalado y puesto en operación, no hay medición alguna de las extracciones por parte de la CONAGUA, para evitar que el volumen de agua ahorrado se destine a la expansión del área cultivada anual, como ocurre cotidianamente.[5] Existe otro problema de coordinación entre la CFE y la CONAGUA, pues existen pozos irregulares que cuentan con abastecimiento de energía eléctrica. En estas decisiones, los COTAS no tienen ninguna participación significativa.

Así, los problemas de la participación social en la gestión del agua subterránea tienen su fundamento en diversos factores, entre ellos, la forma en que se concibe la política, en la inexistencia de un espacio de interacción social, en la imposición de una solución únicamente tecnológica y en la carencia de un proceso participativo con cesión de poder. Por tanto, es pertinente plantear la necesidad de avanzar hacia una reformulación conceptual que permita la construcción de consensos desde procesos realmente participativos. En otro trabajo (Marañón y López, en prensa) se despliega la crítica al enfoque actual. A continuación se discutirán los ejes centrales de una metodología participativa que permitiría dar pasos concretos en el camino de la reglamentación de los acuíferos sobreexplotados.[6]

4.5.1 Espacio de interacción social

Se requiere promover un proceso de interacción social, lo cual implica reconocer la existencia de diferentes actores, heterogéneos social, económica y políticamente, y con distintas percepciones y posiciones vinculadas al problema en estudio; las diferentes maneras en que los usuarios agrícolas utilizan el agua de riego, y la necesidad de definir soluciones que tengan en cuenta sus condiciones materiales de existencia (acceso a recursos, nivel cultural, formas de producción, tipo de inserción en el mercado, sistemas de riego, tipo de racionalidad). Entre los actores más importantes en el estado, están los institucionales tanto federales como

---

de los usuarios en la administración del agua subterránea?" en: *La participación social en la gestión del agua subterránea en Guanajuato: Logros y contradicciones*. Libro en imprenta.

[5] De una muestra de 185 regantes que cambiaron su sistema de riego, 75% señaló que este cambio estuvo asociado a un incremento en la superficie cultivada (COTAS Salvatierra-CEAG, 2003).

[6] Para mayor detalle, véase Marañón y López (2009).

estatales (la CONAGUA y la SAGARPA, la CEAG y la SDA), las organizaciones de usuarios (como los COTAS), y propiamente los usuarios.

En relación con sus percepciones,[7] existe, en general, un reconocimiento casi absoluto de que hay un problema de sobreexplotación y abatimiento de los acuíferos en la entidad.[8] Sin embargo, la percepción de cada uno de los actores involucrados acerca de los factores que han provocado esta situación varía de uno a otro. La mayoría de los agricultores relaciona el problema del abatimiento –y contaminación– con la reducción en las precipitaciones pluviales y las descargas de las industrias y de los grandes centros de población, respectivamente. La CONAGUA atribuye el problema a la inexistencia de una cultura del agua entre los usuarios, además del incumplimiento de sus obligaciones, aun cuando las conocen. Para la Comisión Estatal del Agua (CEAG), la fragmentación de los títulos es un mecanismo que está amparado por la Ley de Aguas Nacionales y que contribuye de manera considerable a la extracción de volúmenes por encima de los permitidos, ya que la CONAGUA no tiene capacidad para vigilar que se respete esa división en los volúmenes de extracción. Por su parte, los directivos de los COTAS señalan que los usuarios no asumen su responsabilidad sobre el abatimiento de los acuíferos, pues se culpan unos a otros y además no han dimensionado el problema en toda su magnitud.

Asociado con las diversas interpretaciones del problema, hay también una variedad de posiciones en torno a las soluciones. Algunas apuntan hacia una mayor participación y organización social, mientras que otras cuestionan la viabilidad y pertinencia de abrir espacios de participación social para el manejo de las aguas subterráneas.

Todos los actores coinciden en que la CONAGUA enfrenta serias limitaciones para cumplir con las funciones que le han sido encomendadas. Por ejemplo, segmentos de usuarios agrícolas de bajos recursos la identifican como un "verdugo" pero sin capacidad para regularizar los títulos de concesión, y menos aún para monitorear y controlar las extracciones, lo que favorece la proliferación de pozos ilegales. Además, sostienen que el marco legal desincentiva los esfuerzos para ahorrar agua, pues si no se consume el volumen concesionado, para el siguiente periodo se les da una asignación menor. Señalan también que la actual política agraria es excluyente, sesgada hacia el sector empresarial, pues no todos los productores cuentan con capacidad económica para cumplir con la aporta-

[7] Las percepciones han sido sistematizadas a partir de la información recopilada en talleres (Celaya, 27-28 de febrero de 2007; Irapuato, 11 de abril de 2007, y Celaya, 30 de agosto de 2007) y las entrevistas en campo realizadas tanto a funcionarios como al representante de los COTAS y a productores agrícolas, de marzo a diciembre de 2007.

[8] Aunque algunas opiniones apuntan que los usuarios no están conscientes de la gravedad del problema del abatimiento y contaminación de los acuíferos.

ción que las instituciones solicitan, con el fin de ser beneficiarios de los apoyos para mejorar los sistemas de riego.

Por su parte, la CEAG ha señalado la necesidad de una gestión descentralizada y participativa del agua, dada la incapacidad de la CONAGUA para vigilar y controlar la extracción de agua subterránea, así como para tener un padrón actualizado (REPDA). Para resarcir esta situación, recomiendan que la CONAGUA delegue facultades a la CEAG, y ésta las transfiera a los COTAS y a los usuarios. Pero tanto la CONAGUA como la CEAG cuestionan el funcionamiento de los COTAS: la primera identifica una falta de representatividad de los usuarios y una dependencia financiera importante, mientras que para la segunda, los COTAS son espacios adecuados de representación de los usuarios, pero las limitaciones impuestas desde la CONAGUA, aunado a la actitud protagonista de algunos gerentes, les resta efectividad y legitimidad.

Por su parte, entre los usuarios predomina la idea de que los COTAS son unidades de enlace entre los usuarios y el gobierno, que brindan asesoría para realizar los trámites, o bien, que ofrecen cursos de capacitación para el manejo y conservación del agua. Sin embargo, no se asumen como "socios" de los COTAS –y de hecho, muchos aún no lo son, a pesar de que tienen años de conocerlos–, y además consideran que estas organizaciones no pueden resolver el problema de la sobreexplotación de los acuíferos, porque no tienen autoridad, y por tanto, tampoco capacidad de control. Los consejeros y gerentes de los COTAS señalan que los usuarios no asumen su responsabilidad en el problema, lo que aunado a la desconfianza y recelo, explica su falta de interés por participar en los espacios que han abierto los COTAS. A estos factores se suman el paternalismo y el conformismo como elementos que han limitado la participación de los usuarios agrícolas en los COTAS.

Debido a esto, los COTAS enfrentan una serie de restricciones para cumplir con su objetivo de estabilización de los acuíferos y demandan un mayor reconocimiento y capacidad de gestión. No obstante, algunos segmentos en el interior de la CONAGUA y de la CEAG no son partidarios de que los COTAS disfruten de mayores atribuciones. La primera argumenta que esto requeriría una modificación constitucional, y la segunda, que se correría el riesgo de que se den situaciones de corrupción y que las organizaciones se tomen facultades o poderes excesivos. Queda claro que no existe una estrategia de interacción social entre los actores para intercambiar, en condiciones de igualdad, sus puntos de vista y aceptar las diferentes racionalidades.

4.5.2 Diferentes sistemas de riego: diferentes soluciones

Al mismo tiempo, es vital que se reformule el modo en que se construye el diagnóstico y las alternativas para frenar la sobreexplotación de los acuíferos. Hay un consenso entre instituciones de gobierno, instituciones financieras internacionales y segmentos de productores agrícolas empresariales, acerca de que la solución pasa necesariamente por la tecnificación con riego presurizado; además, el fetiche de la tecnología (Novaes, 2005) que supone que la última tecnología siempre es la mejor, refuerza esta posición. Pero este enfoque deja de lado a la gran proporción de productores de subsistencia con escasos recursos materiales, quienes riegan por gravedad y además producen con el objetivo de maximizar su ingreso neto y no la ganancia, y tienen otra racionalidad económica, además de sus propias estrategias para ahorrar agua sin incorporar tecnologías duras.

Respecto al fetiche de la tecnología, es necesario reconocer que los sistemas de riego presurizado no son necesariamente la mejor opción, pues para instalar estos sistemas se deben considerar condiciones agronómicas diversas, entre éstas, el tipo de suelo. Además, los tipos de cultivo también condicionan la elección de un sistema de riego. Por ejemplo, para que un sistema de riego por goteo sea viable económicamente, se necesita que los cultivos sean de alta rentabilidad.[9] Incluso los productores se muestran cautos, pues aunque confían en que el mejoramiento en los sistemas de riego contribuye a reducir el volumen de agua consumido por el sector, señalan que es importante realizar pequeños experimentos para determinar la eficiencia de los mismos y combinar con otras alternativas, como la labranza de conservación. Asimismo, el ahorro de agua asociado a la tecnificación de riego se ha visto opacado, porque al no existir un control de las extracciones, muchos de los productores utilizan ese volumen para incrementar la frontera agrícola (Magaña y Muñoz, 2005).

Otras opciones para reducir el uso del agua y estabilizar el acuífero son implementar la reconversión de cultivos y disminuir la superficie sembrada. Sin embargo, no se discuten las implicaciones socioeconómicas de estas medidas y se asume que el productor tiene, o debe tener, un perfil empresarial: "es necesario ver a la agricultura desde otra perspectiva, hay que contextualizarla como

[9] En estudios realizados por CONAGUA-Colegio de Posgraduados (2003) para los acuíferos de Acámbaro, Irapuato-Valle y Silao-Romita, se hacen diversas recomendaciones para ahorrar agua, entre éstas, tecnificar las áreas no tecnificadas y modernizar los sistemas de riego actuales. En el caso de la modernización de los sistemas de riego se enfrentan algunas restricciones. Por ejemplo, en el caso del maíz (forrajero y para grano) y del trigo, no parece económicamente factible cambiarlos a un sistema de riego por aspersión o por goteo, debido a que la inversión en el sistema es grande y el incremento en rendimiento es mínimo.

un negocio productivo, es decir con menos agua y superficie, producir más" (CONAGUA-Colegio de Posgraduados, 2003).

Por tanto, se requiere una apertura con relación a las alternativas de ahorro de agua en el riego; relativizar las capacidades del enfoque "tecnológico" predominante, e incorporar otros saberes y otras propuestas menos costosas e igual o mucho más efectivas para solucionar los problemas de escasez de agua en la agricultura. En esta perspectiva, desde 2007 se inició en Guanajuato el Programa de Capacitación y Asistencia Técnica en Riego,[10] que tiene como objetivo mejorar el diseño del riego a nivel de parcela para incrementar la eficiencia de aplicación. Los resultados logrados en 1,500 hectáreas, en el primer año, son positivos, ya que la eficiencia del riego por gravedad se elevó de 35 a 65-70% en promedio, con el consiguiente ahorro de agua y de energía eléctrica, aspecto de gran importancia en las zonas de riego con pozos profundos. El costo de esta tecnología es de 4,300 pesos/ha (incluidos los honorarios del experto en riego y la nivelación láser), comparado con los 16,000 pesos en el riego por aspersión y 24,000 en riego por goteo. Además, la elevada eficiencia teórica[11] en estos dos sistemas está condicionada a diseño, instalación y operación adecuados, y cotidianamente se observa una falta de capacitación de los técnicos que se dedican a esta actividad en la agricultura de riego guanajuatense (Tabla 4.6).

A pesar de sus evidentes ventajas, la propuesta de asistencia técnica en riego no recibe la atención debida en términos de recursos presupuestales (Tabla 4.7), no sólo por el predominio de la racionalidad técnico-instrumental, sino también por factores políticos, ya que programas como el mencionado no tienen el impacto visual y electoral como podría ocurrir con los sistemas de riego presurizado.

[10] En el estudio de CONAGUA-Colegio de Posgraduados se sugiere también reforzar e implementar los programas de asistencia técnica y de asesoramiento en el uso eficiente del agua, lo que ayudaría a los usuarios a conocer cómo, cuándo y cuánto regar, con lo que ahorrarían agua, ya que utilizarían adecuadamente los sistemas de riego y aplicarían la cantidad adecuada que requieren los cultivos.

[11] El ahorro de agua por hectárea que se obtiene al utilizar estas u otras tecnologías es teórico, porque en realidad no hay ni medición ni control de las extracciones. La práctica común entre los productores, si existe capacidad financiera, es expandir la superficie de cultivo, como ya se mencionó.

Tabla 4.6 Guanajuato: comparativo de costos por hectárea del Programa de Capacitación y Asistencia Técnica en Riego con relación al Programa de Tecnificación, 2007

	Asistencia en riego[2]	Tecnificación[3]	
		Aspersión	Goteo
Costo Secretaría de Agricultura (SDA)[1] (pesos/ha)	1,300	10,850 (70% total)	16,000 (70% total)
Costo total (pesos/ha)	4,300*	16,000	24,000
Eficiencia (%)	65-70**	80	90

[1] El programa de Tecnificación del Riego es parte de Alianza para el Campo de Guanajuato, con aportación tripartita (federal, estatal y del productor).
[2] La capacitación y asistencia técnica se otorga durante dos ciclos (un año).
[3] Los costos no están anualizados. Se calcula una vida comercial de 5 años para ambos sistemas.
*Incluye los gastos de la nivelación, que pueden fluctuar entre 1,500 y 4,000 pesos/ha. La SDA ofrece un apoyo de hasta 1,000 pesos/ha para nivelación de suelos.
**Depende de la nivelación, el tipo de suelo, la longitud del surco (tirada), entre otros factores.

Fuente: Subsecretaría del Riego, Secretaría de Agricultura, Gobierno del Estado de Guanajuato. Información no publicada.

Tabla 4.7 Guanajuato: Programa de Asistencia Técnica en Riego y Programa de Tecnificación del Riego con Agua Subterránea, 2007

	Aportación gubernamental (pesos)	Superficie (ha)	Número de productores beneficiados	Volumen de agua ahorrado (Mm^3)
Capacitación y asistencia técnica en riego	3,500,000	2,300	180	1.4
Tecnificación del riego con agua subterránea	31,987,617	3,933	5,890	10.0

Fuente: Subsecretaría del Riego, Secretaría de Agricultura, Gobierno del Estado de Guanajuato. Información no publicada.

4.5.3 La doble descentralización

a) De la CONAGUA a los COTAS

Es decisivo que los COTAS tengan un estatus de mayor peso en la administración del agua para que sus acciones tengan un impacto real con relación a los problemas de orden, control y aplicación de sanciones. Esto podría concretarse a partir de una modificación legal a las atribuciones de la CONAGUA, o por medio de un acuerdo entre la Federación y el gobierno estatal. Justamente, durante 2005, el Consejo Estatal Hidráulico (CEH)[12] propuso que se realizara un Convenio de Coordinación y Concertación con la CONAGUA, con el fin de descentralizar y mejorar la administración, uso y manejo del agua a nivel de acuífero, así como para consolidar la participación de los usuarios a través de los COTAS. Se trata de que estas organizaciones tengan mayores atribuciones y tomen medidas en los aspectos técnicos y administrativos en la gestión del agua, relacionados con los incisos III c y V, del artículo 14 BIS de la LAN[13] (CEAG, 2007).

Sin embargo, el proceso de formalización del convenio ha atravesado por muchas dificultades: en su momento no tuvo una adecuada receptividad por parte del personal de la CEAG; no fue respaldado por el gobernador sino hasta 2006, y a la fecha no ha sido avalado por el Organismo de Cuenca.

b) De los COTAS a las Unidades Básicas de Gestión

Otro elemento fundamental, no resaltado hasta ahora, es la incorporación de los usuarios organizados a partir de sus unidades de riego en actividades de administración del agua, en la vigilancia, control y toma de decisiones sobre los aspectos más importantes referidos al agua subterránea. De este modo se podría desatar un *Espiral Descentralizador*, es decir, controles recíprocos entre todos los actores involucrados en la gestión del agua subterránea. Esto significaría una delegación de responsabilidades de la CONAGUA a los COTAS, pero serían

[12] El CEH es el organismo de representación, coordinación y apoyo de 20 organizaciones de usuarios de agua, tanto superficial como subterránea (14 COTAS, 2 Distritos de Riego y 4 Unidades de Riego), que cubren el territorio del estado de Guanajuato.

[13] La CONAGUA, a través de los Organismos de Cuenca y con apoyo en los Consejos de Cuenca: III. Proveerá los espacios y mecanismos para que los usuarios y la sociedad puedan: c. Asumir responsabilidades directas en la instrumentación, realización, seguimiento y evaluación de medidas específicas para contribuir en la solución de la problemática hídrica y en el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos; V. Concertará acciones y convenios con los usuarios del agua para la conservación, preservación, restauración y uso eficiente del agua.

los usuarios, organizados[14] en Unidades Básicas de Gestión alrededor del pozo,[15] los encargados de las labores diarias de control, con la previa capacitación en aspectos básicos de medición, llenado de reportes, aspectos piezométricos y de funcionamiento de los equipos de bombeo, así como verificación de la legalidad de la documentación.

Desde 2005, la CEAG ha estado impulsando la creación de los denominados Comités de Monitoreo, con la finalidad de concientizar a los usuarios en el buen uso de sus volúmenes de extracción; capacitarlos para la toma de lecturas y volúmenes; reportar cada seis meses las lecturas a la CONAGUA, y validar la información que ellos generen y proporcionen. Esta iniciativa ha sido llevada con acentos variados por los COTAS guanajuatenses, pero, lamentablemente, la CEAG no dispone de información sistematizada de los resultados. Al mismo tiempo, la concepción que la CEAG tiene sobre estos grupos organizados es administrativa, es decir, contribuirían a monitorear las extracciones, pero no tendrían ninguna capacidad política en la administración del agua, y por tanto, se mantendrían los problemas de representatividad y legitimidad de los COTAS.

La propuesta de las Unidades Básicas de Gestión no tiene que verse como la creación de más estructuras burocráticas que dupliquen las actividades de los COTAS, sino como instancias descentralizadas de los mismos, integradas por los usuarios, que se ocupen a nivel de cada pozo de algunas actividades específicas de administración del agua, entre ellas la medición de las extracciones, y también, aunque de manera gradual y parcial, podrían hacerse cargo de otras actividades relacionadas con los títulos de concesión (reposición, relocalización, transferencias de derechos). Todo este proceso debe verse como un involucramiento en la administración del agua no sólo de los consejeros y gerentes de los COTAS, sino también del conjunto de usuarios. El impulso de las Unidades Básicas de Gestión, al apoyarse en una práctica característica de la democracia directa (De Sousa, 2003), le daría transparencia a la administración del agua y también a la capacidad de controles mutuos entre los regantes de cada pozo y entre aprovechamientos, así como entre el COTAS y las autoridades estatales y federales. Así podría generarse la credibilidad necesaria para que todos cumplan con los acuerdos alcanzados en relación al volumen de extracción y la legalidad de los pozos. De este modo, las Unidades Básicas de Gestión tendrían la responsabilidad de generar la información sobre el desenvolvimiento de las extracciones en cada aprovechamiento.

[14] En este sentido, un sector de los usuarios agrícolas se muestra abierto y propone alternativas de tipo organizativo. Señalan que lo primero es dimensionar y conocer el problema, instalar medidores y mejorar la comunicación y vigilancia entre los distintos usuarios para que exista un control de las extracciones de cada uno.

[15] Sobre esta propuesta, véase Marañón y López (2007).

Indudablemente, esta propuesta de gestión descentralizada enfrenta dificultades, no sólo por la probable oposición de ciertos sectores dentro del aparato gubernamental federal y estatal, sino también desde algún sector de los productores agrícolas (como los de hortalizas para exportación), que podrían mostrarse reacios a permitir la medición y verificación de sus volúmenes extraídos. Otra barrera significativa es la cultura política corporativa y clientelar que subsiste en el campo mexicano, que se puede debilitar si los productores tienen una mayor injerencia en la gestión del agua subterránea y los procesos de asignación de apoyos gubernamentales se hacen más transparentes. Estas dificultades, más que obstáculos, deben verse como aspectos que hay que considerar y analizar para que la propuesta sea exitosa.

En este proceso, el COTAS debería tener un cambio en su estructura, de manera que se pueda incorporar a un científico social para fortalecer la visión de la gestión del agua como un proceso sociopolítico y conflictivo, y buscar consensos entre los actores para la reglamentación. En este sentido, se propone iniciar un ensayo de reglamentación en uno o dos acuíferos, basado en un proceso de interacción social, que contribuya a generar confianza entre los usuarios y a establecer un acuerdo normativo.

Ostrom (2000) señala algunas condiciones para una gestión social exitosa. La experiencia debería hacerse en una zona de mediana o pequeña escala en términos geográficos y de número de aprovechamientos, en la que exista información geohidrológica actualizada y confiable, no haya competencia pronunciada por el agua entre los diversos usos, y el COTAS tenga cierto reconocimiento social.

Además, para llevar adelante la propuesta es necesario contar, desde el inicio, con lo siguiente: 1) un acuerdo político entre los actores centrales que permita transferir poder, en un doble movimiento, de las autoridades hacia los COTAS, y de éstos hacia los usuarios, organizados y movilizados, para realizar las actividades concretas de administración del agua, desde el punto donde brota: el pozo; 2) un censo de aprovechamientos, así como conocer cuántos y cuáles pozos están en proceso de regularización y la magnitud y ubicación de los pozos clandestinos (cuyos titulares no se acogieron a los Decretos de facilidades administrativas ya mencionados); 3) medidores volumétricos; 4) una efectiva coordinación intergubernamental (CFE, CONAGUA, SAGARPA, SDA y CEAG), de modo que los diversos apoyos existentes se orienten al "usuario que cumple" con las disposiciones legales.

Es importante resaltar que la reducción de extracciones, respetando los volúmenes concesionados, puede contribuir a equilibrar el acuífero. Sin embargo, como el estudio CONAGUA-Colegio de Posgraduados (2003) sostiene para el caso del acuífero de Acámbaro (Guanajuato), esta disminución de las extracciones "económicamente no resulta ningún beneficio hacia los productores por

lo que no basta equilibrar el sistema sino que es necesario hacerlo combinando alternativas de manejo atractivas a la economía de la población".

Reflexiones finales

Los problemas de la gestión de los acuíferos sobreexplotados en México son múltiples y complejos. Tienen raíces históricas, componentes económicos y tecnológicos, pero también dimensiones sociales y políticas. Hasta la fecha, su solución se ha centrado en estrategias tecnológicas y mediante una gestión centralizada, a pesar de que a nivel mundial se reconoce que la adopción de nuevos enfoques basados en la gestión de la demanda y el consenso social sobre el uso del acuífero tendrán más éxito que los enfoques técnicos basados en la gestión de la oferta. Además de que se reconoce que las tensiones entre diferentes usuarios en torno a los acuíferos sólo disminuirán trabajando directamente con las comunidades y dialogando sobre políticas sectoriales, y con el conocimiento compartido y la comprensión común de la situación actual y las opciones futuras (UNESCO, 2008).

Como se ha visto, hay una búsqueda permanente de nuevas fuentes de agua del subsuelo, de incremento de las estimaciones de la recarga natural, pero también de la extracción. Al mismo tiempo, se perfora cada vez a mayor profundidad o se efectúan transmisiones de derechos de agua entre usuarios, básicamente del sector agrícola al urbano. Todo ello involucra mayores espacios geográficos en la dinámica de perforación, extracción y sobreexplotación; modifica el funcionamiento natural de los sistemas hidrogeológicos; incrementa los costos de bombeo y transporte, y permite la concentración de derechos de agua por parte de los sectores, empresas o usuarios con mayores recursos económicos.

La actualización del conocimiento científico y técnico sobre los acuíferos sobreexplotados muestra un ritmo lento, a pesar de las consecuencias negativas que tienen el abatimiento, la intrusión salina y el abandono de tierras, y a pesar de los efectos que tiene la falta de estudios de disponibilidad para el otorgamiento de nuevas concesiones, la programación hidráulica, los planes de manejo y el establecimiento de nuevos desarrollos como lo determina la NOM 011-CNA-2000.

No se observan esfuerzos concretos de descentralización por parte de la máxima autoridad del agua, ni capacidad efectiva para efectuar su tarea normativa y de regulación en cuanto a medición, inspección, monitoreo, vigilancia, planes de manejo, reglamentos y vedas. Las metas modestas del PNH 2007-2012 lo evidencian. Esto último se vincula con la baja recaudación de la CONAGUA por concepto de pago de derechos por uso, explotación y aprovechamiento de aguas nacionales, en donde el principal demandante del recurso (el uso agropecuario) se mantiene, inexplicablemente, sin pagar los derechos por su uso y con diversos

subsidios que no están bien diseñados ni aplicados y que dificultan la gestión y preservación de los acuíferos.

En el nuevo contexto político y económico, registrado desde fines de los años 80, es posible sostener que a pesar del discurso gubernamental, que enfatiza la participación y descentralización, la gestión del agua subterránea sigue siendo centralizada y autoritaria. Al mismo tiempo es ineficaz, pues el control sobre las perforaciones y el volumen extraído en cada pozo, en relación al autorizado, es deficiente. Además, no se tiene una idea precisa sobre el funcionamiento del agua subterránea.

Los intentos de promover la participación social, traducidos en el impulso de los COTAS, resultan insuficientes. Sin embargo, es necesario reconocer la labor que han desempeñado: actualización y caracterización de aprovechamientos, estudios hidrológicos, gestoría en nombre de los usuarios ante CONAGUA y otras dependencias, así como actividades educativas.

Desgraciadamente, estas actividades no se han traducido en una disminución de la sobreexplotación de los acuíferos, que es el fin por el que fueron fundadas estas organizaciones. Esto es así porque su margen de maniobra está muy restringido, de modo que las organizaciones de usuarios no van adquiriendo, de manera gradual, mayores atribuciones en relación a aspectos centrales de la administración del agua subterránea.

Se hace patente, en cuanto a las alternativas de ahorro de agua en la agricultura, el excesivo énfasis otorgado, por instituciones financieras internacionales y los gobiernos federal y estatal, a una solución "tecnológica" basada en la incorporación de sistemas de riego presurizado (goteo y aspersión), enfoque que excluye a los productores pequeños, de bajos recursos por falta de capacidad económica y, en última instancia, por tener una racionalidad económica que no busca la maximización de los beneficios, como ocurre con el productor de tipo empresarial.

Se propone debatir una nueva perspectiva sobre la gestión social del agua subterránea, en la que se incorporen los desarrollos últimos relativos a la "democratización de la democracia" y las propuestas participativas que busquen una mejora de los equilibrios sociales y políticos.

También se plantea la creación de un espacio de interacción social, un punto de encuentro que reconozca las diferencias de intereses entre los diversos actores involucrados y sus distintas racionalidades, conocimientos y saberes. En este escenario, que es representativo, se puede promover la discusión y la definición de alternativas consensuadas, con base en una doble transferencia de poder, hacia los COTAS y hacia los usuarios organizados en Unidades Básicas de Gestión con el pozo de agua subterránea como eje.

Esto daría lugar a una espiral descentralizadora y a la emergencia de controles recíprocos entre autoridades y usuarios, así como entre los propios usuarios, en

relación a la administración del agua, lo que contribuiría a que ésta fuera eficaz y transparente. Éste podría ser un posible camino para que las instituciones encargadas de la gestión tengan legitimidad y se facilite la creación de un clima de confianza, y para el ejercicio del control social que induzca a menores extracciones de agua y, por tanto, a un cambio social, un cambio de actitudes.

Referencias

Aboites, Luis (2004). "De bastión a amenaza. Agua, políticas públicas y cambio institucional en México, 1947-2001". En Boris Graizboard y Jesús Arroyo (coordinadores), *El futuro del agua en México*, pp. 89-113. Universidad de Guadalajara-El Colegio de México, México.

——, Luis (1998). *El agua de la nación. Una historia política de México (1888-1946)*. CIESAS, México.

Arreguín, José (1998). *Aportes a la historia de la geohidrología en México*. CIESAS, México.

Banco Mundial (2004). *Gestión de recursos hídricos en México: el papel del PADUA en la sostenibilidad hídrica y el desarrollo rural*. Vol.1.

Carabias, Julia y Rosalva Landa (2006). *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. El Colegio de México-UNAM-Fundación Gonzalo Río Arronte.

Carrillo, Joel, E. Ducoig y R. Pérez (2005). *Agua y desarrollo nacional*. Alternativa Ciudadana 21, APN, enero-marzo.

Centro de Investigación y Docencia Económicas-SAGARPA (2004). *Evaluación del Programa de Adquisición de Derechos de Uso de Agua 2003.*

Cisneros, Olga (2008). "La gestión del agua a través de los Cotas en México. Análisis de su gestión en cuatro estudios de caso". En Denise Soares, Sergio Vargas y María Rosa Nuño (editores), *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas*. Tomo 1.

Colegio de Posgraduados-CONAGUA (2008). *Evaluación del Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.*

Comisión Estatal de Agua de Guanajuato (2007). *Estrategias gubernamentales para incrementar la participación social en los COTAS*, Reunión Nacional de COTAS, XIII Expo Agua 2007. Agua y Familia, 20 y 21 de septiembre, Guanajuato, México.

Comisión Nacional del Agua-Colegio de Posgraduados (2003). *Integración del Plan de Manejo del Acuífero Irapuato-Valle en el estado de Guanajuato*.

Comisión Nacional del Agua-Colegio de Posgraduados (2003). *Integración del Plan de Manejo del Acuífero Silao-Romita en el estado de Guanajuato*.

Comisión Nacional del Agua-Colegio de Posgraduados (2003). *Integración del Plan de Manejo del Acuífero Valle de Acámbaro en el estado de Guanajuato*.

Comisión Nacional del Agua-SEMARNAT (2008). *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*.

Comisión Nacional del Agua-SEMARNAT (2008). *Estadísticas del Agua en México, Edición 2008*.

Comisión Nacional del Agua (1994). *Transferencia de los distritos de riego en México*.

Chávez, R., F. Lara y R. Sención (2006). "El agua subterránea en México: condición actual y retos para un manejo sostenible", *Boletín Geológico y Minero*, 117 (1): 115-126.

De Sousa, Boaventura (2003). *Democratizar la democracia. Los caminos de la democracia participativa.* FCE, México.

Escolero, Oscar (2006). "La experiencia Mexicana con grupos de usuarios de agua subterráneas", *International Symposium on Groundwater Sustainability* (ISGWAS). Alicante, España.

Hoogesteger Van Dijk, Jaime D. (2004). *The Underground*, M. Sc. Thesis. IMTA, IRD, México.

Kemper, Karin, S. Foster, H. Garduño, M. Nanni, A. Tuinhof (2006). *Instrumentos económicos para la gestión del agua subterránea*. Serie de Notas Informativas, Nota 7. GWMATE-Banco Mundial.

Magaña, Gustavo y Bernardo Muñoz (2005). "Propuesta de Manejo de Agua en Guanajuato". Ponencia presentada en el XII Congreso Nacional de Irrigación.

——, Boris (en prensa). "El espejismo de la descentralización y participación social en la gestión del agua subterránea en México". En Boris Marañón (coord.), *La participación social en la gestión del agua subterránea en Guanajuato: Logros y contradicciones*. Libro en imprenta.

Marañón, Boris (2007). "Hacia el fortalecimiento de las formas públicas no estatales de gestión del agua potable en América Latina". En Boelens, R., Guevara, A., Hendriks, J. y Hoogesteger, J. (compiladores), *Pluralismo Legal, Reforma Hídrica y Políticas de Reconocimiento*. WALIR Studies, volume 13, Universidad de Wageningen-CEPAL-IPROGA-Concertación-Centro Bartolomé de las Casas, Wageningen.

——, Boris (2004). "La participación social en el manejo del agua subterránea en México: entre el discurso y la realidad". En Centro del Manejo del Agua para el Tercer Mundo, *Hacia una gestión integral del Agua en México: Retos y Alternativas.* Miguel Angel Porrúa, México.

——, Boris y Dania López (en prensa). "La gestión participativa del agua subterránea en México: hacia un cambio de paradigma". En Boris Marañón (coord.), *La participación social en la gestión del agua subterránea en Guanajuato: Logros y contradicciones*. IIEc, UNAM-CONACYT, México.

——, Boris y Dania López (2009). "Los procesos de reglamentación de acuíferos sobreexplotados: consideraciones sociopolíticas". En Sergio Vargas, Denise Soares, Ofelia Pérez Peña y Ana Isabel Ramírez (editores), *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas*, Tomo II. IMTA-UDG, México.

——, Boris y Dania López (2007). *Una propuesta metodológico-participativa*. Segundo Informe, Proyecto Metodologías participativas para la reglamentación de acuíferos sobreexplotados. CONACYT, IIEC-México.

Marañón-Pimentel, Boris y Philippus Wester (2000). *Respuestas institucionales para el manejo de los acuíferos en la cuenca Lerma-Chapala*. México, IWMI, Serie Latinoamericana, no. 17, México.

Moreno, José Luis (2006). *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005*. El Colegio de Sonora, Hermosillo.

Ollivier, Isabelle y Sergio Vargas (2005). "El agua subterránea y el riego en el estado de Guanajuato". En S. Vargas y E. Mollard (editores), *Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala*, IMTA-IRD, México.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2003). *Evaluación del desempeño ambiental: México*.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2004). *Manejo integrado y sostenible del agua en la Costa de Hermosillo y la cuenca del río Sonora*, Fase II, Informe núm. 192. CONAGUA-PROMMA.

Orive Alba, Adolfo (1960). *La política de irrigación en México*. Fondo de Cultura Económica, México.

Ostrom, Elinor (2000). *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. UNAM-CRIM-FCE, México.

Pedroza, E., M. Arroyo, L. H. Ochoa, J. A. Ruiz y J. S. Santana (2001). "Mejoramiento de la medición en pozos agrícolas", *Anuario IMTA 2001*. Pp. 25-33.

Pérez, Judith (2008). "La participación social en los COTAS: ¿el empoderamiento de los usuarios en la administración del agua subterránea?" En *La participación social en la gestión del agua subterránea en Guanajuato: Logros y contradicciones*. Libro en imprenta.

SAGARPA-IMTA-COTAS LAGUNA SECA (2004). *Propuesta de operación para el manejo sustentable del acuífero de Laguna Seca, Guanajuato, en el uso agrícola de riego*, México, (no publicado).

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1988). *Agua y sociedad. Una historia de las obras hidráulicas en México*.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (1985). "Plan Nacional Hidráulico 1975", *Antología de la Planeación en México*, tomo V, Secretaría de Programación y Presupuesto-Fondo de Cultura Económica.

Scott, Christopher, Tushaar Shah, Stephanie Buechler y Paula Silva Ochoa (2004). "La fijación de precios y el suministro de energía para el manejo de la demanda de agua subterránea: enseñanzas de la agricultura mexicana". En Cecilia Tortajada, Vicente Guerrero y Ricardo Sandoval, *Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas*, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua. Miguel Ángel Porrúa, pp. 201-228. México.

UNESCO (2008). *Water in a Changing World*. The United Nations World Water Development Report 3.

World Bank (2005). *Implementation Completion Report. To The Federal Republic of Mexico for a Water Resources Management Project*, Report No. 34697, December, 21.

5. Para dar de beber a las ciudades mexicanas: el reto de la gestión eficiente del agua ante el crecimiento urbano

Nicolás Pineda Pablos*
Alejandro Salazar Adams**
Mario Buenfil Rodríguez***

Resumen

Este trabajo tiene el propósito de reflexionar sobre los retos que enfrentará el manejo urbano del agua frente a la perspectiva del crecimiento demográfico y de una posible reducción de la disponibilidad de agua debida a los efectos del cambio climático. Para ello, en primer lugar se hace un breve repaso de la evolución institucional del manejo del agua en México y se describen las principales políticas que se han venido aplicando en el sector. Posteriormente se revisan las proyecciones de crecimiento de la población urbana del país y los volúmenes actuales que consume el uso público urbano. Por último, se analizan cuatro escenarios prospectivos de manejo urbano del agua que incluyen el status quo, el incremento en la eficiencia física, el incremento en la cobranza (eficiencia comercial) y el incremento en la tarifa. Con base en este estudio, se observa que, con un manejo más eficiente, la mayoría de las ciudades podrían enfrentar el crecimiento demográfico con los volúmenes de agua de que actualmente disponen, y sólo aquellas ciudades que ya no puedan incrementar más sus eficiencias tendrían que acceder a nuevas fuentes de suministro.

Palabras clave:

Ciudades, demanda de agua, eficiencia física, eficiencia comercial, gestión urbana del agua.

* Investigador de El Colegio de Sonora, Hermosillo, Son. npineda@colson.edu.mx
** Investigador de El Colegio de Sonora, Hermosillo, Son. asalazar@colson.edu.mx
** Investigador del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos. mbuenfil@tlaloc.imta.mx

Introducción

El análisis conjunto de las tendencias demográficas y de la gestión urbana del agua permite perfilar los retos que las ciudades enfrentarán en el futuro cercano. De la disponibilidad y del manejo urbano del agua, depende tanto la sobrevivencia y el crecimiento urbano como el desarrollo de sus potencialidades industriales, turísticas, de servicios o de otro tipo.

El propósito central de este capítulo es reflexionar sobre los retos que enfrentarán en el futuro próximo las ciudades mexicanas y los requerimientos que estos retos plantean para el manejo del agua. De este modo, se plantean diversos escenarios previsibles para las próximas décadas que incluyen el mantenimiento de los patrones actuales de consumo como una reducción de la disponibilidad de agua y las consecuentes medidas que pueden adoptarse. Se trata básicamente de un ejercicio de prospección en el que las variables son la población, las eficiencias del manejo y el precio del agua. Para ello, en primer lugar se exponen de manera sucinta las líneas generales que ha seguido la política nacional en relación con la gestión urbana del agua; luego se presenta una visión nacional del crecimiento de las ciudades y su consumo agregado de agua para la primera mitad del siglo XXI, y se cierra con el análisis de cuatro escenarios posibles para el manejo urbano del agua.

La política nacional de la gestión urbana del agua

La política de la gestión urbana del agua en México a partir de 1989 puede resumirse en dos grandes líneas de acción: una es impulsar un marco institucional que favorezca la gestión autónoma y continua de los servicios urbanos de agua, y la otra es la creación de incentivos para elevar la cobertura y mejorar el desempeño de los servicios.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha venido impulsando un marco institucional para la gestión del agua que puede caracterizarse como la creación de organismos operadores autónomos y especializados, ubicados en la esfera del gobierno local y preferentemente con participación del sector privado. Se ha considerado que este arreglo es más adecuado que el que las antiguas juntas carentes de autonomía financiera y controladas desde dependencias federales ubicadas en el distrito federal (Pineda y Salazar 2008).

La responsabilidad local de la prestación de los servicios de suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento tiene su antecedente en la reforma del artículo 115 constitucional aprobada en 1983 que transfirió los servicios urbanos de agua a la esfera local. En acatamiento a esta reforma, el gobierno federal transfirió la construcción y operación de los sistemas hidráulicos urbanos a los gobiernos estatales con la instrucción de que el servicio de agua potable y alcanta-

rillado fuera, a su vez, trasladado a los gobiernos municipales y fuera operado por éstos "con el concurso de los gobiernos de los estados cuando fuere necesario".[1]

Sin embargo, el diseño más detallado del marco institucional fue establecido e impulsado a partir de la creación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 1989. A este organismo desconcentrado federal se le dio la encomienda, entre otras, de diseñar la política nacional de la gestión urbana del agua. En cumplimiento de este cometido, la CONAGUA diagnosticó que los organismos de agua potable de entonces carecían de capacidad técnica, tenían tarifas de servicio muy bajas y una captación insuficiente de ingresos. Para subsanar esta situación, la CONAGUA diseñó un nuevo esquema para la prestación de los servicios urbanos, el cual se resume en la creación de organismos descentralizados y autónomos de los gobiernos que pueden ser operados ya sea como empresas paramunicipales o como empresas concesionarias privadas (CONAGUA, 1989; CONAGUA, 1990). El nuevo perfil del manejo urbano del agua se sintetiza en los siguientes cinco lineamientos: (1) el fortalecimiento de la autonomía de los organismos operadores y sus habilidades administrativas al otorgarles *capacidad legal y patrimonio propio* para que se conviertan en empresas públicas descentralizadas; (2) la *democratización de los consejos administrativos* de los organismos operadores al eliminar la simulación legal y alentar la representación y participación reales de los ciudadanos; (3) la adopción de las medidas necesarias para asegurar que los recursos financieros provenientes de *los cobros a los usuarios por el servicio se reinviertan en el servicio* mismo y no se desvíen hacia otras áreas o propósitos; (4) la decisión y *aprobación de tarifas de agua por los consejos directivos* de los organismos operadores y no, como era lo habitual, por las legislaturas estatales; (5) la *autosuficiencia financiera y mayor capacidad técnica y administrativa* de los organismos operadores de agua, de modo que su personal tuviera salarios más competitivos y sus estados financieros pusieran de manifiesto su carácter empresarial.

Estos objetivos definen, en términos generales, el nuevo perfil de los organismos encargados de la prestación y operación de los servicios de agua potable. Es así como para mediados de la década de los 90, con la puesta en práctica de estos lineamientos, en 22 estados los servicios de agua potable y alcantarillado se habían transferido a los municipios, mientras que en los nueve restantes (Baja California, Durango, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán) los servicios permanecieron en la esfera estatal (Pineda 2002). Desde entonces, esta distribución de la responsabilidad del servicio de agua potable entre gobiernos municipales y estatales se ha mantenido sin variaciones significativas. Esto sugiere, por un lado, que el objetivo de la reforma de 1983 de municipalizar el servicio no se alcanzó totalmente y, por otro lado, de mayor relevancia, que no todas las entidades federativas consideraron que la

[1] Artículo 115 de la Constitución Mexicana según reforma aprobada el 5 de febrero de 1983.

municipalización fuera el esquema más conveniente para la prestación de los servicios de agua.

Además, en cumplimiento de la política dictada por la CONAGUA, los gobiernos estatales promulgaron sus propias leyes estatales de agua potable y alcantarillado en las que, aunque con algunas variaciones, adoptaron los lineamientos de la CONAGUA. De este modo, hacia el año 2010, el responsable de los servicios urbanos de agua en la mayoría de las localidades de más de 15 habitantes es un organismo público descentralizado de la administración pública municipal o estatal que cuenta con su propio consejo directivo; cobra cuotas de acuerdo con las tarifas aprobadas por las legislaturas, y maneja sus finanzas de modo relativamente autónomo aunque depende de apoyos y subsidios para sus principales obras de infraestructura.

Hay que destacar, sin embargo, que la mayoría de los organismos resultantes no tiene necesariamente las características previstas por los lineamientos de la CONAGUA. Uno de los aspectos que no se logró poner en práctica es la participación privada en la operación de los servicios urbanos de agua. La mayoría de los organismos son públicos y sólo en algunos casos excepcionales, como Aguascalientes y Cancún, el servicio urbano de agua es prestado por concesionarios privados (CONAGUA, 2003). Tampoco se logró establecer el principio de que las tarifas fueran aprobadas por consejos administrativos sino que, debido a resoluciones judiciales que dicen que el cobro del servicio del agua se tipifica fiscalmente como derecho, son aprobadas por las legislaturas (Pineda, 2008). Por estos motivos, aunque se ha avanzado en el propósito de que los servicios urbanos de agua se manejen de manera más autónoma y mejoren su capacidad técnica, no se ha logrado establecer el marco que propicie la planeación a largo plazo ni una mayor continuidad en la dirección de los mismos. Esto se favorece principalmente por el hecho de que la designación de los directores de los organismos se hace con criterios políticos, y existe una alta rotación debido a los cambios periódicos en los gobiernos municipales y estatales.

En lo que se refiere a la línea de acción que busca mejorar el desempeño de los servicios urbanos de agua, ésta se ha traducido principalmente en el objetivo de elevar la cobertura y la eficiencia de los servicios urbanos de agua. Es decir, se ha buscado que los servicios de agua lleguen a una proporción cada vez más alta de la población, y que los servicios se presten de manera eficiente tanto en su distribución física como en el cobro de la facturación.

Tanto los Programas Nacionales Hídricos de 2002 a 2006 como el expedido para el período de 2007 a 2012 plantean como uno de sus principales objetivos incrementar el acceso y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA y SEMARNAT, 2007).

A fin de impulsar estos objetivos, la CONAGUA ha establecido varios programas orientados a apoyar y mejorar el desempeño de los organismos operadores urbanos de agua potable y saneamiento. Entre éstos están el de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), el Programa de Devolución de Derechos (PRODDER) y el Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA).

El programa APAZU tiene el objetivo de construir y ampliar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades con una población mayor de 2,500 habitantes. Se trata de un programa que apoya fundamentalmente la construcción de infraestructura como una manera de ampliar la cobertura de los servicios. En una evaluación realizada en 2005, se reporta que este programa había invertido, en 2001, un total de 99 millones de pesos; en 2002, 107 millones; en 2003 la cifra invertida se elevó a 522 millones; en 2004 fueron 487 millones, y en 2005 aumentó a 1,311 millones de pesos. Con estas inversiones, se dio acceso al servicio de agua potable a poco más de 426 mil personas y al servicio de alcantarillado a poco más de 348 mil. Además, se mejoró el acceso al servicio de agua potable de casi 2.5 millones de habitantes y al de alcantarillado a 3.2 millones de habitantes (CONAGUA, 2009).

El PRODDER busca contribuir al mejoramiento de la eficiencia y la infraestructura de los servicios de agua mediante la devolución a los organismos operadores del pago de derechos de uso de aguas nacionales. De esta manera, por un lado la CONAGUA promueve que los organismos cumplan con el pago de los derechos de uso de aguas nacionales, y por otro les devuelve dichas contribuciones con orientación a la construcción y rehabilitación de infraestructura. Con base en este programa, en 2006 se devolvió la cantidad de 1,495.8 millones de pesos; en 2007 se devolvió un importe de 1,685 millones, y en 2008, un total de 1,941 millones de pesos. Estas cantidades se devolvieron a organismos operadores de todas las entidades federativas del país, y fueron canalizados a la ampliación y mejoramiento de la infraestructura hidráulica de las comunidades (CONAGUA, 2009).

Por último, el instrumento más agresivo y definitorio de la política es el PROMAGUA, que busca apoyar a los organismos operadores de localidades con más de 50,000 habitantes en el mejoramiento de los servicios a través de la promoción de la participación de capital privado. Este programa busca atender las carencias existentes en materia de cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a través de la promoción de la participación del capital privado como complemento de los fondos no recuperables que aporta el programa. A cambio de este apoyo, se requiere que el organismo emprenda un cambio estructural que fomente su consolidación; facilite el acceso a tecnología de punta; impulse la autosuficiencia, y promueva el cuidado del medio ambiente

con proyectos de saneamiento preferentemente ligados al aprovechamiento de las aguas residuales. Los proyectos susceptibles de recibir apoyo son los siguientes: (1) proyectos de mejora integral de la gestión, con acciones encaminadas al incremento de eficiencias físicas y comerciales como reparación y control de fugas, sectorización de redes, micro y macromedición, recuperación de cartera vencida, actualización de padrón de usuarios, mejoramiento de sistemas contables, etcétera; (2) proyectos de abastecimiento de agua, como potabilizadoras, redes de distribución, desalinizadoras, etcétera; (3) proyectos de saneamiento, con plantas de tratamiento de aguas residuales, y (4) macroproyectos, como acueductos y proyectos de saneamiento de gran envergadura. Se prevén cuatro modalidades de participación del sector privado: a través de un contrato de servicios parcial o integral, la constitución de una empresa mixta, o bien mediante el otorgamiento de un título de concesión. La aportación máxima no recuperable que puede otorgar el PROMAGUA es de 49% en los macroproyectos y de 40% en los otros tres tipos de proyectos (CONAGUA y SEMARNAT, 2009).

El anuario estadístico del agua publicado en 2009 (CONAGUA, 2009) informa que los tres programas mencionados, en el año 2006, habían canalizado una inversión total de más de 9 mil millones de pesos al sector de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, de este mismo anuario estadístico se aprecia que el PROMAGUA es el programa que menos inversiones y actividad reporta.

Tabla 1. Inversión por programa y origen de los recursos (2006)
(millones de pesos)

Concepto/ Fuente	Federal	Estatal	Municipal	Crédito/ Iniciativa privada/Otros	Total
APAZU	2 208.3	2 016.1	1 002.3	498.9	5 725.6
PRODDER	1 495.8	0.0	1 495.8	0.0	2 991.6
PROMAGUA	178.7	0.0	25.5	417.5	621.7

Fuente: CONAGUA (2009), Estadísticas del Agua en México, www.cna.gob.mx p. 108.

En lo que se refiere a los resultados de estos programas, la CONAGUA reportó, dentro de los avances del Programa Nacional Hídrico (CONAGUA y SEMARNAT, 2008), que la cobertura nacional de agua potable existente en 2006 era de 89.6% y que en 2007 se había avanzado a 89.8%. Asimismo, en lo que

respecta al alcantarillado, se reporta que la cobertura en 2006 era de 86% y que en el primer año se había avanzado a 86.1%. Por último, en lo que respecta al tratamiento de las aguas residuales, la situación en 2006 era de 36.1% de aguas tratadas y en 2007 se había avanzado a 38%.

Tabla 2. Avances en coberturas y tratamiento (2006-2007)

	Situación 2006	Meta 2012	Avance 2007
Cobertura de agua potable	89.6%	95%	89.8%
Cobertura de alcantarillado	86%	88%	86.1%
Tratamiento de aguas residuales	36.1%	60%	38%

Fuente: CONAGUA y SEMARNAT, *Programa Nacional Hídrico 2007-2012: Así vamos*, www.cna.gob.mx

Con esto se aprecia que se avanza paulatinamente en lo que se refiere a las coberturas de los servicios. Sin embargo, no está claro si se están teniendo los mismos avances en lo que se refiere a la eficiencia en la prestación del servicio y al propósito de incrementar la participación privada en el sector. En 2003, cuando estos programas estaban en sus inicios, los casos de participación privada en la operación de los servicios de agua potable y alcantarillado eran las concesiones integrales de Aguascalientes y Cancún, los contratos de prestación de Servicios en la Ciudad de México y Puebla y la empresa mixta de Saltillo. Asimismo, en lo que respecta a la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales estaban los casos de Puerto Vallarta, Toluca, Chihuahua, Ciudad Juárez, Torreón y Ciudad Obregón. Además, había 26 casos de participación privada en la construcción de plantas de tratamiento (CONAGUA, 2003, pp. 163-183). Sin embargo, no se reportan nuevos casos de concesiones ni participación del sector privado para los años posteriores.

Esta situación sirve de base para preguntarnos cómo está la situación de la eficiencia física y comercial de los servicios urbanos de agua y cuáles son los retos que se presentan para el futuro próximo. En el siguiente apartado se hace una revisión de los retos que enfrenta el abasto de agua a las ciudades mexicanas para los próximos años.

El reto del abasto de agua a las ciudades mexicanas

Un fenómeno distintivo del desarrollo de México en el siglo XX fue la urbanización y el rápido *crecimiento* de las ciudades. Debido a que la expansión de las actividades industriales y de los servicios tiende a concentrar la población en espacios reducidos, los movimientos migratorios de población se dirigen hacia las ciudades y dan lugar a su multiplicación y acelerado crecimiento (Garza y Aguilar 1995, 5).

A principios del siglo XX, en el año 1900, en México sólo había 33 localidades de más de 15,000 habitantes en las que residían 1.4 millones de personas. Durante los años de 1900 a 1940, se vive un proceso lento de urbanización que se acelera y dinamiza a partir de la década de los 40.

Para 1950, el número de localidades de más de 15,000 habitantes se eleva a 84, y para 1960, este número asciende a 119 y su presencia se extiende a casi todo el territorio nacional.

Para el año 1990, México, con una población total de 81.2 millones de habitantes, tiene una población urbana de 49.4 millones de habitantes (61%) asentados en 309 localidades de más de 15,000 pobladores. De éstas, 99 son ciudades de más de 50,000 habitantes, 15 tienen más de 500,000 y 4 (Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Puebla) tienen más de un millón de habitantes (Garza y Aguilar, 1995, 6).

Para el año 2005, la población del país es de 103.2 millones de habitantes, de los cuales 64.8 millones viven en localidades de más de 15,000 habitantes (63%). De éstos, 50.4 millones viven en ciudades de más de 100,000 habitantes.

Como es de esperarse, este crecimiento demográfico y urbano reclama un volumen cada vez más importante de agua que se concentra en extensiones relativamente pequeñas del territorio nacional. Hacia fines del siglo XX, los usos urbanos del agua adquirieron una importancia que no tenían anteriormente, y a principios del siglo XXI, la gestión urbana del agua se ha vuelto crítica y estratégica para el desarrollo del país y el bienestar de la población en la misma proporción que aumentan los usos públicos e industriales.

Del total del agua naturalmente disponible en México, se estima que en el año 2007 se extrajeron alrededor de 60.6 kilómetros cúbicos (k^3). De esa cantidad, el agua utilizada para el abastecimiento de las ciudades se estimó en 11.1 k^3. A la anterior hay que agregar además 3.1 k^3 que consume la industria autoabastecida y 4.1 k^3 consumidos en las plantas termoeléctricas. Es decir, 14% del agua que se utiliza en México está destinado al uso público urbano, 4% al uso industrial y 5% a la generación de energía termoeléctrica, mientras que el restante 77% se utiliza en los usos agropecuarios (CONAGUA, 2009).

Con la proyección de los consumos del agua hacia el año 2030, el abasto de agua de las ciudades mexicanas enfrenta múltiples retos. Primeramente, se estima que el crecimiento demográfico va a continuar (a tasas decrecientes) hasta el año 2040, fecha en la cual el país podría alcanzar una población de aproximadamente 123 millones de habitantes, de los cuales alrededor de 80% habitaría en ciudades.[2] Se estima que posterior a esta fecha, el tamaño de la población se mantendría relativamente estable durante una década, es decir, hasta el año 2050 (CONAPO, 2008). Está claro entonces que el reto que el país tiene es conforme lo requiera el aumento de población. Esta situación pone al país ante el reto del manejo sustentable del agua.

En una primera aproximación al problema con una visión lineal, podría plantearse que el volumen de agua tendría que incrementarse en la misma proporción en que aumente la población. Asimismo, se podría plantear que dicho incremento de demanda podría afrontarse con transferencias de agua del uso agrícola al uso urbano (Colby, 2003), con el trueque de aguas residuales tratadas por aguas de uso agrícola (Scott, Faruqui, y Raschid-Sally, 2004) o con la incorporación de nuevas fuentes como la desalinización de aguas salobres o marinas (Semiat, 2000).

Sin embargo, el crecimiento demográfico y el consumo de agua no tienen una relación directamente proporcional entre sí. Un incremento de 25% en la población en las tres décadas de 2010 a 2030 no significa necesariamente un incremento proporcional de 25% en el volumen de agua demandado. Puesto que el consumo urbano de agua está mediado por las pérdidas de agua que se dan en la red de distribución y en los patrones de consumo, se podría logar una reducción considerable del volumen de agua consumido con un adecuado manejo del agua urbana. Por ello, un modelo completo del manejo de agua no tiene que considerar sólo el lado de la oferta con base en dotaciones constantes de agua per cápita, sino que debe, ante todo, considerar el manejo de la demanda con base en el incremento de la eficiencia física y el establecimiento de políticas comerciales como reguladoras de los patrones de consumo.

Otro elemento del reto que enfrentan las ciudades en materia de agua es que también existe la perspectiva de una reducción significativa en la disponibilidad de agua. Las proyecciones del Panel Internacional del Cambio Climático y otros estudios indican un incremento de la temperatura promedio de entre 2 y 4°C hacia el año 2050, con un posible descenso en las precipitaciones de entre 10

[2] Otra proyección similar para México es la que hace la ONU, que estima que la población de México sería de 129 millones en 2040. A partir de esta fecha, se esperaría un ligero descenso a 128 millones hacia 2050. Fuente: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, *World Population Prospects: The 2008 Revision*, http ://esa.un.org/unpp,

y 15%, principalmente para la mitad norte del país (IPCC, 2007; Zermeño, 2008). Estas predicciones implican, por lo tanto, más emergencias por ciclones y tormentas tropicales y una mayor incidencia de sequías extremas o prolongadas. Este nuevo contexto climático tenderá entonces, por una parte, a disminuir la disponibilidad de agua y, por otro, a incrementar la demanda de agua y de energía eléctrica.

Ante esta perspectiva, el suministro de agua para las ciudades tiene necesariamente que cambiar y desarrollarse hacia modelos cada vez más sofisticados y demandantes de información y desempeño. El reto hidráulico que enfrentan las ciudades en la actualidad requiere de necesidad un cambio en el paradigma del manejo urbano del agua. Fundamentalmente, el desarrollo del suministro y manejo de agua urbana puede resumirse en tres fases:

En la primera, las poblaciones y ciudades se ubican junto a ríos y lagos y recurren a los cuerpos de agua superficial para, de manera relativamente económica, abastecerse del líquido. Desde hace cinco mil años, las primeras ciudades de la Mesopotamia, así como todas las grandes ciudades, se ubican junto a ríos y han resuelto su necesidad de agua con obras de ingeniería y canales que básicamente suministraban agua rodada o por gravedad (Barraqué, 2004). En México, ésta ha sido la modalidad prevaleciente en la mayor parte de las ciudades hasta mediados del siglo XX. La Ciudad de México está ubicada junto a un lago, y la mayoría de las demás ciudades se ubican junto a ríos u otras fuentes de agua que les permiten satisfacer la necesidad del recurso. La característica principal de esta etapa es que las ciudades van a donde está el agua.

En una segunda etapa, las ciudades comienzan a abastecerse de agua por medio de grandes presas y elaborados sistemas hidráulicos que incluyen acueductos y el bombeo de agua de otras cuencas. Asimismo, a partir de la disponibilidad de la energía eléctrica, se extrae agua de los acuíferos por medio de pozos profundos. Aunque este modelo tiene antecedentes remotos, en su versión moderna fue establecido por las ciudades del Oeste de los Estados Unidos como Los Ángeles y su transferencia del río Owens, así como el control del río Colorado y la construcción de la presa Hoover para suministrar agua y energía a las desérticas ciudades de Las Vegas y Phoenix, así como a los estados de Nevada, Arizona y parte de California (Reisner, 1986). La característica de esta etapa es que el agua se trae a las ciudades y éstas comienzan a extender sus acueductos y canales a distancias cada vez más grandes. Esto sucede, principalmente, cuando las ciudades crecen y su demanda excede la disponibilidad local del recurso. En México, la tecnología y las grandes obras han servido para abastecer agua, por ejemplo, a la Ciudad de México con el Sistema Cutzamala, a la ciudad de Monterrey con su acueducto desde la presa del Cuchillo y a la ciudad de Tijuana con el acueducto que le surte agua del río Colorado. Este tipo de manejo se caracteriza porque está movido por

la oferta y por considerar como constantes los patrones de consumo tanto en el sistema urbano como en las unidades de consumo doméstico.

Una tercera etapa que se requiere, a fin de afrontar los retos del crecimiento demográfico y de la reducción en la disponibilidad del recurso, es la del manejo de la demanda y la construcción de sistemas de información para la eficiencia, la conservación y la sustentabilidad del recurso. A diferencia de las anteriores, esta etapa pone el énfasis en la minimización de los recursos utilizados y la maximización de los beneficios obtenidos. Se trata de un tipo de manejo más integral que pone el acento en la reducción de las pérdidas y en la revisión de los patrones de consumo. Este tipo de manejo requiere asimismo el tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales, su reutilización en usos industriales, el riego de parques y jardines urbanos, así como su posible trueque por agua de pozos agrícolas que puede significar una nueva fuente de suministro para uso urbano (Scott; Faruqui, y Raschid-Sally, 2004). Aunado a lo anterior, el marco institucional será más funcional si se procura alcanzar la autosuficiencia y la sustentabilidad financiera de los organismos operadores. Todo esto se resume en un manejo más eficiente del agua tanto en su aspecto físico como en el comercial.

Este tipo de manejo supone el desarrollo de los sistemas de medición e información que no requieren los anteriores. Se requiere medir tanto el agua suministrada como las pérdidas y el agua abastecida a los usuarios. Esto lo vienen realizando los organismos mexicanos desde hace tiempo con base en la macro y la micromedición, con el cobro del consumo según el volumen de agua consumido, con la cobranza efectiva y con el establecimiento de tarifas tendentes a recuperar los costos de la prestación del servicio. Se trata de desarrollar sistemas de información continuos, regulares y confiables de los usos y consumos del agua. Es un manejo del agua basado en el desarrollo de la información.

Desde esta perspectiva, el desarrollo del manejo del agua se puede observar a través del desarrollo de la información que los organismos recaban y publican. Un organismo que mide y publica información sobre el agua que consume la ciudad, que sabe cuáles son sus pérdidas y cuánto consume cada uno de sus usuarios está más desarrollado que un organismo que no cuenta con dicha información o que sólo produce información esporádica y aislada que no le permite conocer los aspectos críticos del manejo del agua. Poco a poco se ha ido abriendo paso la importancia de medir, recopilar, compartir y comparar información sobre aspectos clave del manejo del agua. Sin embargo, el principal y verdadero interesado, que debe estar generando y aprovechando su propia información, es cada organismo operador de agua para una localidad específica (IMTA, 2007).

Un aspecto clave del desarrollo de la información es el conocimiento de las pérdidas del sistema. Internacionalmente se han desarrollado sofisticados sistemas para medir el agua que se distribuye por las redes y para conocer las pérdidas

que ocurren (Almandoz *et al.*, 2005). Una de las primeras auditorías de pérdidas de agua en la red de las tuberías en México fue la efectuada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) de manera exploratoria, en 1998, en varias ciudades. Ahí se encontró que, en promedio, 17% de las tomas tenían fugas de agua y que en dichas fugas se perdía 25% del caudal de suministro. Algo notable de este estudio fue haber mostrado que la mayor incidencia de fugas estaba en las derivaciones que van hacia las viviendas (tomas domiciliarias). Esas fallas son resultado de años de tolerancia hacia deficientes calidades de materiales, mano de obra no especializada y mala supervisión en las obras (IMTA, 2007).

Antes de 1990, eran pocas las ciudades de México que se ocupaban de medir sus eficiencias y la incidencia de fugas. Posiblemente León, Guanajuato, alrededor del año 1990, cuando tenía una población de 700,000 habitantes, fue de las primeras en ocuparse de manera formal del tema. La auditoría de pérdidas de agua de la ciudad de León fue posible porque contaba con medición del agua suministrada (macromedición) y con medición de consumos (micromedición) casi completa, además de una administración interesada en localizar las pérdidas para eliminarlas. Tenía además montado un procedimiento eficiente de reparación de fugas visibles, de modo que reparaba rápidamente las que aparecían, unas 28,000 al año. Sin embargo, de los 2,600 litros por segundo que se suministraban a la ciudad, se medía un consumo a los usuarios de solo 1,300 litros por segundo. Después de varios meses, intentos, arduos trabajos de reparación de tubos, mejoras en la información y la adición de una fuente de agua adicional, se encontró que las fugas aumentaban con el incremento de las presiones en la red. Esta experiencia, y otras parecidas en otras ciudades, demuestran que el tema de mejora de eficiencias y el avance hacia la sustentabilidad del manejo del agua es un asunto complejo. No basta con estar continuamente reparando fugas, pues lo que se tapa por un lado, sale por otro cuando aumentan las presiones y los flujos del agua (IMTA, 2007).

La cuestión es que, a fin de afrontar los retos que se avecinan, los organismos de agua de las ciudades mexicanas requieren sistemas de información confiables y un manejo del agua más eficiente. De otra manera, la perspectiva será sólo el deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente.

Escenarios de demanda de agua en ciudades de México

En este apartado se hace un ejercicio con la información disponible a fin de observar la situación de las ciudades mexicanas frente a los escenarios futuros de mayor demanda y menor disponibilidad de agua.

Se llevó a cabo una proyección de escenarios de demanda de agua para una muestra de ciudades en México. Se seleccionaron ciudades con una población

mayor de 500,000 habitantes y cuya información sobre el servicio de agua potable estuviera disponible en la publicación *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* de la CONAGUA entre los años 2004 y 2007. En la Tabla 3 se presentan las 21 ciudades que cumplieron con estos requisitos.

Tabla 3. Características de ciudades de más de 500,000 habitante

Ciudad	Población con agua potable	Dotación (litros/hab./día)	Eficiencia física	Consumo neto per cápita (litros/hab./día)	Eficiencia comercial	Año del último reporte
Acapulco	593,078	366	38%	139	87%	2005
Aguascalientes	659,701	340	56%	191	91%	2005
Cancún	567,963	283	79%	224	66%	2005
Cd. de México	8,277,960	334	59%	197	78%	2006
Chihuahua	716,781	460	53%	244	89%	2006
Ciudad Juárez	1,310,302	413	59%	244	79%	2005
Culiacán	613,144	288	67%	194	88%	2007
*Guadalajara**	3,408,488	231	68%	157	n. d.	2005
Hermosillo	688,112	400	47%	187	74%	2007
León	1,086,298	205	57%	117	70%	2005
Mérida	795,146	346	36%	125	92%	2007
Mexicali	718,516	325	83%	270	61%	2007
*Monterrey**	3,459,121	275	70%	193	99%	2006
Morelia	587,823	452	40%	181	56%	2006
Puebla	1,733,393	183	68%	124	70%	2007
Querétaro	612,156	310	51%	158	100%	2007
Reynosa	536,587	294	64%	189	65%	2007

Ciudad	Población con agua potable	Dotación (litros/hab./día)	Eficiencia física	Consumo neto per cápita (litros/hab./día)	Eficiencia comercial	Año del último reporte
Saltillo	597,584	221	55%	221	n. d.	2004
San Luis Potosí	921,958	291	51%	150	88%	2007
Tijuana	1,486,800	191	81%	155	70%	2007
Torreón	557,203	307	51%	158	86%	2007
Máximo	8,277,960	460	83%	270	100%	
Mínimo	536,587	183	36%	117	56%	
Promedio	1,425,148	310	59%	182	79%	
Mediana	716,781	307	57%	187	79%	

** Zona metropolitana*
Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, *La situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*, México, D.F. varios años.

La ciudad más grande en la muestra es la Ciudad de México, con más de 8 millones de habitantes (sólo el Distrito Federal, sin considerar su zona metropolitana), y la de menor tamaño es Reynosa, con 537 mil habitantes. Las ciudades en la muestra cuentan con una población promedio de 1.4 millones de habitantes y mediana de 716 mil habitantes, la cual representa mejor el tamaño de las ciudades en el estudio.

La *dotación de litros por habitante por día* se calcula con el total del agua producida en el año dividida entre el número de habitantes y entre los 365 días del año. La mayor dotación observada es la de Chihuahua, con 460 litros por habitante al día, y la menor es la de Puebla, con 183 litros diarios por habitante. Sin embargo, no toda el agua que se produce llega a los usuarios, pues parte de ella se pierde principalmente por causa de fugas en las tuberías. A la proporción de agua que efectivamente llega al consumidor se le conoce como *eficiencia física*. La mayor eficiencia física la tiene Mexicali (83%) y la más baja es la de Acapulco (38%). La eficiencia física promedio es de 57%, lo que significa que las pérdidas de agua en estas ciudades son de alrededor de 43%.

El *consumo neto per cápita* es la dotación multiplicada por el porcentaje de eficiencia física, que sería la cantidad promedio que efectivamente consume cada

individuo en la ciudad. Así, aunque Chihuahua cuenta con la mayor dotación (460 litros diarios) dada su baja eficiencia física (53%), el consumo neto per cápita es de 244 litros por habitante al día. Por otro lado, el mayor consumo neto es el de Mexicali, que es de 270 litros diarios, ya que aun cuando su dotación sea menor que la de Chihuahua (325 litros), su eficiencia física es mayor (83%). El menor consumo neto es el de la ciudad de León (117 litros).

La *eficiencia comercial* se define como la proporción de la facturación de agua que realmente se cobra, o bien, cuántos centavos se recaudan por cada peso de agua que se factura. Idealmente, todo organismo debería recaudar 100% de lo que cobra por el servicio de agua; sin embargo, el promedio de recaudación en las ciudades estudiadas es de 79%. La máxima eficiencia comercial la reporta Querétaro, con 100%, mientras que la ciudad que menos recauda es Morelia, con 56%. Para el caso de Guadalajara y Saltillo, no hay información sobre este indicador en los reportes entre 2004 y 2007.

Proyección

Para la proyección de escenarios de demanda se considera el consumo per cápita de agua como una función del ingreso per cápita y el precio promedio. El precio promedio (*P*) es a su vez una función del precio facturado (*PF*), que es la facturación total entre el volumen total facturado, multiplicado por la eficiencia comercial (*EC*):

$$P = PF \times EC \qquad (1)$$

De esta manera, un incremento en la eficiencia comercial produciría un incremento en el precio promedio. Esta relación es importante porque, por un lado, los organismos operadores de agua pueden inducir una reducción en el consumo per cápita promedio mediante la medición y el cobro del agua a aquellos usuarios que actualmente no estén pagando el servicio. De igual manera, cualquier aumento en las tarifas funcionará como incentivo para favorecer la reducción en el consumo promedio solamente en la medida en que la tarifa sea efectivamente cobrada.

El cambio en el consumo total de la ciudad está en función no sólo del cambio en el consumo per cápita, sino también en función del cambio en la cantidad de habitantes en la ciudad. Los supuestos para el crecimiento de la población al año 2030 se basan en las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2009). Asimismo, el crecimiento del ingreso se estimó de acuerdo con la tendencia observada en el crecimiento del PIB estatal entre 1993 y 2006 (INEGI, 2009).

Los valores de las elasticidades utilizadas para la proyección de escenarios son las reportadas por Dalhuisen *et al.* (2003), quienes llevaron a cabo una revisión de 163 artículos que reportan elasticidades precio y 200 artículos que reportan elasticidades ingreso de la demanda de agua. En el estudio se indica que el promedio de la elasticidad precio del agua es de -0.42, mientras que la mediana es de -0.35. Asimismo, se indica que el promedio de la elasticidad ingreso del agua es de 0.46, mientras que la mediana es de 0.28. Los autores indican la presencia de observaciones extremas y atípicas en su revisión, por lo que se decidió utilizar los valores medianos de las elasticidades.

Los escenarios proyectados son los siguientes:

El Escenario 1 es el *status quo*, en el cual la población crece de acuerdo con las proyecciones de CONAPO, pero se mantienen los mismos niveles de eficiencia y las mismas tarifas que prevalecen actualmente.

En el Escenario 2 se postula un *incremento en la eficiencia física (E. F.)*, de tal manera que ésta sea por lo menos de 80% en todas las ciudades. Las ciudades que ya tengan una eficiencia mayor que este nivel permanecerían con sus niveles de eficiencia actuales; por ejemplo, Mexicali mantendría una eficiencia de 83%.

Para el Escenario 3 se plantea, además del *incremento en la eficiencia física* del escenario 2, un *aumento en la eficiencia comercial* hasta por lo menos de 95%. Las ciudades que actualmente cuenten con un nivel mayor, conservarían su nivel de eficiencia actual. En este escenario, se parte del supuesto que un incremento en la eficiencia comercial equivale a un incremento en la tarifa promedio, por lo que dicho incremento debe reflejarse en una disminución en el consumo promedio de agua en la ciudad.

Finalmente, el Escenario 4, además del *incremento en la eficiencia física* y del *incremento en la eficiencia comercial (E. C.)*, postula un *aumento promedio de 50% en las tarifas* en términos reales.

Los resultados de las proyecciones se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Proyección de escenarios

		Consumo agregado de agua (Mm3)				
Ciudad	Población 2030	Actual	Esc. 1 2030, Status quo	Esc. 2 2030, Incremento en E. F.	Esc. 3 2030, Incremento en E. F. y E. C.	Esc. 4 2030, Incremento en E. F., E. C y tarifas
Acapulco	473,499	79	73	35	34	30
Aguascalientes	905,944	82	137	96	94	84
Cancún	1,186,633	59	133	131	111	107

		Consumo agregado de agua (Mm3)				
Ciudad	Población 2030	Actual	Esc. 1 2030, Status quo	Esc. 2 2030, Incremento en E. F.	Esc. 3 2030, Incremento en E. F. y E. C.	Esc. 4 2030, Incremento en E. F., E. C y tarifas
Cd. de México	8,575,089	1,008	1,208	891	823	750
Chihuahua	977,517	120	228	151	148	131
Culiacán	635,294	64	78	66	64	57
Guadalajara	4,191,210	287	416	354	n.d.	n.d.
Hermosillo	966,821	100	188	110	99	91
Ciudad Juárez	1,787,710	198	375	276	257	233
León	1,703,109	81	176	126	110	103
Mérida	955,433	100	150	67	67	59
Mexicali	972,975	85	170	170	137	136
Monterrey	4,317,876	347	574	502	502	444
Morelia	732,664	97	159	79	60	63
Puebla	1,832,038	116	157	133	116	109
Querétaro	849,737	69	133	85	85	75
Reynosa	904,901	58	127	102	85	83
Saltillo	908,601	48	101	101	n.d.	n.d.

		Consumo agregado de agua (Mm3)				
Ciudad	Población 2030	Actual	Esc. 1 2030, Status quo	Esc. 2 2030, Incremento en E. F.	Esc. 3 2030, Incremento en E. F. y E. C.	Esc. 4 2030, Incremento en E. F., E. C y tarifas
San Luis Potosí	839,084	98	118	76	74	66
Tijuana	2,483,777	104	256	256	224	210
Torreón	673,286	63	104	67	64	57
Máximo	8,575,089	1,008	1,208	891	823	750
Mínimo	473,499	48	73	35	34	30
Promedio	1,755,867	155	241	184	166	152
Mediana	966,821	97	157	110	99	91

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las proyecciones, el aumento de la población generará un mayor consumo de agua en casi todas las ciudades. La excepción parece ser Acapulco, cuya población, según CONAPO, disminuirá. El aumento de la población, combinado con la ausencia de cambios en la administración del agua (status quo) daría como resultado que el consumo anual promedio de agua por ciudad pasara de 155 millones a 241 millones de metros cúbicos (Mm^3), es decir, un aumento de 55%, similar al 65% estimado por un estudio anterior (FJS-FGRA, 2004). Sin embargo, un aumento en la eficiencia física (Escenario 2), permitiría que el aumento en el consumo promedio por ciudad se eleve a solamente 184 Mm^3 anuales. De hecho, este aumento permitiría que ciudades como Acapulco, la Ciudad de México, Mérida, Morelia y San Luis Potosí pudieran cubrir su demanda de agua en el año 2030 sin tener que recurrir a fuentes adicionales de agua.

Además, un incremento en la eficiencia comercial (Escenario 3) permitiría reducir el promedio del consumo promedio a 166 Mm^3 anuales, y permitiría a las ciudades de Culiacán, Hermosillo y Puebla satisfacer su demanda de agua con la producción de agua que reportan en la actualidad. Finalmente, un aumento en las tarifas de 50% (Escenario 4), llevado a cabo de manera adicional a las políti-

cas ya planteadas, permitiría reducir el promedio del consumo total a 155 Mm^3. Esta medida permitiría a Aguascalientes y Torreón suplir de agua a su población sin necesidad de fuentes adicionales de agua. Para el resto de las ciudades, si bien estas medidas no eliminarían la necesidad de producir una mayor cantidad de agua, sí permitirían reducir de manera considerable el volumen adicional de agua requerido. Por ejemplo, Chihuahua requeriría solamente 11 Mm^3 adicionales, cantidad considerablemente menor que los 108 Mm^3requeridos en el escenario de status quo. Asimismo, Querétaro requeriría sólo 6 Mm^3 adicionales, a diferencia de los 64 Mm^3necesarios en caso de no aplicar ninguna mejora en la administración del agua. Estas ciudades podrían optar, además, por un incremento en las tarifas adicional al 50% postulado en los escenarios, con el fin de reducir aún más el consumo per cápita, o bien, mejorar aún más su eficiencia física.

Por último, existen ciudades con un crecimiento poblacional tan elevado, que necesariamente deberán tomar medidas adicionales a las aquí planteadas, como es el caso de Tijuana y Cancún, en donde, aun con los incrementos en la eficiencia, el consumo de agua será casi del doble del actual. Otras ciudades en situación similar son Mexicali y Monterrey. Mexicali podría aumentar aún más sus tarifas, pues actualmente tiene una de las más bajas para consumo doméstico, lo cual se refleja en su elevado consumo per cápita En estas ciudades se podrían aplicar programas para la instalación de equipos ahorradores de agua, así como una mayor reutilización de aguas residuales, e incluso se podría recurrir a transferencias de agua de uso agrícola, la cual es abundante, principalmente, en Baja California. Y si estas medidas no bastaran para cubrir la demanda de agua, sólo entonces se podría justificar el financiamiento de obras hidráulicas para el aumento del abasto de agua en estas ciudades, no así en el resto de las ciudades en donde aún existe un amplio margen de maniobra para el mejoramiento de la eficiencia.

Por otra parte, hay que considerar que las ciudades mexicanas que actualmente sobreexplotan sus acuíferos subterráneos necesariamente deberán reducir sus extracciones, si es que desean evitar riesgos y crisis futuras y así aspirar a un estado de sustentabilidad. Para lograrlo, deberán impulsar opciones de reutilización del agua; trabajar fuertemente en el combate a las fugas físicas en la red; implantar tecnologías de desalinización, y hacer campañas más efectivas de mayor cobranza y cultura del agua.

Conclusión

Si bien las ciudades mexicanas han hecho avances significativos en la reestructuración del marco institucional de los servicios de agua y en la ampliación del acceso a una proporción más grande de la población, enfrentan retos importantes en la mejora del abasto y del suministro de agua a los usuarios. En la actualidad,

las pérdidas (eficiencia física) de líquido son altas y las deficiencias en el cobro del servicio (eficiencia comercial) no son aceptables y deben mejorarse. Para ello, si bien en principio pareciera que todo se podría resolver con más apoyos financieros y el aumento de las inversiones, en realidad la tarea menos costosa y que más reditúa en el aumento de la disponibilidad de agua es el incremento en la eficiencia física y en la eficiencia comercial.

Con base en los patrones actuales de uso y eficiencia en el manejo urbano del agua, se pueden prever los retos que las ciudades mexicanas enfrentarán en el futuro cercano. Actualmente, en la primera década del siglo XXI, el uso público urbano consume alrededor de 10 k^3 de agua, que es entre 13 y 14% del agua disponible. Con base en las proyecciones del crecimiento de la población para el año 2030, el manejo urbano del agua enfrenta dos retos importantes. Uno es el crecimiento de la población en aproximadamente 25%. Otro es una probable reducción del agua disponible debido al incremento en las temperaturas a causa de la mayor variabilidad climática. Ante estos retos, se requiere que la gestión urbana del agua avance de las soluciones de ingeniería hacia la gestión de eficiencia basada en información confiable.

En el ejercicio de prospección realizado para este estudio se plantearon cuatro escenarios para el año 2030: en el escenario 1 del status quo se mantienen los mismos patrones de consumo y eficiencia; en el escenario 2 se incrementa la eficiencia física a 80% en todas las ciudades; en el escenario 3 se incrementa la eficiencia física y se aumenta la cobranza (eficiencia comercial) a 95%; por último, en el escenario 4, además de los incrementos en la eficiencia física y en la cobranza (eficiencia comercial), se realiza un incremento de 50% en la tarifa.

Los resultados del estudio son que, si no se hacen cambios en los patrones de consumo (status quo), las ciudades demandarían en conjunto 55% más de agua que la que consumen actualmente. Esto pondría a muchas ciudades en serios aprietos para enfrentar dicha demanda, y muy probablemente significaría un deterioro en el agua disponible y la calidad de vida de los habitantes. El escenario 2 de incremento en la eficiencia física, en cambio, permitiría librar el reto a ciudades como Acapulco, Ciudad de México, Morelia y San Luis Potosí que no requerirían fuentes adicionales de agua. El escenario 3 de incremento en la eficiencia física y la cobranza (eficiencia comercial), por su parte, permitiría a las ciudades de Culiacán, Hermosillo y Puebla satisfacer su demanda de agua con la misma producción de agua que reportan en la actualidad. Por último, el escenario 4 de un aumento en la tarifa se requerirá en ciudades que tienen poco margen para incrementar sus fuentes de agua, como Aguascalientes y Torreón, a fin de enfrentar el crecimiento demográfico con los mismos volúmenes de agua. En otras ciudades, si bien estas medidas no eliminarían la necesidad de producir una mayor cantidad de agua, permitirían reducir de manera considerable el vo-

lumen adicional de agua requerido. Por ello, inevitablemente, algunas ciudades como Tijuana, Cancún, Monterrey y Mexicali requerirán tener acceso a nuevas fuentes de suministro de agua.

En resumen, la conclusión es que la manera más económica y efectiva de enfrentar el crecimiento demográfico y una eventual menor disponibilidad de agua es con una gestión más eficiente que reduzca las pérdidas físicas de agua y haga innecesarias nuevas fuentes de suministro, así como con una efectiva política comercial que reduzca al mínimo la tasa de usuarios que no pagan y haga del cobro volumétrico un incentivo para el ahorro y la conservación del recurso. Sólo así podrán las ciudades mexicanas enfrentar con éxito los retos del crecimiento demográfico y de la reducción en la disponibilidad de agua que aguardan en el futuro cercano.

Referencias

Almandoz, J.; Cabrera, E.; Arregui, F.; Cabrera Jr., E.; Cobacho, R (2005). Leakage Assessment through Water Distribution Network Simulation. *Journal of Water Resources Planning and Management.* Vol. 131, num. 6, pp. 458-466.

Barraqué, Bernard (2004). The Three Ages of Engineering for the Water Industry. *Anuari de la Societat Catalana d'Economía*, any 2004, vol. 18, Revistes Catalanes amb Accés Obert, pp. 135-152.

Colby, Bonnie (2003). Water Transactions as an Urban Water Supply Strategy. En *Managing Urban Water Supply,* editado por D. Agthe, B. Billings y N. Buras. Holanda, Kulwer Academic Publishers, pp. 87-102.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (1989). *Lineamientos para el Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado*. México, D. F.

——, 1990. Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado 1990-1994. *Federalismo y Desarrollo*, núm. 19: 11-21.

——, 2003. *La participación privada en la prestación de los servicios de agua y saneamiento. Conceptos básicos y experiencias*. 2ª. Versión actualizada. México, D. F.

——, 2004. *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2004*. México, D. F., Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana.

——, 2005. *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2005*. México, D. F., Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana.

——, 2006. *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2006*. México, D. F., Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana.

——, 2007. *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2007*. México, D. F., Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana.

——, 2009. *Estadísticas del Agua en México (Edición 2008, actualizada a agosto de 2009).* México, D. F., Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, www.cna.gob.mx

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2007). *Programas, trámites y servicios*. México, D. F., www. cna.gob.mx (consultado en septiembre de 2009).

——, 2008. *Programa Nacional Hídrico: Así vamos. Avances 2007 y metas 2008.* México, D. F., www. cna.gob.mx (consultado en septiembre de 2009).

——, 2009. *Programas de agua potable, alcantarillado y saneamiento.* www. cna. gob.mx (consultado en septiembre de 2009)

Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2008). *Informe de México: El cambio demográfico, el envejecimiento y la migración internacional en México*. Santo Domingo, República Dominicana, XXXII Período de Sesiones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Comité Especial sobre Población y Desarrollo, del 9 al 13 de junio.

——, 2009. Proyecciones de la Población de México 2005-2050. http:// www. conapo.gob.mx/oocifras/5htm

Dalhuisen, J.; R. Florax; H. De Groot, y P. Nijkamp (2003). Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis. *Land Economics* 79(2): 292-308.

Fundación Gonzalo Río Arronte, I. A. P. y Fundación Javier Barros Sierra, A. C. (FJS-FGRA) (2004). *Prospectiva de la demanda de agua en México 2000-2003*. México.

Garza, Gustavo y Salvador Aguilar (1995). *Dinámica macroeconómica de las ciudades en México*. Tomo I. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (2007). Sección # 6 "Conceptos de reducción y control de pérdidas y de sectorización de redes de distribución". Materiales elaborados para el Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A. C. y su Centro Virtual de Información del Agua. Jiutepec, Morelos.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009). Banco de Información Económica. http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe

International Panel for Climate Change (IPCC) (2007). *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability--Summary for Policy Makers. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* http://wwwipcc.ch/SPM6avr07.pdf

Pineda Pablos, Nicolás (2002). La política urbana de agua potable en México: del centralismo y los subsidios a la municipalización, la autosuficiencia y la privatización. *Región y Sociedad. Revista de El Colegio de Sonora*. Vol. 14, núm. 24 (mayo-agosto), pp.41-69.

_____2008. *Nacidos para perder dinero y derrochar agua. El inadecuado marco institucional de los organismos operadores de agua en México.* En La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas. Tomo 1, editado por Denise Soares, Sergio Vargas y María Rosa Nuño. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara, pp. 121-150.

Pineda Pablos, Nicolás y Alejandro Salazar Adams (2009). De las juntas federales a las empresas de agua: la evolución institucional de los servicios urbanos de agua en México 1948-2008. En *El Agua Potable en México,* editado por Roberto Olivares y Ricardo Sandoval; México, ANEAS. pp. 70-88.

Reisner, Marc (1986). *Cadillac Desert: The American West and its Disappearing Water*. EUA, Penguin Books.

Scott, C. A.; N. I. Faruqui, y L. Raschid-Sally (2004). Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Management Challenges in Developing Countries. En *Wastewater use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*, edited by C. A. Scott, N. I. Faruqui y L. Raschid-Sally. Reino Unido, Cromwell Press.

Semiat, Raphael (2000). Desalination: Present and Future. *Water International*, Vol. 25, Num. 1 (March), pp. 54-65.

Zermeño Diaz, David Maximiliano (2008). *Análisis probabilístico de escenarios escalados de precipitación y temperatura bajo cambio climático en México*. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias (Física de la Atmósfera), México, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, (agosto).

6. Retos para la administración y gestión del agua de riego

Jacinta Palerm Viqueira*
Jaime Collado Moctezuma**
Benito Rodríguez Haros***

Resumen

La producción en las unidades y distritos de riego en México se incrementó de manera constante durante el siglo XX. En las dos últimas décadas ese avance se ha debido, en esencia, a la acrecentada conservación de las obras hidroagrícolas, al aumento en la eficiencia de las redes de conducción y distribución del agua, y al perfeccionamiento de las técnicas de riego parcelario, aunque el mejoramiento de los cultivos y la fertirrigación también han contribuido a elevar la producción. Como consecuencia del aumento en la producción agrícola de riego, también se han enriquecido otros indicadores, en particular los rendimientos, la productividad del agua y el valor de la producción agrícola. No obstante ese logro, algunos aspectos de la administración de las aguas nacionales —en especial la insuficiencia en la capacidad institucional— y del manejo parcelario del agua para riego —que denota, de manera acusada, el rezago en la capacitación de los regantes para emplear técnicas eficientes— presentan diversos retos, tanto internos como externos al riego, que es necesario afrontar para asegurar no sólo la producción agrícola nacional, sino la sostenibilidad del riego en razón de que aporta los elementos sociales, económicos y culturales de múltiples comunidades rurales. En este trabajo se identifican los problemas más acuciantes de administración y manejo del agua para riego en el México actual, y se proponen algunas ideas para solventarlos.

* Profesor Investigador Titular Estudios del Desarrollo Rural (ISEI) Colegio de Postgraduados, jpalerm@colpos.mx

** Consultor independiente, collado.jaime@gmail.com

*** Profesor de Tiempo Completo División de Ciencias Sociales y Administrativas Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra benus27@yahoo.com

El riego en México

En los albores del siglo XX, los poderes Ejecutivo y Legislativo Federales optaron por refundar la nación con base en un modelo de desarrollo hidroagrícola. Al paso del tiempo, México dejó de ser un país predominantemente agrícola para insertarse en los primeros lugares de la economía internacional. La economía nacional, a precios corrientes, se multiplicó por 30 de 1900 a 1990 y, en ese mismo lapso, el valor de la producción agrícola se octuplicó y su participación en el producto interno bruto pasó de 30 a 3% (Warman, 2001). Ese modelo de desarrollo hidroagrícola, vigente hasta la década de los 80, produjo 86 distritos de riego, la llamada "grande irrigación", en los cuales hay 561,368 usuarios que pueden regar un máximo de 3'265,589 ha. Para ello, cuentan con aproximadamente 300 mil estructuras, 50 mil km de canales, 30 mil km de drenes y 70 mil km de caminos, Tabla 1.

Paralelo a la política pública de desarrollo hidroagrícola, lo que Aboites (2009) llama "el modelo SRH (el que se derivaba del concepto de *aguas nacionales*)", la acción autogestora de la sociedad en primer término y, en menor medida, la inversión pública, dieron origen a 39,492 áreas de riego denominadas *unidades de riego* a partir de 1972, también conocidas como "pequeña irrigación",

Tabla 1. Infraestructura de los Distritos de Riego, 200w

Núm	Distrito o módulo de riego	Superficie		Usuarios	Presas		Diques	Plantas de bombeo	
		Dominada [ha]	Regable [ha]		Almacenamiento	Derivación			
1	Pabellón	14,635	10,962	1,959	1	2		4	
2	Mante	18,367	18,094	3,418		1		4	
3	Tula	50,817	50,817	36,063	3	7		4	
4	Don Martín	29,577	29,577	1,896	1	1			
5	Delicias	88,526	71,196	9,267	2	2	2	37	
6	Palestina	13,412	12,971	1,432	2	1		1	

en las que se pueden regar aproximadamente 2'956,032 ha. Al ser las unidades de riego en su mayoría iniciativa privada, se tiene poca información pública acerca del número de usuarios, superficies irrigadas, patrones de cultivo y de las más elementales estadísticas de producción agrícola y volúmenes de agua utilizados. Aun así, se sabe que las unidades de riego producen más y con mayor rendimiento y productividad del agua que los distritos de riego, y que utilizan un mayor volumen de agua, particularmente subterránea, conforme a la comparación hecha para el año 2006 en la Tabla 2, último año para el cual se tienen estadísticas de unidades de riego.

Es conveniente hacer notar que muchos distritos de riego no son de "gran-de irrigación" propiamente dicha, sino más bien agregados administrativos de pequeños regadíos, y que muchos otros distritos se desarrollaron a partir de un núcleo de viejos regadíos o de plano son viejos regadíos con mejoras incipientes, como es el caso del DR016 Estado de Morelos. Esto es, 36% de los distritos de riego tiene una superficie menor a 5 mil ha y 32% de ellos abarca una superficie de entre 5 y 20 mil ha, es decir, 68% de los distritos de riego tiene una superficie inferior a las 20 mil ha (Palerm, 2009). Por otra parte, tampoco se puede afirmar de manera tajante que las áreas de riego que no son distritos sean forzosamente más pequeñas que las de los distritos, ya que hay algunos sistemas de riego autogestores con superficies del orden de 10 mil hectáreas (Palerm y Martínez, 2000).

	Pozos	Red de canales [km]	Red de drenaje [km]	Red de caminos [km]	Estructuras	Casetas y edificios	Obras diversas
		128.100		211.600	581	14	3
		227.920	214.111	191.590	1,150	16	10
	11	804.442	259.980	1,122.852	7,411	47	
		756.046	498.989	829.779	3,944	25	
	145	1,705.684	925.039	2,947.567	11,796	75	
		304.417	15.387	274.528	1,614	8	3

Núm	Distrito o módulo de riego	Superficie		Usuarios	Presas		Diques	Plantas de bombeo	
		Dominada [ha]	Regable [ha]		Almacena-miento	Deri-vación			
8	Metztitlán	6,000	5,025	3,022		5		4	
9	Ciudad Juárez	13,827	12,928	1,336					
10	Culiacán Humaya	230,328	223,563	22,673	3	5	10	54	
11	Alto Río Lerma	113,922	109,337	24,042	3	1		107	
13	Estado de Jalisco	64,836	61,613	14,083	21	28		159	
14	Río Colorado	183,391	183,391	14,527		1		28	
16	Estado de Morelos	33,768	28,471	15,407		44		4	
17	Región Lagunera	223,820	93,406	37,956	2	40		3	
18	Colonias Yaquis	25,000	23,919	2,053		1			
19	Tehuantepec	49,030	44,530	7,478	1	2			
20	Morelia y Queréndaro	19,646	19,646	5,710	2	6		12	
23	San Juan del Río	11,796	11,700	2,660	5	2		3	
24	Ciénega de Chapala	46,539	40,857	12,669	3	2		16	
25	Bajo Río Bravo	237,590	201,550	14,488		1			
26	Bajo Río San Juan	79,153	76,651	4,851	1	1		3	
28	Tulancingo	981	981	482	1	2		1	
29	Xicoténcatl	24,345	24,021	1,839	1	4		1	

	Pozos	Red de canales [km]	Red de drenaje [km]	Red de caminos [km]	Estructuras	Casetas y edificios	Obras diversas
	3	85.750	8.220	57.015	760	15	1
	55	215.462	190.070	225.362	1,364	56	2
	144	2,894.655	2,850.320	2,047.769	17,308	260	25
	190	1,397.384	840.980	1,398.345	8,182	152	
	102	1,227.893	384.123	1,342.545	5,333	80	17
	561	2,712.683	1,723.684	3,001.681	13,078	52	1
	11	942.230		824.100	4,044	44	
		2,386.930	34.300	2,160.782	10,165	177	8
		314.403	235.053	1,098.563	2,283	15	4
		686.054	545.920	740.259	3,575	14	3
		280.536	292.391	549.905	882	18	
	54	189.083	90.555	331.152	1,611	66	
		413.990	612.610	781.900	1,256	22	7
	130	2,231.006	3,364.561	3,391.050	17,250	145	22
		1,080.363	1,255.908	1,328.203	7,323	70	
		31.034	25.305	7.000	518	3	1
		416.199	306.270	465.070	2,431	23	

Núm	Distrito o módulo de riego	Superficie		Usuarios	Presas		Diques	Plantas de bombeo	
		Dominada [ha]	Regable [ha]		Almacena-miento	Deri-vación			
30	Valsequillo	37,519	33,822	13,368	1				
31	Las Lajas	3,852	3,852	202		1			
33	Estado de México	9,719	8,199	7,482	4	4			
34	Estado de Zacatecas	25,065	20,421	5,552	6	7	1		
35	La Antigua	26,997	23,846	4,802		6			
37	Río Altar y Pitiquito	58,065	57,446	3,138	1				
38	Río Mayo	97,044	95,837	11,717	1	1		3	
41	Río Yaqui	234,582	228,988	21,416	2	2		37	
42	Buenaventura	9,000	7,718	1,296	1	7			
43	Estado de Nayarit	43,681	43,237	9,022		3		2	
44	Jilotepec	13,250	5,457	2,447	1	2			
45	Tuxpan	19,490	18,043	8,018	7	18		2	
46	Cacahoatán y Suchiate	8,942	7,310	673		2		1	
48	Estado de Yucatán	9,448	8,378	4,847				12	
49	Río Verde	9,001	5,999	3,275		1		1	
50	Acuña Falcón	14,036	14,036	687					
51	Costa de Hermosillo	153,182	66,296	2,178					

	Pozos	Red de canales [km]	Red de drenaje [km]	Red de caminos [km]	Estructuras	Casetas y edificios	Obras diversas
		617.807	204.850	621.370	6,975	21	
		48.637	19.980	92.290	223	3	
		255.192	193.690	228.813	2,441	8	13
		1,397.689	72.257	396.323	4,313	36	7
		505.724	222.280	711.740	4,352	24	3
		82.829		604.955	361	3	
	28	1,255.702	809.180	4,050.786	6,548	37	16
	138	3,354.550	2,417.500	5,702.480	14,943	92	1
	80	129.760		249.460	628	83	3
	47	577.650	385.810	565.190	2,447	60	2
		170.838		113.540	989	2	1
	20	455.933	109.100	408.240	2,175	10	
		126.700	125.230	115.950	1,283	7	3
	104	40.322		91.300		157	9
		141.604	73.580	228.550	1,172	1	
		86.160	7.500	1,007.000	473	2	8
		4.500		1,098.000		2	

Núm	Distrito o módulo de riego	Superficie		Usuarios	Presas		Diques	Plantas de bombeo	
		Dominada [ha]	Regable [ha]		Almacena-miento	Deri-vación			
52	Estado de Durango	22,922	21,224	4,554	4	5			
53	Estado de Colima	44,151	39,083	3,388	3	4			
56	Atoyac Zahuapan	4,246	4,246	8,890	1	4			
57	Amuco Cutzamala	26,456	13,516	11,197	4	3		1	
59	Río Blanco	9,508	8,814	2,330		3			
60	El Higo	2,420	2,381	496				5	
61	Zamora	17,899	17,899	4,138	2	2		1	
63	Guasave	113,957	93,982	16,033	2	2		18	
66	Santo Domingo	67,194	38,129	1,346					
68	Tepecoacuilco	2,658	2,400	1,098	1	2			
73	La Concepción	749	749	506	1	2			
74	Mocorito	48,199	45,637	6,609	1	1		22	
75	Río Fuerte	249,002	233,856	25,637	1	2		47	
76	Valle del Carrizo	66,548	55,876	7,891	1			2	
81	Estado de Campeche								
82	Río Blanco	32,108	19,869	2,192		2		1	
83	Papigochic	9,639	8,215	1,049	1	2		1	
84	Guaymas	23,942	15,311	2,180		1			

	Pozos	Red de canales [km]	Red de drenaje [km]	Red de caminos [km]	Estructuras	Casetas y edificios	Obras diversas
	42	337.189	159.335	303.042	2,538	28	
		766.249	374.920	546.457	9,560	18	
		184.715	156.180	110.750	1,538	4	4
		987.640	27.354	756.195	6,977	20	
		179.131	145.459	143.570	1,497	7	3
		47.940	45.580	21.210	551	3	
		274.445	243.093	425.200	1,244	2	18
	85	1,264.066	864.614	1,578.809	5,766	22	4
				744.000			
		83.246	24.879	109.896	639	4	
		44.740		67.300	473	4	
	45	433.090	402.695	508.060	3,307	21	1
	111	2,483.615	2,786.851	8,330.930	14,200	84	36
	9	768.380	679.860	1,779.840	5,776	24	30
		332.748	149.510	383.868	1,387	17	22
	5	195.270	51.900	219.450	924	7	
		300.000		92.000		1	

Núm	Distrito o módulo de riego	Superficie		Usuarios	Presas		Diques	Plantas de bombeo	
		Dominada [ha]	Regable [ha]		Almacena-miento	Deri-vación			
85	La Begoña	13,102	12,576	3,534	2	2		12	
86	Soto La Marina	37,997	36,365	3,181	1	1	1		
87	Rosario Mezquite	63,114	63,114	15,985	5	4		10	
88	Chiconautla	3,975	3,975	1,786				2	
89	El Carmen	20,815	12,714	1,087	1	1			
90	Bajo Río Con-chos	8,595	8,384	976	1	2		4	
92	Pánuco Pujalcoy	79,579	69,745	5,072			2	4	
92	Pánuco Chicayán	21,312	21,123	1,770	1			2	
92	Pánuco Ánimas	54,323	54,323	4,348	1	1			
93	Tomatlán	27,081	21,558	3,087	1			1	
94	Jalisco Sur	25,217	22,310	3,740	8	3		7	
95	Atoyac	5,700	4,811	1,723		1			
96	Arroyo Zarco	59,626	18,866	6,302	3	4	6		
97	Lázaro Cárdenas	104,395	72,621	10,964	3	66			
98	José María Morelos	11,601	11,601	1,640	1			7	
99	Quitupan La Magdalena	3,625	3,625	680	1			1	
100	Alfajayucan	40,534	40,534	30,435	2			4	
101	Cuxtepeques	10,059	8,540	1,747	1			2	

	Pozos	Red de canales [km]	Red de drenaje [km]	Red de caminos [km]	Estructuras	Casetas y edificios	Obras diversas
	21	106.770	150.940	381.723	1,475	18	
		689.142	711.018	825.698	5,679	24	
	118	489.795	645.975	1,026.940	3,135	26	
		71.450	7.100	118.280	826	4	
	216	165.972	216.163	339.026	1,469	222	1
		306.336	152.078	238.275	2,399	22	
		886.441	678.592	886.019	5,082	18	2
		335.443	242.481	320.040	2,057	20	1
		679.154	430.824	760.202	3,611	26	9
		513.087	116.359	671.411	3,418	21	
		415.446	259.774	493.421	2,356	21	3
		130.360	74.790	153.400	1,344	3	1
		286.646		253.800	933	2	
		1,511.880	214.830	1,272.400	3,839	23	
		263.621	54.880	253.715	2,091	14	
		31.200	75.002	106.200	141	3	
		888.708	25.478	987.322	8,273	43	
		156.106	56.210	196.658	1,551	27	1

Núm	Distrito o módulo de riego	Superficie		Usuarios	Presas		Diques	Plantas de bombeo	
		Dominada [ha]	Regable [ha]		Almacena-miento	Deri-vación			
102	Río Hondo	9,711	3,160	1,280					
103	Río Florido	9,383	8,278	1,403	2	4			
104	Cuajinicuilapa	6,720	6,554	1,122		1			
105	Nexpa	10,274	8,064	2,554	1	1			
107	San Gregorio	12,489	11,225	2,507		2		2	
108	Elota Piaxtla	29,323	29,323	2,714	1		5	2	
109	San Lorenzo	70,091	68,486	9,107	1	1		3	
110	Rio Verde Progreso	6,108	6,030	404		1			
111	Baluarte Presidio	8,487	8,436	1,218	4	2	6	4	
112	Ajacuba	10,350	3,971	2,037					
Total		3,857,364	3,265,589	561,368	139	345	33	664	

Fuente: Gerencia de Distritos de Riego, Comisión Nacional del Agua, 2009

	Pozos	Red de canales [km]	Red de drenaje [km]	Red de caminos [km]	Estructuras	Casetas y edificios	Obras diversas
	202	243.000	193.000	381.000	175	130	5
		290.640	59.800	189.812	1,587	10	
	12	100.680	103.750	150.970	488	3	
		181.904	20.500	214.900	1,309	2	
		175.640	60.004	230.000	1,041	4	2
		410.270	191.080	421.540	3,233	2	
	62	1,078.490	879.300	1,281.252	5,332	36	
		104.120	104.400	147.805	762	3	
	9	161.420	13.300	85.670	1,349	12	
		29.480		33.870	161	1	
	2,760	50,069.526	31,164.591	70,156.530	294,675	2,951	316

Tabla 2. Comparación entre distritos y unidades de riego, 2006

Concepto	Distritos de riego	Unidades de riego
Número	85	39,492
Usuarios	427,985	N/D
Gravedad presas	271,061	N/D
Gravedad derivación	116,385	N/D
Bombeo corrientes	5,786	N/D
Bombeo pozos	34,753	N/D
Superficie física [ha]	3'496,902.00	2'956,032.00
Superficie sembrada	2'783,468.32	3'314,242.74
Superficie cosechada	2'757,488.26	3'202,646.44
Superficie irrigada [ha]	2'481,807.83	2'846,296.00
Gravedad presas	1'739,105.56	1,368'682.00
Gravedad derivación	432,817.07	
Bombeo corrientes	34,480.17	1,477,614.00
Bombeo pozos	275,405.03	
Volumen extraído [Mm^3]	30,401.30	35,060.36
Gravedad presas	19,614.96	N/D
Gravedad derivación	6,821.98	N/D
Bombeo corrientes	383.34	N/D
Bombeo pozos	3,581.02	N/D
Volumen concesionado [Mm^3]	27,762.87	27,183.24
Aguas superficiales	25,836.26	11,431.70
Aguas subterráneas	1,926.61	15,751.54
Producción [ton]	42'966,081.58	68'703,736.56
Valor de la producción [M$]	55,936.29	87,624.29
Rendimiento [ton/ha]	15.58	21.51
Precio medio rural [$/ton]	1,301.87	1,239.48
Productividad del agua [$/$m^3$]	1.84	2.50
Productividad del agua [kg/m^3]	1.41	1.96

N/D: No disponible
Fuentes: CONAGUA, 2007, 2008, 2009

No obstante, la principal diferencia entre distritos y unidades de riego no es la época en la cual obtuvieron tal denominación ni la superficie que dominan, sino su relación con la sociedad, el gobierno federal y el congreso de la unión. En términos generales, los distritos de riego tuvieron el apoyo de la sociedad a través de una legislación específica y de la asignación de presupuesto federal para inversiones de capital, así como la atención dedicada del gobierno federal. En este sentido, el diseño de la política pública de riego en distritos tuvo una directiva bastante clara durante al menos 60 años, de 1926 a 1986. En cambio, las unidades de riego son, en esencia, la acción directa de la sociedad, aunque también hubo un cierto apoyo de los poderes Ejecutivo y Legislativo Federales para su desarrollo, pero con una intensidad y profundidad bastante más reducidas que la proporcionada a los distritos de riego. Por ello, las unidades de riego presentan una diversidad enorme: las hay con mayor extensión que algunos distritos de riego y otras son de unas cuantas hectáreas, hay unas sumamente eficientes y otras con métodos de riego precarios, algunas son muy rentables y otras son de subsistencia y, casi ninguna es el centro de un núcleo de población urbano.

En consecuencia, como mímica de esta disociación, los estudios sobre el regadío mexicano también presentan distintos puntos de vista. La visión ingenieril otorga precedencia a los hechos de las ciencias naturales, la estadística, la información y el conocimiento para conceptualizar y proponer soluciones a los problemas mediante ingeniería moderna. De otra parte, la perspectiva de las ciencias sociales está más interesada en el impacto del regadío en la sociedad, en la riqueza del conocimiento y de las técnicas tradicionales para la conservación ecológica, y en la diversidad cultural. Sin embargo, una mejor propuesta para resolver los problemas asociados con el agua que se destina al riego en México requiere un acercamiento entre estas dos concepciones, de manera que se privilegie la potenciación de su sinergia, más que la contribución aislada de cada una de ellas.

Datos: Mediciones realizadas en actividades profesionales (de administración y gestión del agua y de provisión de servicios públicos de agua potable y de riego), generados por la investigación y recolectados por las experiencias.

Estadística[1]: Ciencia que estudia la recolección, análisis, interpretación o explicación y presentación de los datos; también provee teorías y herramientas para la predicción y pronóstico de un área del conocimiento basándose en los datos.

Estadística[2]: Función matemática de la muestra de un conjunto de datos; el término se usa tanto para la función (mapeo de un espacio a otro o, como antiguamente se decía, conjunto de pares ordenados) como para el valor que toma la función dada una muestra específica.

Información: Se produce cuando los datos son asimilados en informes de investigación o reseñas sistemáticas, informes de auditorías técnicas, estadísticas nacionales e internacionales y en casos de estudios basados en la experiencia.

Conocimiento: Se produce cuando la información se aplica en la toma de decisiones.

Así, por ejemplo, según la visión ingenieril, en prácticamente todos los sitios donde quedaron asentados los distritos de riego se propició el origen de importantes polos de desarrollo. Se estima que incluso algunos municipios -como el de Pabellón, Aguascalientes, lugar donde se construyó el primer distrito de riego, DR001 Pabellón -se erigieron como consecuencia del establecimiento de campamentos -donde llegaba el ferrocarril con material y maquinaria para construir las obras hidráulicas-, y que eso acarreó el surgimiento de sindicatos y cooperativas, la edificación de escuelas e instalaciones deportivas, y la emergencia de los servicios médicos (Collado, 2004).

Por otra parte, la concepción de las ciencias sociales considera que es necesario reconsiderar las técnicas tradicionales como el entarquinamiento —que tiene funciones importantes de recarga de acuíferos, control fitosanitario y mejoramiento del suelo, incluida la disminución de la salinidad— y la creación de depósitos de agua temporales que acogen aves migratorias y peces (Chairez, 2005; Chairez, *et al*., 2004, 2005, 2006, 2009; Palerm, *et al*., 2002; Velázquez, *et al*., 2002, López Pacheco, *et al*., 2009). Asimismo, se aprecia importante la reconsideración de las capacidades locales, especialmente en la operación y en la toma de decisiones. Entonces, mientras los ingenieros prefieren un desarrollo de instituciones efectivas y eficientes, proceso que Worster (1985) llamó en su momento la profesionalización de la administración del riego, los científicos sociales subrayan las capacidades locales y la preferencia opcional por el control local, proceso que a su vez ha sido retomado por Ostrom (2000).

Al igual que sucede con los académicos y profesionales, la agricultura es vista por la sociedad en dos maneras no necesariamente congruentes. La primera de ellas es que la agricultura, incluida la de riego, es un negocio, una industria, aunque sea una actividad esencial para la existencia humana. En contraste con esta visión pragmática hay otra que percibe la agricultura como un sistema complejo que ha establecido una cultura propia. Si la sociedad considera que la agricultura de riego es una industria, tendería lógicamente a establecer una situación en la que el agricultor asume todos los costos de producción. A su vez, el productor transfiere esos costos al consumidor. De otra parte, si la sociedad acepta que la irrigación es más bien una cultura —la manera en que la gente vive y parte de la identidad nacional— o que la seguridad alimentaria del país es una prioridad ineludible, entonces es lógico que absorba una parte significante de la respon-

sabilidad de esa actividad en nombre de un interés nacional. Así, la sociedad comparte los costos e incertidumbres de cultivar la tierra y provee subsidios a los agricultores, los que a su vez subsidian los precios de los alimentos a los consumidores. Esto es, si la agricultura de riego debe pagar no sólo el servicio de riego sino también el valor económico del agua, incluido su valor intrínseco, ¿está dispuesto un ciudadano a pagar, además de sus impuestos, el valor total de una manzana que en la actualidad es cercano a dos dólares, o prefiere un producto agrícola subsidiado con sus impuestos y pagar por esa manzana del orden de 50 centavos de dólar? Aparte de las distintas posturas que tal pregunta pueda suscitar, la realidad es que la inversión en infraestructura hidroagrícola de 1926 a 1986 y el aumento constante de la producción agrícola de riego contrasta severamente con el presupuesto público decreciente para el sector hídrico mexicano en el último cuarto de siglo.

Con independencia del debate conceptual del riego en distritos y unidades de riego, la producción de los distritos de riego se ha incrementado de 1990 a 2008, Figura 1, lo cual no se debe a la expansión de áreas de riego, Figura 2, ni al aumento en el volumen de agua destinado al riego, Figura 3. Se carece de información comparativa para las unidades de riego.

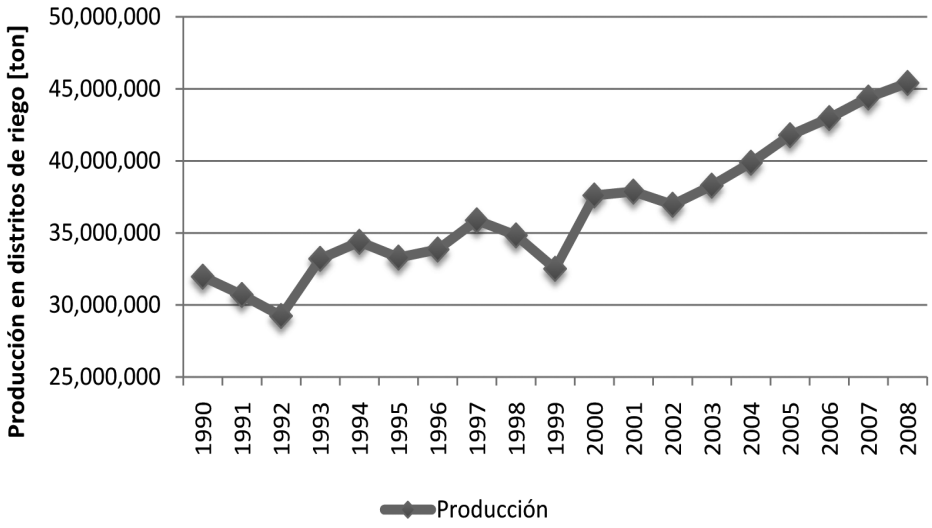


Figura 1. Incremento de la producción en los distritos de riego en México, 1990-2008

En efecto, el volumen bruto del agua para riego —es decir, la extracción de agua que se hace con fines de riego desde la fuente de abastecimiento, pero que incluye el volumen que se infiltra y evapora durante su conducción y distribu-

ción, previo a la aplicación parcelaria del riego propiamente dicho— ha permanecido relativamente constante, Figura 3. Entonces, ¿a qué se debe el incremento de la producción en los distritos de riego? Fundamentalmente a tres factores:

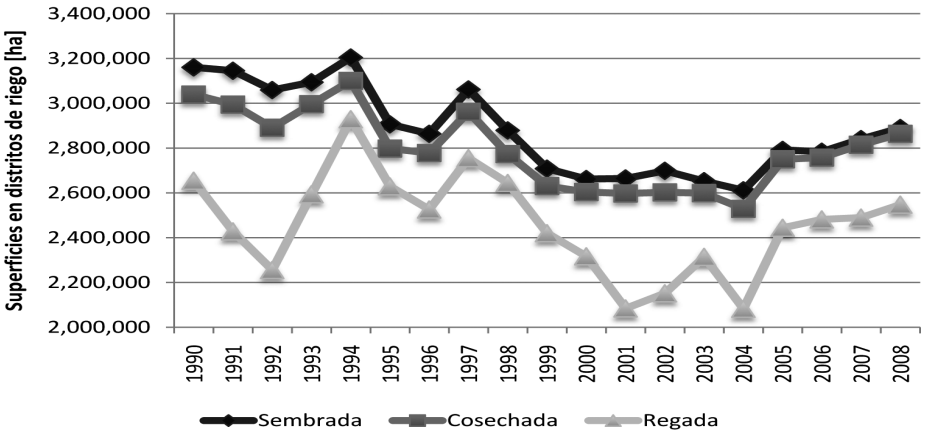


Figura 2. Decremento de la superficie sembrada, regada y cosechada en distritosde riego

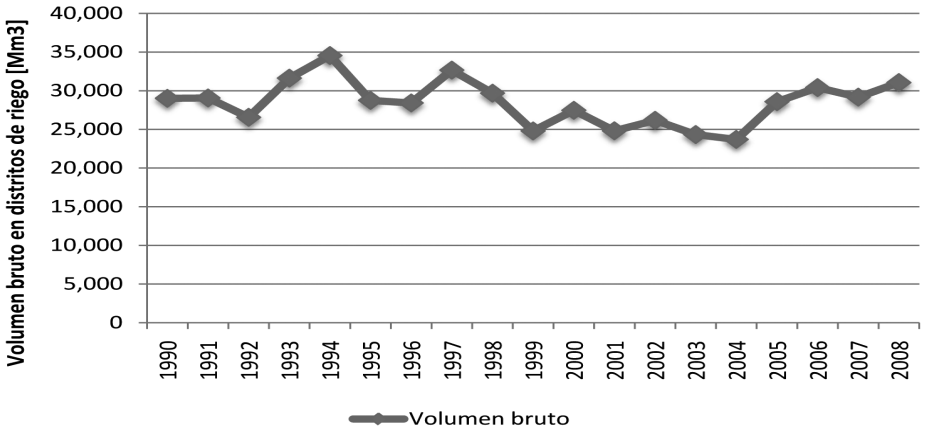


Figura 3. Volumen bruto de agua para riego en distritos de riego

1. Conservación mejorada de las obras hidroagrícolas,
2. Incremento en la eficiencia de las redes de conducción y distribución del agua, y
3. Mejoramiento de las técnicas de riego parcelario.

Conservación. Acciones para preservar el funcionamiento de la obra civil en la infraestructura hidroagrícola activa. Abarca secciones transversales en los canales, drenes y caminos, cortinas de las presas, diques, muros de contención, sifones, puentes, estructuras, muros y losas en represas y en tomas granja, edificios, casetas, etcétera.

Mantenimiento. Acciones para preservar el funcionamiento de la obra electromecánica inherente a la infraestructura hidroagrícola activa. Incluye mecanismos, sistemas electromecánicos, electrónicos, eléctricos e hidroneumáticos, alumbrado, maquinaria, vehículos y equipo en general.

Rehabilitación. Acciones para restituir a la infraestructura hidroagrícola las condiciones del diseño original o del modificado en el transcurso de su construcción.

Modernización. Acciones para actualizar las condiciones del diseño original o del modificado en el transcurso de su construcción con objeto de incorporar técnicas que conduzcan a un mejor funcionamiento de la infraestructura hidroagrícola.

Tecnificación. Acciones para sustituir el riego de gravedad convencional por el presurizado o, al menos, por el de gravedad tecnificado. Comprende el riego por goteo, aspersión y microaspersión, en primera instancia o, de no ser eso posible, al menos la nivelación de tierras, el revestimiento de regaderas y el trazo, diseño y aplicación del gasto de riego con sifones o tubería multicompuertas.

A pesar de haberse incrementado la producción y, como consecuencia, el rendimiento, la productividad del agua y el valor de la producción agrícola en los distritos de riego durante las dos últimas décadas, ni éstos ni las unidades de riego se hallan exentos de problemas. Sobresalen los siguientes.

Problemas internos al riego

Insuficiente capacidad institucional para promover el riego eficiente

Máximo volumen anual autorizado al amparo de una concesión de agua para riego

La mayor parte de los títulos de concesión en los distritos de riego especifican un "volumen promedio"; muy pocos, sólo los más recientes, especifican un volumen máximo. Sin embargo, el volumen anual autorizado al amparo de esos títulos de concesión varía en función de las condiciones hidrológicas y de los volúmenes almacenados en las presas, esto es, de la disponibilidad física (y no jurídica, la susceptible de ser concesionada) del agua. Por ello, la práctica común ha sido entregar, en algunos años, un volumen menor que el concesionado y, en otros años,

un volumen mayor al concesionado, con el fin de que el promedio de las entregas de agua durante un cierto periodo sea muy cercano al volumen concesionado. Sin embargo, cuando se entrega un volumen superior al concesionado, que se extrae de agua almacenada porque en ese año en particular el escurrimiento no alcanza a cubrir el volumen concesionado, muchos usuarios tienden a cambiar los cultivos de alto valor económico por otros de menor valor económico, como el maíz y el sorgo, lo cual conduce a una disminución en la productividad del agua. Esto provoca, a su vez, que tres o cuatro años después ya no haya suficiente agua almacenada en las presas para continuar con esa práctica insostenible.

La razón por la cual se siembran cultivos de menor valor económico cuando se oferta más agua es la siguiente. Los cultivos de mayor valor económico son los frutales y las hortalizas. Los frutales no se pueden producir en un año; se requieren al menos tres años para la primera cosecha y, una vez en pie, se consideran cultivos protegidos en el sentido de que si se les deja de regar unos cuantos meses, se pierde la inversión de varios años y no sólo la de un año. Las hortalizas sí se pueden producir en tres o cuatro meses, pero la extensión por sembrarse está definida por las condiciones del mercado en cada año agrícola. Cuando hay poca agua, quienes siembran frutales y hortalizas suelen comprar el agua a quienes siembran cultivos de menor valor económico, como el maíz y el sorgo. En consecuencia, si se oferta más agua que la concesionada, la cual es suficiente para satisfacer las necesidades de los frutales y hortalizas —que no requieren mucha agua— así como del resto de cultivos considerados en el plan de riegos, el excedente suele usarse para sembrar maíz y sorgo y, por tanto, disminuye la productividad del agua, ya que su precio medio rural es muy inferior al de los cultivos más rentables. Entonces, como el precio medio rural de los cultivos de alto valor económico es relativamente constante y éstos no requieren tanta agua, lo ideal es que no se entregue a los usuarios un volumen de agua superior al del valor nominal de sus títulos de concesión, aunque físicamente haya más agua almacenada. Esta medida, evidentemente, produce que no se entregue en un periodo dado el volumen concesionado en promedio, sino un valor menor. No obstante, la política pública que consiste en entregar como cantidad máxima del volumen anual autorizado el valor nominal de los títulos de concesión produce mayor regularidad en las entregas anuales de agua.

Medición del agua para riego

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) tiene un programa de medición del agua y de los niveles freáticos en acuíferos. La CONAGUA instala dispositivos pero, en todo el orden jurídico nacional, no existe una atribución explícita a ningún servidor público ni la delegación de funciones a ningún privado para verificar que los medidores funcionen de manera apropiada, y menos para ase-

gurarse de que los datos obtenidos se usen en la operación de la infraestructura hidroagrícola y en la aplicación parcelaria del agua. En particular, no existe una distribución de competencias clara en la administración pública ni la participación explícita del sector privado para medir los niveles freáticos después de la transferencia de los distritos de riego a los usuarios. La asunción de esa función está inespecificada.

Operación deficiente en sistemas de riego por gravedad

Existe una operación deficiente en una buena parte de las redes de distribución debido a que las estructuras de control son inadecuadas y a que, en ocasiones, los padrones de cultivos son extremadamente disímiles. Al momento de proporcionar el servicio de riego a los distintos usuarios, suele desperdiciarse el agua al final de los canales por «coleos», es decir, aun cuando sólo se suministre el agua a pocas parcelas dispersas los canales deben llenarse y, como operan de manera intermitente, en cada nueva demanda de agua se tienen que abrir las compuertas de nuevo y el volumen contenido en el último tramo de canal por lo general se desfoga sin uso productivo.

Baja eficiencia parcelaria

Ésta se debe, por una parte, al diseño inapropiado de los sistemas de riego por gravedad. Sin embargo, la falta de capacitación en las asociaciones de usuarios de riego para extraer, conducir, distribuir y aplicar el agua también lleva, en ocasiones, a que se sobreexploten fuentes de agua, a que existan mermas excesivas por infiltración en la conducción y distribución del agua, y a que se apliquen volúmenes de riego en exceso. A veces, también, la baja eficiencia de aplicación se debe a que la cuota de riego se determina por superficie y no por volumen: en esos casos no es falta de tecnificación, es falta de conciencia por el valor del recurso. Todos estos elementos, por separado o combinados, atentan contra la sostenibilidad de los sistemas de riego.

Supervisión insuficiente

Los esfuerzos por tecnificar los sistemas parcelarios de riego resultan en muchas ocasiones inefectivos. Los programas de tecnificación requieren proyectos ejecutivos bien diseñados, y en 40 o 50% de los casos son adjudicados a empresas sin experiencia suficiente. Como consecuencia de ello, los sistemas de riego parcelario son ineficientes, no entran en funcionamiento o dejan de estarlo seis meses después. Los responsables locales no son capaces de corregir las fallas y, en ocasiones, ni siquiera de conservar y operar las obras. Como la Comisión Nacional del Agua carece de los recursos humanos y financieros suficientes para supervisar y

promover el uso de sistemas de riego más eficientes, la tecnificación avanza muy lentamente. En ocasiones, los sistemas de riego funcionan por periodos breves y, en consecuencia, muchos de ellos corren el riesgo de ser insostenibles.

Sobreconcesión de aguas superficiales

Distritos de riego sobredimensionados

Por ejemplo, el DR017 Región Lagunera tiene una concesión de 976.656 Mm^3/año, con los cuales rara vez se pueden regar más de 70,000 ha. No obstante, la superficie regable excede las 90,000 ha. En este caso se puede recurrir a la tecnificación del riego parcelario (aunque eso disminuirá la recarga del acuífero y, en consecuencia, afectará a los usuarios de las aguas nacionales subterráneas), así como al intercambio de aguas de primer uso originalmente concesionadas a la agricultura de riego por aguas residuales tratadas asignadas al uso público urbano.

Distritos de riego sobreconcesionados

En el DR005 Delicias, por ejemplo, para satisfacer la concesión de 941.597 Mm^3/año es necesario extraer 1,173.467 Mm^3/año de las presas La Boquilla y Francisco I. Madero (Las Vírgenes) para absorber la infiltración en el cauce desde las presas hasta los puntos de control en los módulos donde se entregan los volúmenes anuales autorizados al amparo de los títulos de concesión de cada módulo de riego que conforma el distrito de riego. En este caso, además de la modernización de la red de distribución y de la tecnificación del riego parcelario, podrían combinarse las aguas superficiales con las subterráneas. El agua subterránea en el DR005, aunque es poca, es de buena calidad y podría contribuir a disminuir la extracción de las presas, ya que, por ejemplo, 50 Mm^3 de aguas subterráneas extraídas en el sitio donde se van a usar equivalen a una extracción de 150 Mm^3 de aguas superficiales almacenadas en las presas. Además, contar con agua presurizada en las parcelas tiene un beneficio adicional, puesto que 1 ha regada con cintilla produce lo mismo que 2 ha regadas con gravedad, o bien, 1 ha producida bajo condiciones de invernadero es equivalente a la producción de 5 ha regadas con gravedad.

Distritos de riego en cuencas donde hay competencia por el agua

La principal competencia se da con el uso público urbano, el cual incluye, además del uso doméstico o residencial, los usos industrial, de servicios y comercial abastecidos por los organismos operadores de agua potable y saneamiento. El mismo DR005 es un caso emblemático de esta situación, ya que la ciudad de Chihuahua requiere aumentar su asignación de agua, la cual puede provenir sólo de la que ya se encuentra concesionada al riego. En este caso no es factible

considerar el uso de aguas residuales municipales tratadas puesto que habría que bombear el agua hacia el distrito de riego, pero sí es posible tecnificar el riego parcelario en el DR005 y enviar los excedentes a la ciudad de Chihuahua, ya que el agua de Las Vírgenes y de La Boquilla es de mejor calidad que el agua de la presa El Granero, ubicada aguas abajo de la ciudad de Chihuahua.

Acuíferos sobreexplotados

Distritos de riego con acuíferos sobreexplotados

El DR037 Altar-Pitiquito, por ejemplo, tiene una concesión de 300 Mm^3/año y la recarga anual está estimada en sólo 150 Mm^3. La única manera de disipar el problema de sobreexplotación es tecnificar el riego parcelario.

Distritos de riego y ciudades con acuíferos sobreexplotados

El DR051 Costa de Hermosillo extrae del sobreexplotado acuífero Yaqui-Cocoraque 100 Mm^3/año y la ciudad de Hermosillo del orden de 80 Mm^3/año. Además de la opción de tecnificar el riego parcelario para disminuir la extracción de agua subterránea, el hecho de estar ligado a la ciudad de Hermosillo, permite otro tipo de solución: Extraer 80 Mm^3/año en Hermosillo y 32 Mm^3/año en el DR051; los 68 Mm^3/año adicionales para el distrito de riego provendrán de las aguas residuales tratadas de Hermosillo, con la estimación de que el volumen de retorno es del orden de 85% del empleado para uso público urbano. De esta manera, se extraerán 112 Mm^3/año en vez de 180 Mm^3/año, dejándose de extraer 68 Mm^3/año del acuífero pero satisfaciéndose las necesidades tanto de la ciudad de Hermosillo como del distrito de riego.

Minifundismo

La superficie media de las parcelas en distritos de riego es de 5.9 ha/usuario y en las unidades de riego es de 3.8 ha/usuario. Esta pulverización en la tenencia de la tierra dificulta la distribución del agua de manera equitativa, flexible, segura y en tiempo. Existen, por ejemplo, distritos de riego con muchos usuarios, pero cuyas parcelas tienen una superficie muy reducida: en el DR003 Tula la tenencia media de la tierra es de 1.4 ha/usuario. Además, en esta zona del país, así como en el Estado de México, se presentan heladas y granizadas que disminuyen la producción. Éste es un gran reto en el que, además, se tienen problemas sociales.

Discontinuidad en las organizaciones de regantes

Registro de derechos de uso del agua

En la década de 1990 se inició un Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) que consiste en un nuevo registro de concesiones que, además, debe ser solicitado por los usuarios. En ese proceso no se consideró la integración de la información existente en lo que fue el archivo de Aprovechamientos Hidráulicos de la SRH/SARH, archivo que actualmente se encuentra en el Archivo Histórico del Agua (AHA) y está disponible para consulta pública. En el AHA se encuentran los expedientes de reglamentación y seguimiento de las concesiones a usuarios integrados en juntas de aguas. Tampoco se consideró la integración de la información existente en el ramo de dotaciones y accesiones del Archivo General Agrario (AGA), un archivo también abierto al público. En el AGA se encuentra información de dotaciones de agua, derechos de agua accesorios a la tenencia de la tierra, tratamiento de conflictos por el agua y sus acuerdos disipadores, así como reglamentos que complementan los del AHA. Tampoco se consideró la integración de la información de los expedientes de las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES) en los Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) y Distritos de Desarrollo Rural (DDR), cuyos archivos no están abiertos al público. Estos expedientes se quedaron en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), mientras que la administración del agua por el gobierno federal migró a la Comisión Nacional del Agua, dependiente de la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) (Palerm, *et al.*, 2004).

No obstante, el artículo 4º transitorio de la Ley de Aguas Nacionales de 1992 expresaba que "las concesiones, asignaciones o permisos que se hubieren otorgado conforme a la Ley Federal de Aguas que se deroga [la de 1972], continuarán vigentes en los términos del título respectivo y se deberán inscribir en el Registro Público de Derechos de Agua conforme a lo dispuesto en la ley", lo cual significaba que no era necesario confirmar ningún derecho como las leyes de antaño requerían a los usuarios: quien se inscribió no perdió sus derechos de uso del agua. Las concesiones, asignaciones y permisos conservaron su rango jurídico, y a las dotaciones de agua y a los derechos de agua accesorios a la tenencia de la tierra se les dio tratamiento de concesiones. No sólo eso, a pesar de que el REPDA requería a los usuarios de las aguas nacionales contar con derechos de uso previos para inscribirse en el mismo, muchos usuarios irregulares obtuvieron dictámenes favorables a sus solicitudes de agua, con frecuencia sin haberse verificado de manera fehaciente el volumen reclamado como "uso histórico", conforme a los decretos presidenciales de regularización expedidos en 1995, 1996 y 2002.

Nuevas organizaciones de regantes

El REPDA, además, no da continuidad a las organizaciones preexistentes: las juntas de aguas. El nuevo registro refrenda la constitución de organizaciones denominadas unidades de riego (que son asociaciones de usuarios de pequeño riego) y que por lo general son isomorfas con las comunidades o ejidos. Es decir, en comparación con las juntas de aguas, se reduce el territorio en donde las organizaciones de regantes gestionan el agua.

¿Es eficaz la gestión del agua con organizaciones de regantes que abarcan una comunidad o una pequeña propiedad? Efectivamente, para la administración del agua en el interior de una comunidad son muy eficaces, como también lo fue, o lo es, la organización ejidal o la de bienes comunales, o lo fueron las de repúblicas de indios. El problema se presenta en la interacción ineludible con otros usuarios de las aguas nacionales. Durante la colonia ello se resolvió mediante repartimientos o reglamentos de tramos de ríos; en el siglo XIX hay documentación de acuerdos y convenios entre los usuarios y, a finales del XIX, se propone la reglamentación y la constitución de organizaciones de regantes, agrupaciones que tomarían el nombre de juntas de aguas hasta mediados del siglo XX. Es muy pertinente que los expedientes de reglamentación y constitución de las juntas de aguas hayan incluido los antecedentes de acuerdos y convenios e incluso de repartimientos. La historia de la constitución de las juntas de aguas es compleja, ya que se entrelaza con aquella del reparto agrario de tierras, aguas y montes (Sandré y Sánchez, s/f; Palerm y Martínez, 2009).

Ámbito de acción

Un aspecto importante que debe ser considerado es que la interacción entre usuarios es inevitable y que su formalización parece ser una estrategia útil. Sin embargo, con la nueva ley de aguas de la década de 1990 se interrumpe la continuidad de las organizaciones de regantes al perder las juntas de aguas reconocimiento oficial y al constituirse nuevas organizaciones, las cuales únicamente dan continuidad a la preexistente organización en el ámbito de comunidades y ejidos. La pérdida del reconocimiento oficial a las juntas de aguas debilitó su capacidad de organizar la distribución del agua en un tramo de río o microcuenca; de organizar el mantenimiento de la infraestructura hidroagrícola, y de negociar con otros actores que poseen un interés jurídico en la materia.

Con la ley de aguas de 1992, parte de la administración de los distritos fue transferida obligatoriamente del gobierno federal a las asociaciones de usuarios; sin embargo, este proceso hizo caso omiso del hecho de que había distritos ya entregados a los regantes en la década de 1940 así como distritos con espacios de autogestión, por un lado debido a políticas de organización de los usuarios

y, por otra, debido a la existencia, previa a la creación del distrito, de regadíos y de organizaciones de regantes. La ley de aguas de 1972 mantuvo la administración de las obras de cabeza de los distritos como atribución del gobierno federal para responsabilizarlo de su seguridad hidrológica, civil y militar, mientras que la legislación anterior ordenaba la entrega de los distritos, sin especificar los aspectos de seguridad de las obras de cabeza. La organización autogestora previa fue aparentemente ignorada en el proceso de transferencia: aparece de nuevo una discontinuidad parcial en la continuidad (Palerm, 2009; Rodríguez Haros, *et al*., 2007).

Otros impactos

En cuanto a la nueva organización autogestora, el modelo que se adoptó fue el de una administración burocrática, autogestora pero burocrática (Palerm, 2006). La efectividad de este modelo es aún desconocida; en su momento, Boehm (comunicación personal, 2004) señaló que este modelo favorecía particularmente a los regantes empresariales. Otro impacto que debe considerarse en los distritos de riego es la renta y venta de los derechos de agua. En algunos distritos de riego del norte de México, la concentración de derechos de uso del agua en manos de empresarios se ha visto impulsada, en épocas de sequía intensa, debido a que la escasez de agua impide a los regantes pequeños obtener los ingresos mínimos incluso para autoabastecerse (Fortis y Alhers, 1999; Contreras, 2001). Los estudios recientes acerca de los distritos de riego han estado dominados por el tema del "éxito" de la transferencia, pero escasean los análisis relativos a la historia y la dinámica de los distritos.

Finalmente, en la nueva generación de estudios sobre la transferencia, son interesantes los casos de aquellos regantes que se negaron a recibir la transferencia en el esquema de distritos de riego, pero aceptaron la transferencia como unidades de riego. El interés radica en que son resistencias locales al modelo propuesto por el gobierno federal (Guzmán, 2008; Montes, *et al*., 2009).

Edad de los regantes

Desde la aplicación de la Constitución de 1917, las dotaciones de tierras se han otorgado a ejidatarios con derechos accesorios al uso del agua y 44% del territorio nacional está bajo el régimen de propiedad ejidal. Los ejidos están distribuidos entre 3.5 millones de familias, en 29,951 comunidades que cultivan 4.6 millones de parcelas. En el país, 60% de los pastizales, 45% de la tierra cultivable y 70% de los bosques pertenecen a los ejidos (Warman, 2001), en los que la edad promedio de los ejidatarios supera los 65 años. Esta edad condiciona los cambios, en particular, la enajenación del patrimonio y la adopción de técnicas eficientes

de riego, principalmente por carecer de los medios económicos suficientes para ello con los esquemas actuales de inversión pública. Casi todos los ejidos poseen derechos de uso del agua accesorios a la tenencia de la tierra, los cuales son susceptibles de ser transmitidos de manera independiente a la enajenación de la tierra desde la reforma a la Ley Agraria de 1992.

Apoyo insuficiente a los regantes de unidades de riego

Las unidades de riego pueden ser vistas como autogestoras, o bien, como descuidadas por parte de los gobiernos federal, estatal y municipal. En cualquiera de los dos casos, el hecho es que se encuentran en su mayoría solas técnicamente, no obstante que son más productivas que los distritos de riego. En particular, las unidades de riego con aguas superficiales, que representan casi 50% de los 3 millones de hectáreas, tienen una infraestructura obsoleta en bordos, presas de almacenamiento y derivadoras, así como en sus sistemas de conducción del agua. Esto ocasiona, en la mayoría de los casos, una agricultura de autoconsumo que se apoya en la ganadería y constituye un agregado en la cadena productiva, pero que no es competitiva y mucho menos asegura la alimentación balanceada de las comunidades rurales. Sin embargo, también hay distritos de riego cuya producción es fundamentalmente de autoabasto y, de manera similar, existen unidades de riego que poseen una buena producción comercial.

Problemas externos al riego

Reducida gestión coordinada de aguas superficiales y subterráneas

La extracción de aguas subterráneas para uso urbano, industrial y agrícola puede afectar la disponibilidad física de los concesionarios de aguas superficiales al disminuirse el gasto de manantiales y los flujos subálveos de arroyos y ríos (Pedreño y Pérez, 2008). Por ejemplo, en el valle de San Juan Teotihuacán, un espacio de regadío que data de la época tolteca, los manantiales se han secado por las baterías de pozos que llevan agua a la ciudad de México. Otro ejemplo es el de los sistemas de riego del río Cuautla, en donde se secó un manantial al construirse a su lado un pozo para abastecer al sistema de agua potable de la ciudad de Cuautla (González Huerta, 2000; Ávalos y Palerm, 2003). El abatimiento de acuíferos también crea otros problemas, como el incremento en el costo de la energía para bombear aguas cada vez más profundas, la extracción de aguas de menor calidad, y la provocación de grietas en edificaciones debido al hundimiento del suelo.

Pronósticos hidrológicos insuficientes para efectuar extracciones de control

Una solución para transitar avenidas por cauces con capacidad de conducción disminuida es realizar extracciones de control, es decir, desfogar volúmenes que no pongan en riesgo a las poblaciones ubicadas aguas abajo de presas de almacenamiento con anticipación, durante y después de que se presente una avenida. Sin embargo, la elusión de un vertimiento mediante desfogues de control requiere un pronóstico razonablemente preciso para conocer cuándo y cuánta agua ingresará a una presa, y de esa manera estar en condiciones de realizar extracciones de control y de dejar llena la presa después de haber transitado una avenida. Desafortunadamente, hoy en día no se cuenta con tales herramientas tecnológicas, por lo que también las extracciones de control representan un reto y un área de oportunidad para realizar desarrollos importantes.

Reducción de la capacidad de conducción aguas abajo de presas

Muchos distritos de riego tienen como su fuente de abastecimiento presas de almacenamiento. Después de varios años de embalsar el agua, los tramos de los ríos aguas abajo de las presas pierden parte de su capacidad de conducción debido al crecimiento de vegetación en la llanura de inundación del río e incluso a asentamientos humanos en la zona federal de los ríos. Como consecuencia de ello, las presas no pueden verter los gastos elevados que se requieren para transitar una avenida grande: aunque la obra de excedencias pueda desalojar los volúmenes necesarios, esa operación no se puede realizar sin poner en riesgo a la población ubicada aguas abajo. Por ejemplo, en el DR017, con más de 350 m^3/s se tienen problemas; en Torreón, en el DR038 no es conveniente para Huatabampo verter más de 200 m^3/s, y en el DR075 no se pueden desfogar más de 750 m^3/s sin causar perjuicios a la ciudad de Los Mochis.

Contaminación del agua

El problema es doble: la contaminación de aguas para uso agrícola y la contaminación del agua debido al uso inapropiado de agroquímicos.

Por una parte, existe una severa contaminación en parte de las aguas para riego, debido a que los centros de población y la industria vierten el 62 y 84%, respectivamente, de sus aguas residuales crudas, y un porcentaje indeterminado de sus desechos sólidos a los cuerpos de agua, Tabla 3.

Tabla 3. Aguas residuales

Aguas residuales	Municipal	Industrial	Total
Generación	7.66 (56%)	5.98 (44%)	13.64 km^3/año
	2.07 (23%)	6.95 (77%)	9.02 Mt/año DBO_5
Recolección	6.53 (85%)	5.92 (99%)	12.45 km^3/año
	1.76 (85%)	6.88 (99%)	8.64 Mt/año DBO_5
Tratamiento	2.50 (38%)	0.94 (16%)	3.44 km^3/año
Remoción de contaminantes	0.53 (30%)	1.10 (16%)	1.63 Mt/año DBO_5

Fuente: CONAGUA, 2008

De otra parte, las áreas agrícolas que antes contaban con aguas de primer uso para el riego ahora no tienen otra opción más que usar aguas residuales sin tratamiento o parcialmente tratadas. Incluso hay zonas, como en las inmediaciones de Puebla y Tlaxcala, donde se vierten los colorantes de la industria textil en los canales de riego. Este hecho se agrava porque muchos regantes han perdido o están en proceso de ver menguados varios recursos accesorios al agua, como peces, y el producto de la derrama económica del turismo que disfrutaba de las corrientes, depósitos de agua y balnearios. A estas afectaciones se añaden los riesgos a la salud de los agricultores, trabajadores del campo y sus familias que carecen de guantes, botas y las medidas de higiene doméstica y personal apropiadas. Otras afectaciones son la exposición a agentes etiológicos por parte de los consumidores de los productos agrícolas regados con aguas de calidad deteriorada, y el decremento en el ingreso de los productores al restringirse, por ley, los cultivos que pueden sembrar con aguas negras o grises.

Carencia de pago por servicios ambientales a regantes

Disposición de aguas residuales crudas

Los distritos y unidades de riego que usan aguas negras o grises de las ciudades proveen servicios ambientales a los ribereños ubicados aguas abajo, puesto que retienen y reciclan la contaminación de las aguas residuales no tratadas. Sin embargo, esos servicios ambientales no están reconocidos ni pagados. El caso del DR003 Tula es emblemático: la calidad de las aguas residuales desde la ciudad de

México hasta el Valle de Tula mejora debido a la degradación biológica, fotodisociación, adsorción, absorción, oxidación, precipitación y dilución. El conjunto de estos procesos es conocido como la capacidad de autodepuración de agua cuando fluye en arroyos y a través del suelo, así como cuando se almacena en los embalses. De hecho, estos principios se utilizan como técnicas de tratamiento del agua en los humedales artificiales. La concentración media de las aguas residuales al entrar al emisor central en la ciudad de México es de 270 mg/l de DBO_5; en la salida del portal del emisor central en Tula, Hidalgo, la concentración media es del orden de 60 mg/l de DBO_5 y, a la salida del DR003 en el río Tula a la altura de Tezontepec, la concentración media es de 17 mg/l de DBO_5. Otro ejemplo: la concentración de la descarga de la ciudad de Guanajuato es alrededor de 358 mg/l de DBO_5, y en San José de Cervera, 12 km aguas abajo y después de usarse el agua en una unidad de riego, la carga contaminante es de 80 mg/l de DBO_5, lo que confirma la capacidad de autodepuración de los ríos y de las áreas de riego.

Recarga de acuíferos

Por otra parte, las prácticas de riego ineficientes desde un punto de vista técnico favorecen la infiltración hacia los acuíferos. Los volúmenes infiltrados no son «pérdidas», son parte del ciclo hidrológico, al igual que las aguas evapotranspiradas: retornan a su eterna circulación. Las aguas subterráneas también están concesionadas para otros usos y usuarios, y cualquier acción de tecnificación del riego disminuye la disponibilidad natural del acuífero. Ejemplos típicos son el DR011 Alto Río Lerma, donde las grietas provocadas a edificaciones por hundimientos del terreno son graves, y el DR017 Comarca Lagunera donde la extracción de agua se da en un nivel tan profundo que se tiene presencia de arsénico por el largo periodo de residencia del agua y su reacción química con las rocas con las que tiene contacto. Por tanto, las unidades y distritos de riego ineficientes técnicamente proveen servicios ambientales a los usuarios de las aguas subterráneas, que tampoco están reconocidos ni pagados. Un caso importante de aquilatar es el de California, donde hay proyectos de recarga y los acuíferos se utilizan como almacenamientos sin problemas de evaporación (Blomquist, 1992) pero sí de costos de operación incrementados. FAO (2007) presenta otros casos en los cuales debieran pagarse servicios ambientales a los productores agrícolas.

Aprovechamientos irregulares

Entre éstos sobresale el caso particular de los nuevos aprovechamientos con la técnica de mangueras. El uso de mangueras para riego en las laderas del volcán Popocatépetl, y en otros lugares de México con pendientes pronunciadas, ha sido una verdadera revolución tecnológica. La manguera permite conducir el agua

tomada del río o de pequeños manantiales sobre el río y salvar cañadas y extensas distancias al cabo de las cuales se pueden instalar sistemas de riego por goteo. En el río Amatzinac, al este del estado de Morelos, los campesinos y gobiernos locales han invertido en kilómetros de manguera para llevar el agua a huertas de frutales, de tal manera que la expansión de cultivos de riego ha secado zonas que se regaban aguas abajo desde la época prehispánica. La CONAGUA no tiene capacidad técnica ni jurídica para limitar el uso de mangueras pero, por otro lado, SAGARPA y otras instituciones gubernamentales han promovido la siembra de árboles frutales y la construcción de "ollas" de agua (estanques pequeños), las cuales son un componente del sistema de riego con mangueras (Guzmán, *et al.*, 2008, 2009; Rivas, 2000, 2004; Palerm y Rivas, 2004).

Predios agrícolas con valor urbano

En muchos sistemas de riego colindantes con las ciudades la presión política, económica y social que ejercen las empresas inmobiliarias sobre el uso del suelo para la construcción urbana es muy grande. A estas empresas les interesa, en principio, el suelo y, cuando el agua para riego proviene de acuíferos o manantiales, también el agua. En módulos o unidades con aguas superficiales para el riego les interesa sólo el suelo. Bajo la Ley Federal de Aguas de 1972 y la Ley de Aguas Nacionales de 1992 el agua liberada de esa superficie pasaba al módulo o unidad de riego y beneficiaba a todos los usuarios de riego. Con la reforma de 2004 a la Ley de Aguas Nacionales, el agua no se libera para beneficio del módulo o unidad de riego, sino que se adjudica a quien adquiera los derechos de uso del agua, que ya no son accesorios sino separables de la tenencia de la tierra desde la reforma a la Ley Agraria de 1992 (Collado, 2006). De esta manera, se privilegia a la mediana y grande empresas sobre los productores del sector social, en su mayoría ejidatarios y pequeños propietarios sin posibilidades reales de competir en un mercado de derechos de uso del agua.

Cultivos transgénicos

La agrobiotecnología, que es casi un sinónimo de organismos genéticamente modificados, se presenta como la «revolución genética» o la «revolución siempre verde» que resolverá el hambre mundial en un intento por relacionarla de manera subliminal con la Revolución Verde. Sin embargo, la Revolución Verde fue una tecnología pública: su investigación fue conducida con fondos públicos para dar respuesta a una necesidad pública (insuficiente producción alimenticia) y creó bienes públicos a los que todo el mundo tuvo y sigue teniendo acceso; no hubo derechos de propiedad intelectual, no hubo patentes que permitieran el flujo de millones de dólares a corporaciones transnacionales y no hubo tecnologías ni pro-

ductos que fuesen propiedad privada (Collado, 2005). ¿Se perdió libertad? No. De hecho, se incrementó la producción de alimentos, de cereales en particular; las semillas podían transportarse libremente, y una vez adquiridas eran propiedad de los agricultores y podían reproducirse. También se observó una degradación del agua y del suelo en los casos en que hubo un uso excesivo de agroquímicos. Por el contrario, la «revolución siempre verde» es una tecnología patentada: los métodos de investigación, los procesos y las semillas resultantes son propiedad privada, y los productores no tienen opinión en los desarrollos, mucho menos control sobre ellos. Esa tecnología sólo produce bienes privados, los cuales pueden ser adquiridos a un precio considerablemente superior a las variedades que son producto de una evolución sociocultural (un saco de semillas de algodón Bt cuesta del orden de US$40 y uno de semillas criollas sólo US$10). Las semillas pertenecen a la empresa que las vende, la cual controla estrictamente su traslado, además de que son estériles. En la «revolución siempre verde» el agricultor es un simple consumidor y no un socio, como lo fue en la Revolución Verde: En los veinte años que lleva la agrobiotecnología ha producido una sola variedad que disminuye el hambre o que tiene valor nutricional: el maíz; en cambio, la Revolución Verde produjo en unos cuantos años un sinnúmero de variedades que permitieron el incremento en los rendimientos agrícolas, mismos que dejaron beneficios inmediatos a los productores. Si el incremento en los rendimientos agrícolas debido a la Revolución Verde diezmó las variedades de maíz de 300 a 40, es muy probable que la Ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados reducirá a sólo una variedad el maíz de México que, en el colmo, no es para consumo humano (*food*) sino de animales (*feed*). ¿Será cierto que «sin maíz no hay país»?

Abandono de pequeñas obras de captación

Las pequeñas obras de captación de agua, como los jagüeyes (llamados también bordos o estanques) en los llanos de Apan y los Altos Centrales de Morelos, y los lama-bordos o jollas en la Mixteca, están en proceso de abandono y desaparición (Galindo, 2007; Galindo, *et al*., 2008 a, 2008 b; Guzmán, *et al*., 2005; Rivas, 2009, Rivas, *et al*., 2009). Estas pequeñas obras no sólo contribuyen a mejorar las condiciones ecológicas locales, también contribuyen a evitar los picos de avenida muy concentrados al aumentar el tiempo de desplazamiento del agua y, por tanto, contribuyen de manera importante a evitar inundaciones (Poças, *et al*., 2009). Por otra parte, existe un argumento plausible de investigadores y practicantes de la India en el sentido de que estas pequeñas obras son efectivas para recuperar los ecosistemas locales y asegurar el agua, además de que, simultáneamente, refuerzan la organización comunitaria debido a que los habitantes se ocupan

cooperativamente de la obra y, al tener una fuerte organización comunitaria, las comunidades pueden ser gestoras de acciones en bien de su propio desarrollo (Agarwal, *et al*., 1997, 2001).

Conclusiones

El impulso que el gobierno federal y el congreso de la unión dieron al riego, en particular al de los distritos, tuvo un periodo de esplendor entre 1926 y 1986. Desde que México adoptó el modelo neoliberal, hace unos 25 años, las políticas públicas para redistribuir parte de la riqueza nacional hacia las actividades rurales, en general, y de riego, en particular, se han visto menguadas o francamente disipadas. Hoy en día México es un país que importa agua virtual, del orden de 30% de lo que requieren sus actividades socioeconómicas, conforme a las estimaciones de Hoekstra y Chapagain (2008). Por ello, el incremento sostenido en la producción de las áreas de riego corre el riesgo de ser eliminado si no se atienden los problemas estructurales y coyunturales que en la actualidad afronta el riego en México. Y ese retroceso no sólo impactará los indicadores macroeconómicos, sino que además tendrá un efecto en la seguridad alimentaria, la oportunidad de una nutrición apropiada y el bienestar de muchos mexicanos. En consecuencia, es de fundamental importancia evaluar no sólo la eficacia de las normas jurídicas relativas al riego, sino también la correspondiente a sus políticas públicas.

Referencias

Aboites, L., *La Decadencia del Agua de la Nación: Estudio Sobre la Desigualdad Social y Cambio Político en México*, El Colegio de México, México, D. F., 2009, 145 pp.

Agarwal, A. y S. Narain (Eds.), *Dying Wisdom: Rise, Fall and Potential of India's Traditional Water Harvesting Systems*, Centre for Science and Environment, India, 1997.

——, A., S. Narain y I. Khyrana (Eds.), *Making Water Everybody´s Business: Practice and Policy of Water Harvesting*, Centre for Science and Environment, India, 2001.

Ávalos, C. y J. Palerm, Afectación en Manantiales por Uso de Agua Doméstica en la Cuenca del Río Cuautla, Morelos, *XII Congreso Nacional de Irrigación. Hacia la Sustentabilidad de la Agricultura de Riego*, Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación, México, 2003.

Blomquist, W., *Dividing the Waters: Governing Groundwater in Southern California*, ICS Press, 1992.

Collado, J., Prólogo a la versión en DVD-ROM de la colección completa de la revista *Irrigación en México*, reeditada de manera digital por la Comisión Nacional del Agua, el Archivo Histórico del Agua, el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social y El Colegio de Michoacán, México, D. F., 2004, 10 pp.

——, J., Servicios Ambientales y Servicios Mercantiles Relacionados con el Ambiente, *Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad*, El Colegio de México, Universidad Nacional Autónoma de México y Fundación Gonzalo Río Arronte, 2005, 45 pp.

——, J., Características Jurídicas de las Aguas Nacionales en México, *XIX Congreso Nacional de Hidráulica*, Cuernavaca, Morelos, noviembre, 2006, 9 pp.

Contreras Rentería, R., *El Costo Social del Rentismo de Derechos de Agua Superficial y Tierras de Riego en la Región Lagunera*, Tesis de Maestría, Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, 2001.

Comisión Nacional del Agua, *Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego*, Año Agrícola 2005-2006, México, D. F., 2007, 524 pp. + *xiv*.

Comisión Nacional del Agua, *Estadísticas del Agua en México*, Edición 2008, México, D. F., 2008, 228 pp.

Comisión Nacional del Agua, *Estadísticas Agrícolas y de Agua 1990-2008*, Gerencia de Distritos de Riego, México, D. F., 2009.

Chairez, C., *El Impacto de la Regulación de los Ríos en la Recarga a los Acuíferos: El Caso del Acuífero Principal de la Comarca de La Laguna*, Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, 2005.

——, C. y J. Palerm, El Entarquinamiento: El Caso de la Comarca Lagunera, *Boletín Archivo Histórico del Agua: Organizaciones Autogestivas para el Riego*, Nueva Época, Año 9, Publicación de Aniversario (10 años), 2004, p. 85-97.

——, C. y J. Palerm, Importancia del Río Aguanaval en la Recarga al Acuífero Principal de la Región Lagunera de Coahuila y Durango, *Boletín Archivo Histórico del Agu*a, Año 10, Núm. 29, 2005, pp. 5-20.

——, C. y J. Palerm, Aniegos y Agricultura en la Parte Baja del Río Aguanaval, en Martínez Saldaña, T. J. Palerm, M. Castro y L. Pereira (Eds.), *Regadíos Ancestrales en Iberoamérica: Técnicas y Organización Social del Pequeño Riego*, Mundi Prensa, México, 2009, pp. 19-26.

——, C., J. Palerm, L. Tijerina, L. Jiménez y T. Martínez Saldaña, La Regulación del Río Nazas ¿Acierto o Desacierto?, *AgroNuevo*, Año 2, Núm. 11, 2006, pp. 33-60.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, *The State of Food and Agriculture 2007: Paying Farmers for Environmental Services*, Roma, Italia, 2007, 222 pp. + *xiv*.

Fortis Hernández, M. y R. Alhers, *Naturaleza y Extensión del Mercado de Agua en el DR017 de la Comarca Lagunera, México* IWMI, Serie Latinoamericana: Núm. 10, 1999.

Galindo, E., *Organización Social para el Uso y Manejo de Jagüeyes al Norte de los Llanos de Apan, Hidalgo, México*, Tesis de Maestría, Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, 2007.

——, E. J. Palerm, J. L. Tovar y R. Rodarte, Organización Social en la Gestión de una Fuente de Agua: Los Jagüeyes" *Agrociencia*, 2008 a, Vol. 42, Núm. 2, pp. 233-242.

——, E., J. Palerm, J. Tovar y R. Rodarte, Tecnología Hidráulica y Acciones Comunitarias para la Captación de Agua de Lluvia en Jagüeyes, *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, 2008 b, Año 13, Número especial, pp. 21-31.

González Huerta, M., El sistema de Riego de los Manantiales de San Juan Teotihuacán, en Palerm Viqueira, J. y T. Martínez Saldaña (Eds.), *Antología sobre Pequeño Riego*, Vol. II *Organizaciones Autogestivas,* Colegio de Postgraduados/ Plaza y Valdés, 2000, pp. 133-210.

Guzmán, M., *et al.*, Avances de investigación 2008 y 2009 de estudiantes de licenciatura (Anabel González Pérez, Irene Gómez Díaz, Daniel Abarca De La Torre, Martha Shirley Reyes Quintero, José Antonio Yáñez Jiménez; Castro Pérez María de los Ángeles) de la Universidad Autónoma de Morelos, 2008 y 2009, manuscritos no publicados.

——, M. y J. Palerm, Los Jagüeyes en la Región de los Altos Centrales de Morelos" *Boletín Archivo Histórico del Agu*a, 2005, Año 10, Núm. 29, pp. 21-26.

Guzmán, N. B., Transferencia y organización social en el Distrito de Riego 016, estado de Morelos, *Investigación Agropecuaria,* 2008, Vol. 5, Núm. 2, pp. 295-306.

Hoekstra, A. Y. y A. K. Chapagain, *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido, 2008.

López Pacheco, E., J. L. Pimentel Equihua y J. Palerm, El Entarquinamiento en Cajas de Agua: El valle de Coeneo-Huaniqueo, Michoacán, en T. Martínez Saldaña, J. Palerm, M. Castro y L. Pereira (Eds.), *Regadíos Ancestrales en Iberoamérica: Técnicas y Organización Social del Pequeño Riego*, Mundi Prensa, México, 2009, pp. 11-18.

Montes de Oca, A. y J. Palerm, El Distrito de Riego Tepalcingo, *53 Congreso Internacional de Americanistas*, 2009.

Ostrom, E., *El Gobierno de los Bienes Comunes: La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva*, FCE/UNAM, 2000.

Palerm, J. (Coord.), I. Sandré, B. Rodríguez Haros y N. Duana Caletteet (Eds.), *Catálogo de Reglamentos de Agua en México. Siglo XX*. AHA/CIESAS/CNA, 2004.

——, J. (Coord.), R. Castañeda, I. Sandré, B. Rodríguez Haros, N. Duana Caletteet, *et al.*, (Eds.) *Reglamentos y otros Documentos Sobre Distribución del Agua en el AGA*, manuscrito no publicado.

——, J., Self-Management of Irrigation Systems, a Typology: The Mexican Case, *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, 2006, Vol. 22, Núm. 2, pp. 361–385.

——, J., Distritos de Riego en México: Algunos Mitos, en Palerm, J. y T. Martínez (Eds.), *Aventuras con el Agua. La Administración del Agua de Riego: Historia y Teoría*, Colegio de Postgraduados, 2009, pp. 277-328.

——, J. y T. Martínez Saldaña (Eds.), *Antología Sobre Pequeño Riego*, Vol. II *Organizaciones Autogestivas*, Colegio de Postgraduados/Plaza y Valdés, 2000.

——, J. y M. Rivas, Organización Social y Riego: Administración de Sistemas de Riego: Tipos de Autogestión y Escuadras Cuasi Militares para la Defensa del Agua en la Zona Baja del Amatzinac, *Nueva Antropología,* 2005, Vol. XIX, Núm. 64, pp. 9-29.

——, J. y T. Martínez (Eds.), *Aventuras con el Agua. La Administración del Agua de Riego: Historia y Teoría*, Colegio de Postgraduados, 2009.

——, J., M. Sánchez Rodríguez, *et al*., Entarquinamiento en Cajas de Agua y Otras Técnicas Hídricas,) en J. Palerm (Ed.), *Antología sobre Pequeño Riego* Vol. III *Sistemas de Riego no Convencionales*, Colegio de Postgraduados, 2002, pp. 21-76.

Pedreño, A. e I. Pérez, Hay que Conservar los Manantiales: Organización Social del Regadío y Aguas Subterráneas en el Noroeste Murciano, *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 2008, Núm. 220, pp. 123-162.

Poças, I., M. Cunha y L. Pereira, Los Lameiros: Pastizales Seminaturales de Regadío de Montaña, en T. Martínez Saldaña, J. Palerm, M. Castro y L. Pereira (Eds.), *Regadíos ancestrales en Iberoamérica. Técnicas y organización social del pequeño riego*, Mundi Prensa, México, 2009, pp. 27-40.

Rivas, M., *Organización Social para el Pequeño Riego: Barranca Amatzinac Zona Baja y Canal Tenango, Morelos*, Tesis de Maestría en Ciencias, Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, 2000.

——, M., *Caracterización del Manejo de Suelo y Uso de Agua de Lluvia en la Mixteca Alta: Jollas y Maíces de Cajete*, Tesis de doctorado, Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, 2009.

——, M., Organización y Readaptación Organizativa para el Riego: Barranca Amatzinac, Zona Baja y Canal Tenango, Morelos, México, *Boletín Archivo Histórico del Agua: Organizaciones Autogestivas para el Riego,* Nueva época, 2004, Año 9, Publicación de aniversario (10 años), pp. 80-84.

——, M., B. Rodríguez Haros y J. Palerm, El Sistema de Jollas: Una Técnica de Riego no Convencional en la Mixteca, en T. Martínez Saldaña, J. Palerm, M. Castro y L. Pereira (Eds.), *Regadíos Ancestrales en Iberoamérica: Técnicas y Organización Social del Pequeño Riego*, Mundi Prensa, México, 2009, pp. 101-112.

Rodríguez Haros, B y J. Palerm, Antes de la Transferencia: La Entrega de Distritos de Riego, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 2007, Vol. 4, Núm. 2, pp. 105- 126.

Sandré, I. y M. Sánchez, *El Eslabón Perdido: Acuerdos, Convenios, Reglamentos y Leyes Locales de Agua en México*, manuscrito no publicado. Sin fecha.

Velázquez, M., J. Pimentel Equihua y J. Palerm, Entarquinamiento en Cajas de Agua en el Valle Zamorano: Una Visión Agronómica, en M. Sánchez Rodríguez (Coord.), *Entre Campos de Esmeralda: La Agricultura de Riego en Michoacán*, El Colegio de Michoacán, México, 2002, pp. 261-273.

Warman, A., *El Campo Mexicano en el Siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México, D. F., 2001, 262 pp.

Worster, D., *Rivers of Empire: Water, Aridity and the Growth of the American West*, Pantheon Books, Nueva York, 1985.

7. Industria

Miguel Ángel López Zavala*
Blanca Nelly Flores Arriaga**

Resumen

En este capítulo se presenta un diagnóstico de la situación que guarda el consumo de agua, la generación, tratamiento y reuso de aguas residuales industriales en México, desde una perspectiva crítica. La situación real que presenta este sector no se conoce con precisión debido a la precaria disponibilidad de información y a la incapacidad de las instituciones de los tres niveles de gobierno para el monitoreo y supervisión de las industrias que les permita mantener actualizado el "Sistema Nacional de Información del Agua". La información oficial en materia de agua e industria en México es confusa, no se pública en forma actualizada, es imprecisa y poco sistemática, es poco accesible y es poco usada por el propio aparato gubernamental.

La información que se presenta en este capítulo es el producto de una búsqueda exhaustiva. Primeramente, se presenta un diagnóstico relativo al agua e industria en América Latina y el Caribe. Luego, se presenta información recopilada de las fuentes oficiales conjuntamente con información generada por los autores a partir de bases de datos proporcionados por las autoridades. Con base en esta información, los autores realizan un análisis sobre el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria, destacando principalmente la problemática que enfrentan, por un lado, la industria mexicana, y por el otro, las autoridades para la aplicación de leyes, reglamentos y normas para mejorar el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria. Se enfatiza también el incumplimiento del rol y responsabilidades que tienen tanto el gobierno y como los industriales.

Se incluyen además estrategias técnicas para el reuso del agua y la minimización de aguas residuales industriales que se han implementado en varias industrias del norte del país. Estas estrategias, con excelentes resultados, han permitido reducir el consumo de agua fresca (potable, pozo, etc.), reducir las descargas de efluentes y lograr cero descargas de aguas residuales.

* Profesor-Investigador. CAALCA, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey.
** Estudiante de doctorado. CAALCA, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey.

1. Introducción

En este capítulo se presenta un diagnóstico de la situación que guarda el consumo de agua y la generación, tratamiento y reuso de aguas residuales industriales en México, desde una perspectiva crítica. La situación real que presenta este sector no se conoce con precisión, debido a la precaria disponibilidad de información y a la incapacidad de las instituciones de los tres niveles de gobierno para el monitoreo y supervisión de las industrias que les permita mantener actualizado el "Sistema Nacional de Información del Agua". La información oficial en materia de agua e industria en México es confusa, no se publica en forma actualizada, es imprecisa y poco sistemática, es poco accesible y es poco usada por el propio aparato gubernamental (Aboites *et al.*, 2008; Jiménez Cisneros, 2007).

La cantidad y calidad de información es esencial, primero, para conocer los problemas relacionados con el agua que enfrenta el sector y, luego, para diseñar programas para resolverlos. Desafortunadamente, la cantidad y calidad de los registros disponibles en México se limitan a la información oficial de la CONAGUA. No existe otra fuente de información disponible para valorar el estado que guarda el consumo de agua, la generación, tratamiento y reuso de aguas residuales industriales en México.

Como se muestra en este documento, la preocupación e interés del Gobierno Mexicano por conocer la realidad del uso del agua en la industria no va más allá de la década pasada, como puede verse en la sección 6 de este capítulo. Por ende, tratar de encontrar información previa es prácticamente una "misión imposible", ya que la disponibilidad de información está ligada a la publicación e implementación de la normatividad vigente, como lo son la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Es importante mencionar que las crisis económicas recurrentes han afectado también, de manera significativa, los esquemas de monitoreo y la recopilación de información.

La información que se presenta en este capítulo es el producto de una búsqueda exhaustiva, circunscrita a la realidad expresada por Aboites *et al.* (2008) y Jiménez Cisneros (2007). Por otro lado, el análisis de la misma se realiza con base en la experiencia de los autores. En la sección 2 se resumen los resultados del diagnóstico realizado por Jiménez Cisneros (2006) relativo al agua e industria en América Latina y el Caribe. En las secciones 3, 4 y 5 se presenta información recopilada de las fuentes oficiales, conjuntamente con información generada por los autores a partir de bases de datos proporcionados por las autoridades. Con base en esta información, los autores realizan, en la sección 6, un análisis sobre el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria, en el que destacan la problemá-

tica que enfrentan, por un lado, la industria mexicana, y por el otro, las autoridades para la aplicación de leyes, reglamentos y normas para mejorar el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria. Se enfatiza también el incumplimiento del rol y las responsabilidades que tienen tanto el gobierno y los industriales.

En la sección 7, se incluyen estrategias técnicas para el reuso del agua y la minimización de aguas residuales industriales que López Zavala (2007, 2006) y López Zavala y Collado (2010) han implementado en varias industrias del norte del país. Estas estrategias, con excelentes resultados, han permitido reducir el consumo de agua fresca (potable, pozo, etc.), reducir las descargas de efluentes y lograr cero descargas de aguas residuales. Estas estrategias, además de solucionar los problemas que enfrentan dichas industrias en materia de manejo de agua, permiten reducir costos por concepto de consumo de agua y tratamiento de aguas residuales, e incrementar sus ingresos al mejorar los procesos productivos en los cuales se utiliza el agua. Es indudable que estas estrategias deben ir acompañadas de acciones de la autoridad para mejorar y aplicar la normatividad y legislación vigentes, que fomenten e incentiven el uso eficiente del agua y la prevención de la contaminación, más que pagar por contaminar. Por otro lado, se debe consolidar el Sistema Nacional de Información del Agua para que se convierta en un instrumento de consulta útil y confiable.

2. Agua e industria desde un contexto regional

En general, América Latina y el Caribe se dividen, por la disponibilidad, en dos regiones. Una zona que corresponde a la región del Caribe (islas, básicamente), en donde la cantidad de agua disponible es muy baja (aunque no hay datos para todos los países, diversas referencias señalan la marcada falta de agua) y la competencia entre los usos es muy fuerte, al grado de que casi no existe desarrollo industrial, con excepción del de la industria turística. En la segunda región, la continental, se encuentran los países con mayor desarrollo industrial, y éstos se caracterizan por tener una disponibilidad de media a muy alta (Jiménez Cisneros, 2006).

En promedio, para toda la región, el principal usuario del agua es la agricultura (59%), seguido de los fines municipales (14%, en su mayoría para 81% de la población, que es la urbana) y la industria, con sólo 2%. En comparación, el empleo de agua por la industria en el ámbito mundial es de 27%, valor que aumenta a 59% en países ricos, y disminuye a 10% en los de bajo y medio ingreso. Para 2025, se espera que el empleo de agua por la industria se incremente en 60%, pero de acuerdo con la UN, y como consecuencia de la liberalización y globalización de los mercados, las industrias de países desarrollados tenderán a migrar a los de menor desarrollo, con lo que ejercerán una mayor presión sobre

los recursos hídricos. Esto también estará motivado por la falta de legislación y su aplicación en las zonas con menores recursos. Así, se espera que en el futuro haya menor uso del agua por la agricultura y mayor por las industrias en los países en desarrollo. No hay datos para la región, pero para Suramérica se estima que dicho incremento será de 70% y que, como consecuencia, el empleo de agua por la agricultura disminuirá de 81 a 69% (Jiménez Cisneros, 2006) (Jiménez Cisneros, 2006).

El índice de productividad industrial por el agua muestra que México destaca en este rubro, seguido muy por debajo por El Salvador, Trinidad y Tobago y Guatemala. De hecho, son sólo estos países los que tienen un sector industrial desarrollado con base en el uso del agua (Jiménez Cisneros, 2006).

En su mayoría, y excluyendo el turismo, en la región de América Latina y el Caribe dominan las industrias alimentarias, de la pulpa de papel, de textiles y de curtidos de pieles. Con algunas excepciones se encuentran también las industrias química y farmacéutica, y procesadoras del petróleo. Todas las industrias mencionadas se caracterizan por una alta demanda de agua. Otro problema es la contaminación del agua. Existe poca información referente a cuánta contaminación genera cada tipo de industria. Sin embargo, la industria textil y la alimentaria, dominantes en la región, son las que más contribuyen a este problema (Jiménez Cisneros, 2006).

Hay pocos casos documentados sobre la contaminación industrial. Por ejemplo, en México, las cuencas más contaminadas lo son por la industria y se encuentran en los ríos Grijalva y Coatzacoalcos, que reciben descargas de efluentes de la industria azucarera y petroquímica. Siguen a estas cuencas, en grado de contaminación, la del Papaloapan, que recibe efluentes provenientes tanto de las industrias cerveceras y químicas como de destilerías y tenerías, y la del Pánuco, que capta desechos provenientes de la industria del petróleo. Otros problemas de agua se producen por la industria de generación de energía eléctrica (Jiménez Cisneros, 2006).

En cuanto al control del estado de la contaminación del agua por la industria, en prácticamente todos los países de América Latina y el Caribe, desde finales de la década de los 80, del siglo XX, se cuenta con una normatividad que pocas veces se aplica por la falta de capacidad para la inspección y el seguimiento de la ley. Esto se debe, en esencia, a la carencia de recursos económicos para llevar a cabo programas de esta naturaleza. Por otra parte, es inexistente el control de la contaminación industrial causada por las industrias denominadas "secas", que son aquellas que, aunque tienen un escaso o nulo consumo de agua y por tanto no registran descargas de agua residual, sí vierten a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como al alcantarillado, descargas de desechos sólidos o de líquidos que no son agua (Jiménez Cisneros, 2006).

Al igual que en otras partes del mundo, en la región se aplica el principio de "quien contamina paga". Sin embargo, este principio es insuficiente para controlar todos los problemas que generan las industrias debido a que: a) no previene el uso excesivo del agua; b) no tiende a evitar la contaminación, sino a sancionarla una vez que se produce, y c) en general, el lapso de tiempo que ocurre entre la emisión del contaminante y los efectos observados es tan largo que es difícil identificar la fuente que lo originó. Por otra parte, el control de las industrias que pertenecen al gobierno no se realiza en la práctica, ya que se crea un conflicto de intereses dentro del mismo (Jiménez Cisneros, 2006).

3. Consumo de agua por la industria en México

La industria es el motor de crecimiento y desarrollo económico en muchos países desarrollados. En la región de Asia del Este y del Pacífico, la industria actualmente genera 48% del total del PIB, y esta proporción sigue aumentando. Por otra parte, la proporción del PIB en los países en vías de desarrollo creció de 22 a 26%, entre 1998 y 2002. Alrededor de 20% del agua se emplea en la industria, cantidad que equivale a un consumo de 130 m^3/persona/año, y de esta cantidad, más de la mitad se utiliza en los procesos de enfriamiento de las centrales termoeléctricas. Entre los mayores consumidores de agua están las plantas petroleras, la industria metálica, las papeleras, las maderas, el procesamiento de alimentos y la industria manufacturera (CONAGUA, 2009a).

En México, el uso industrial del agua está considerado en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) y se integra primordialmente por la industria autoabastecida y las termoeléctricas. Los principales rubros de la industria autoabastecida son las industrias química, azucarera, petrolera, de celulosa y de papel, las cuales se abastecen de manera directa de ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Las termoeléctricas incluyen centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbo gas y de combustión interna. En el año 2007, las centrales termoeléctricas generaron 198.79 TWh, lo que representó 87.0% del total de la energía eléctrica producida en el país. En las plantas correspondientes existe una capacidad instalada de 38,799 MW, es decir, 77.8% del total del país (CONAGUA, 2009a).

Para 2007, el uso industrial representaba 9% del volumen total concesionado para usos consuntivos, 4% para la industria autoabastecida y 5% para las termoeléctricas. Este porcentaje es relativamente bajo en comparación con el promedio mundial mencionado con anterioridad para países en vías de desarrollo. Cabe aclarar que 76% del agua concesionada a termoeléctricas en el país corresponde a la planta carboeléctrica de Petacalco, ubicada en las costas de Guerrero, muy cerca de la desembocadura del río Balsas. Los consumos de agua en la industria en

el 2007 alcanzaban los 7.2 miles de millones de m^3, distribuidos como se observa en la Tabla 1 (CONAGUA, 2009a).

Tabla 1. Uso consuntivo de agua en la industria, según origen de la fuente de extracción. 2007. En miles de millones de metros cúbicos.

Uso	Origen		Volumen total
	Superficial	Subterráneo	
Industria autoabastecida (sin termoeléctricas)	1.7	1.4	3.1
Termoeléctricas	3.6	0.5	4.1
Total	5.3	1.9	7.2

Los volúmenes concesionados para usos consuntivos por región hidrológico-administrativa en 2007 se muestran en la Tabla 2. Como se puede observar, la región con mayor volumen concesionado para la industria autoabastecida (incluye rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio) es la Golfo Centro, mientras que la región Pacífico Sur es la que cuenta con el menor volumen concesionado. En lo que se refiere al uso en termoeléctricas, la región del Río Balsas es la que posee el mayor volumen concesionado, mientras que en 2007 regiones como la Noroeste, la Pacífico Norte, la Pacífico Sur y la Frontera Sur no disponían de concesiones para dicho uso (CONAGUA, 2009a).

Tabla 2. Volúmenes concesionados para uso industrial, por región administrativa. 2007. En millones de metros cúbicos.

Región hidrológico-administrativa	Industria autoabastecida (sin termoeléctricas)	Termoeléctricas
I Península de Baja California	88.2	199.0
II Noroeste	79.0	0.0
III Pacífico Norte	61.1	0.0
IV Balsas	269.3	3,170.2
V Pacífico Sur	20.9	0.0
VI Río Bravo	203.4	115.3

Región hidrológico-administrativa	Industria autoabastecida (sin termoeléctricas)	Termoeléctricas
VII Cuencas Centrales del Norte	58.3	38.3
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	402.3	24.5
IX Golfo Norte	460.6	65.6
X Golfo Centro	877.3	374.3
XI Frontera Sur	94.6	0.0
XII Península de Yucatán	319.8	9.4
XIII Aguas del Valle de México	198.6	89.6
Total	3,133.4	4,086.2

Por otro lado, los volúmenes concesionados por entidad federativa en 2007 se muestran en la Tabla 3. El estado de Veracruz es el que presenta el mayor consumo con 1,150.6 millones de m^3. La principal actividad industrial responsable de este consumo es la producción de azúcar. Por otro lado, el estado de Guerrero es el de mayor volumen concesionado para uso en termoeléctricas con 3,122.1 millones de m^3 por la presencia de la planta carboeléctrica de Petacalco (CONAGUA, 2009a).

Tabla 3. Volúmenes concesionados para uso industrial, por entidad federativa. 2007. En millones de metros cúbicos.

	Entidad federativa	Industria autoabastecida	Termoeléctricas
1	Aguascalientes	11.4	0.0
2	Baja California	79.9	195.1
3	Baja California Sur	8.2	3.9
4	Campeche	16.8	0.0
5	Coahuila de Zaragoza	73.5	74.9
6	Colima	24.4	3.8
7	Chiapas	29.4	0.0
8	Chihuahua	51.7	27.6

Entidad federativa		Industria autoabastecida	Termoeléctricas
9	Distrito Federal	31.5	0.0
10	Durango	18.8	11.5
11	Guanajuato	56.0	20.5
12	Guerrero	12.5	3,122.1
13	Hidalgo	66.4	82.6
14	Jalisco	130.7	0.1
15	México	156.4	6.9
16	Michoacán de Ocampo	142.2	48.2
17	Morelos	59.0	0.0
18	Nayarit	55.7	0.0
19	Nuevo León	79.9	4.4
20	Oaxaca	39.1	0.0
21	Puebla	113.6	6.5
22	Querétaro de Arteaga	61.3	6.5
23	Quintana Roo	275.6	0.0
24	San Luis Potosí	29.2	41.0
25	Sinaloa	46.4	0.0
26	Sonora	78.0	0.0
27	Tabasco	58.9	0.0
28	Tamaulipas	103.7	54.0
29	Tlaxcala	19.4	0.0
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	1,150.6	367.9
31	Yucatán	33.6	9.5
32	Zacatecas	19.5	0.0
	Total	**3,133.4**	**4,086.2**

De acuerdo con los Censos de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua realizados por el INEGI a los organismos operadores del país, se determinó que, en 2003, 18% del agua suministrada por las redes de agua potable fue para uso industrial y de servicios (CONAGUA, 2009a).

4. El agua virtual y la industria en México

El agua virtual se define como la cantidad total de este líquido que se utiliza o integra a un producto, bien o servicio. Debido a los intercambios comerciales con otros países del mundo, México exportó, en 2007, 5,936 millones de metros cúbicos de agua virtual, e importó 33,977, es decir, tuvo una importación neta de agua virtual de 28,041 millones de metros cúbicos. De esta cantidad, 7% está relacionado con productos industriales (CONAGUA, 2009a). Los productos industriales exportados de mayor volumen de agua fueron la Industria Siderúrgica, con 656 millones de metros cúbicos, y la Industria del Petróleo, con 155 millones de metros cúbicos. Las mayores importaciones se tuvieron en el ramo de la siderúrgica, con 908 millones de metros cúbicos, y los productos químicos orgánicos, con 357 millones de metros cúbicos. El comportamiento de importación neta de agua virtual (importaciones menos exportaciones) para productos industriales marcan un ligero incremento de la misma en los últimos años (CONAGUA, 2009a).

5. Generación de aguas residuales industriales en México

En 2007, la industria generaba 188.7 m^3/s de aguas residuales, de los cuales se trataban sólo 29.9 m^3/s (15.8%) en 2,021 plantas en operación a nivel nacional (CONAGUA, 2009a).

5.1 Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) y capacidad de tratamiento

A nivel nacional se puede observar cómo de 2004 a 2008 el número de plantas instaladas se incrementó de 1,875 a 2,174, es decir, hubo un incremento de 16% (Figura 1) (CONAGUA, 2009b).

Sin embargo, no todas estas plantas existentes están actualmente operando. Las plantas en operación asimismo han presentado un notable incremento en el transcurso de los últimos 5 años, pues para 2004 se contaba en el país con 1,791 plantas y para 2008 con 2,082, lo que significa también un aumento de 16% (Figura 2) (CONAGUA, 2009b).

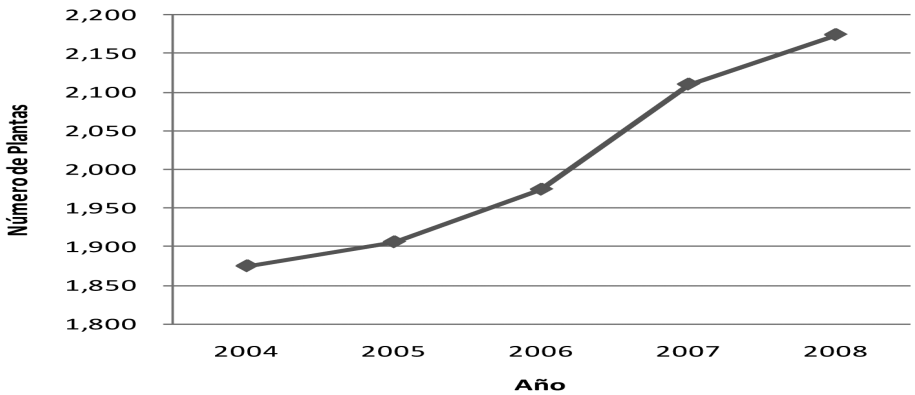


Figura 1. Evolución del número de PTARI en México.

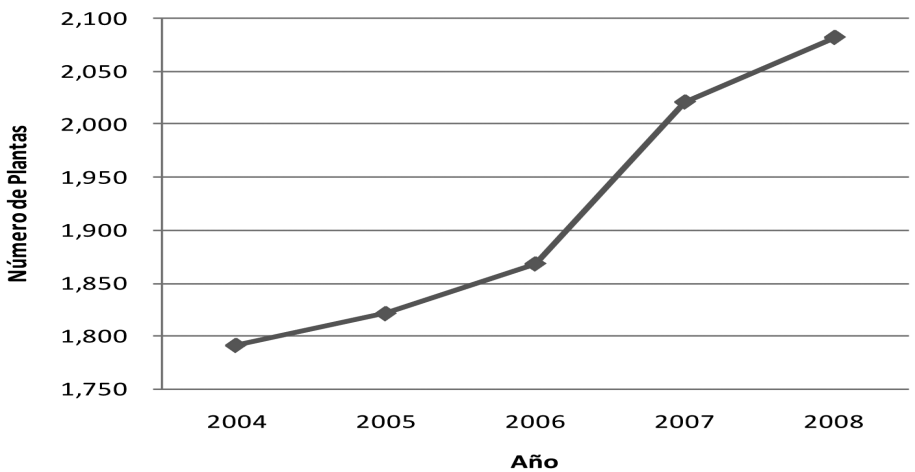


Figura 2. Evolución del número de PTARI en operación en México.

En promedio, 4% de las plantas existentes se encuentra sin operar. Esto se puede observar en la Figura 3 (CONAGUA, 2009b).

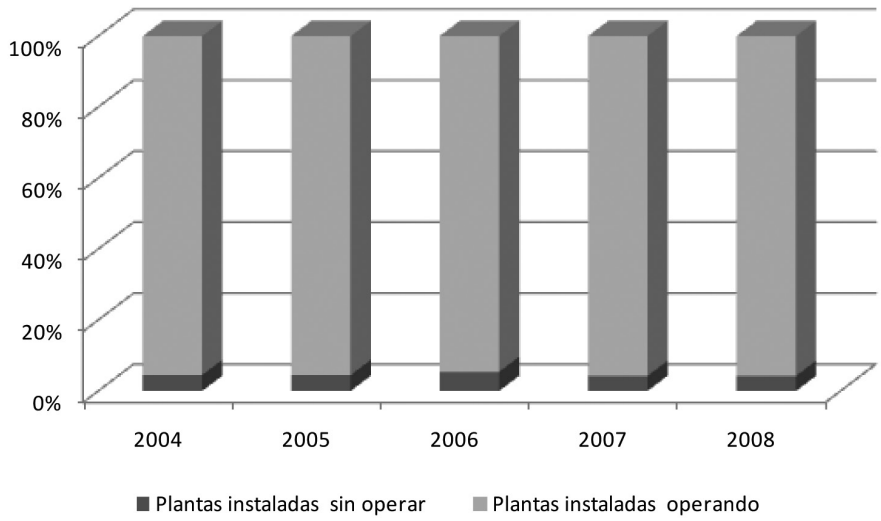


Figura 3. Situación actual de las PTARI en México.

En cuanto a la capacidad de tratamiento de las PTARI, en la Figura 4 se observa que así como el número de plantas aumentó, también se incrementó la capacidad instalada de tratamiento: de 2004 a 2008 se incrementó en más de 50%. Sin embargo, las plantas no operaron a 100% de su capacidad. En la Figura 5, se observa el caudal tratado, el cual presentó una baja de 575 litros por segundo de 2004 a 2005, año a partir del cual volvió a incrementarse de manera sostenida. Para 2008, se lograron tratar 33,778 litros por segundo, con lo que el caudal tratado de 2004 a ese año incrementó en 23% (CONAGUA, 2009b).

En el periodo de 2004 a 2008, las plantas han operado en promedio a 66% de su capacidad. En la Figura 6 se observa cómo 2008 ha sido el año en el que se ha tenido mayor caudal sin tratar (40%), en comparación con el total de la capacidad instalada (CONAGUA, 2009b).

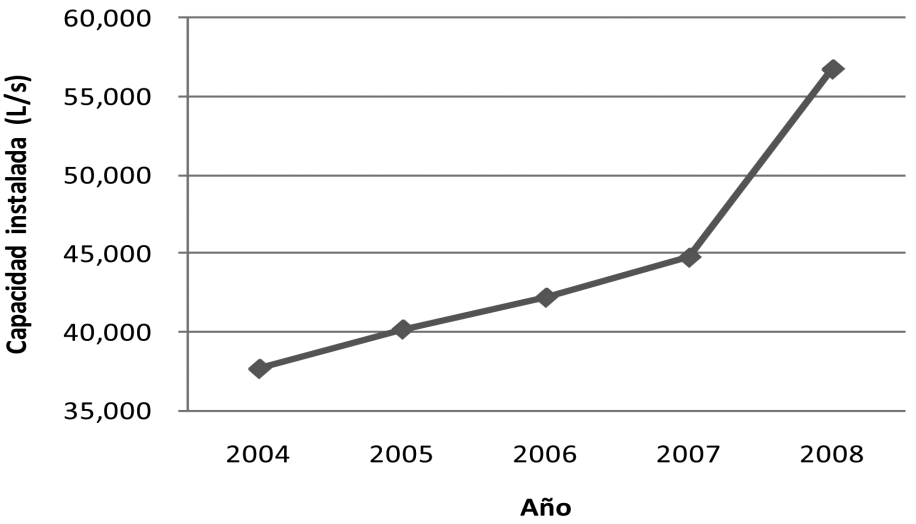


Figura 4. Capacidad de tratamiento de las PTARI.

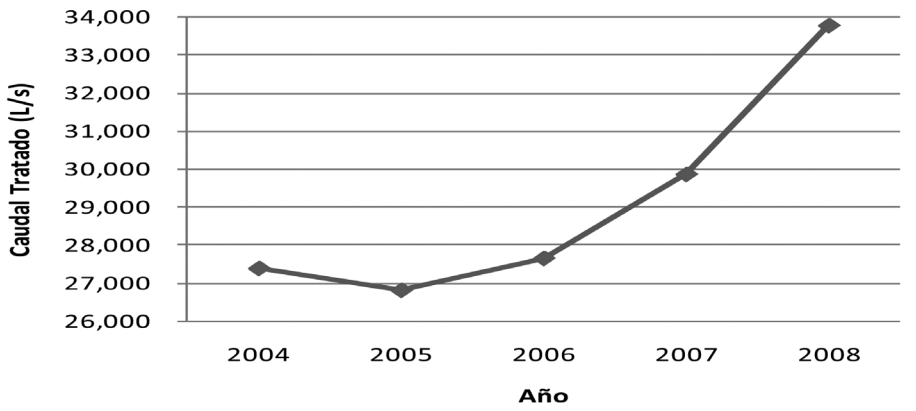


Figura 5. Caudal tratado en las PTARI.

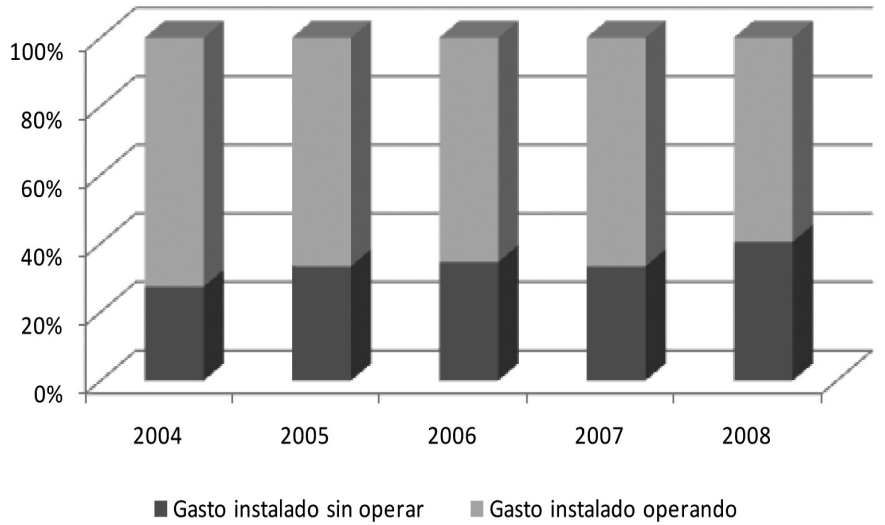


Figura 6. Subutilización de las PTARI.

5.2 Tratamientos utilizados por las PTARI

En México, el proceso de tratamiento de las PTARI se caracteriza por un tratamiento primario, seguido de un secundario y, por último, la aplicación de un terciario, en caso de ser requerido. El tratamiento primario tiene como finalidad reducir la materia flotante y los sólidos no biodegradables, con el fin de acondicionar el efluente para el tratamiento secundario, el cual estabiliza la materia orgánica transformándola en materia celular, gases, energía y agua mediante la actividad de microorganismos, y también retiene sólidos en suspensión y sólidos coloidales.

Cuando el efluente de los sistemas de tratamiento secundario se destina a usos específicos, éste se somete a tratamientos más avanzados que dependen de la calidad del agua que se desee ya sea para estos usos o para tratar un problema de calidad del agua en particular. A estos sistemas de les denomina sistemas de tratamiento avanzados o terciarios.

En la Figura 7 se observa cómo, para 2004, 39% de las PTARI en México trataba sus aguas vertidas con un tratamiento primario, mientras que 56% de estas plantas llevaba su proceso hasta un tratamiento secundario, y sólo 3% llegaba, incluso, a aplicar un tratamiento terciario. Para el restante 2%, no se tiene información (CONAGUA, 2009b).

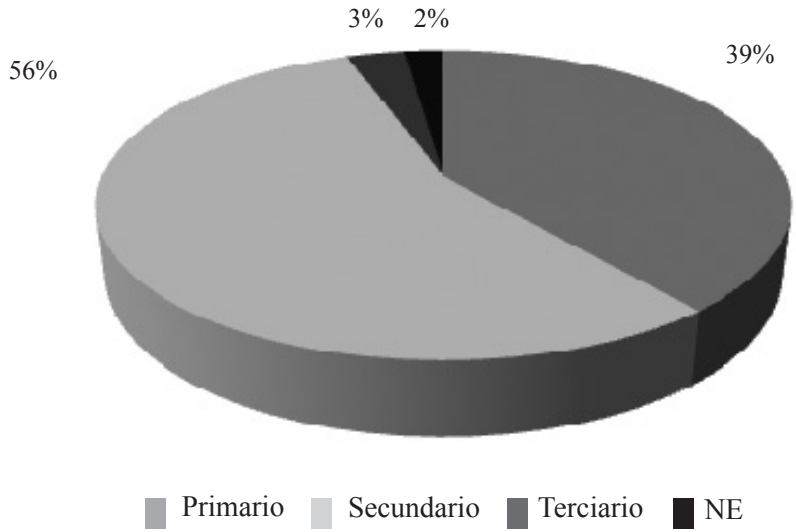


Figura 7. Tratamientos utilizados por las PTARI en 2004.

La Figura 8 muestra el estado de los tratamientos aplicados en las PTARI del país para 2005. Como se puede observar, 39% de las plantas trataba aún en ese año sus aguas residuales con un tratamiento primario, mientras que 55% llevaba su proceso hasta un tratamiento secundario, y sólo 4% aplicaba tratamientos terciarios. Para el restante 2%, no se tiene información (CONAGUA, 2009b).

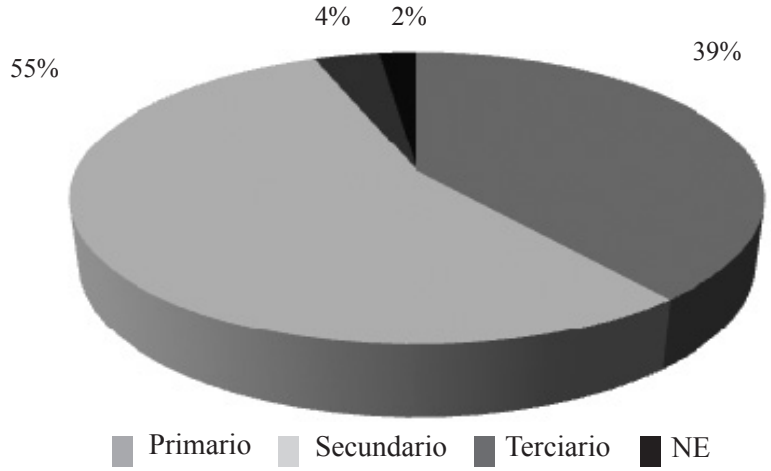


Figura 8. Tratamientos utilizados por las PTARI en 2005.

Para 2006, 40% de las industrias trataba sus aguas residuales a un nivel primario; 54% llevaba su proceso hasta un tratamiento secundario, mientras que sólo 4% aplicaba tratamientos avanzados (terciarios) a sus aguas residuales. Para 2% de la industria, no se tiene especificado su nivel de tratamiento. Lo anterior se aprecia en la Figura 9 (CONAGUA, 2009b).

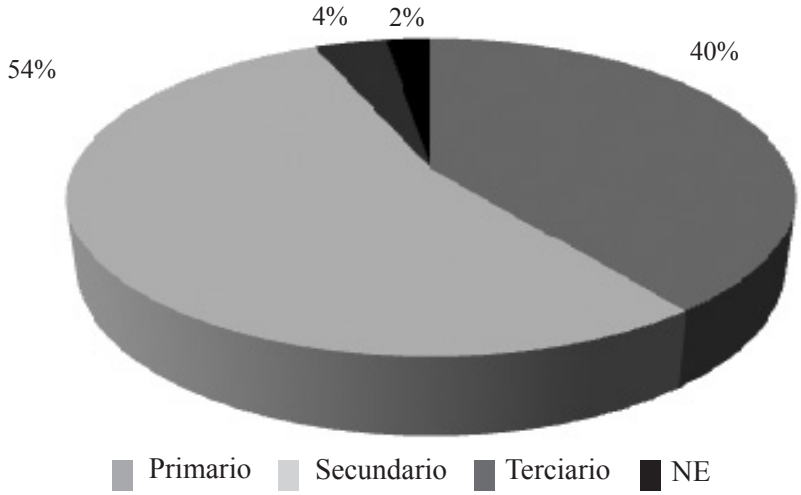


Figura 9. Tratamientos utilizados por las PTARI en el 2006.

En 2007, 14% de las PTARI no disponía de información específica sobre su nivel de tratamiento. Sin embargo, se sabe que 29% de éstas trató a nivel primario, 54% a nivel secundario, y 3% llegó hasta un nivel terciario (Figura 10) (CONAGUA, 2009b).

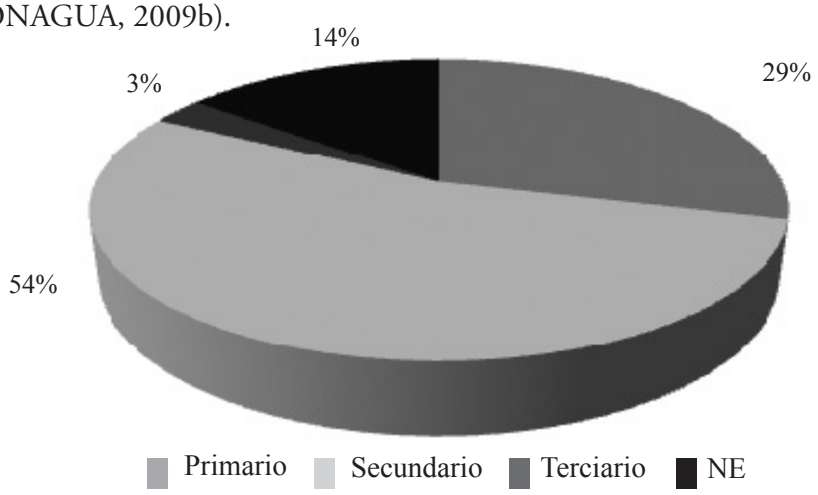


Figura 10. Tratamientos utilizados por las PTARI en el 2007.

Para 2008, 31% de las PTARI trató sus aguas residuales con un tratamiento primario; 55% llegó incluso a tratarlas hasta un nivel secundario, mientras que sólo 3% aplicó procedimientos avanzados (nivel terciario). De las plantas industriales restantes (11%), no se tuvo información específica (Figura 11) (CONAGUA, 2009b).

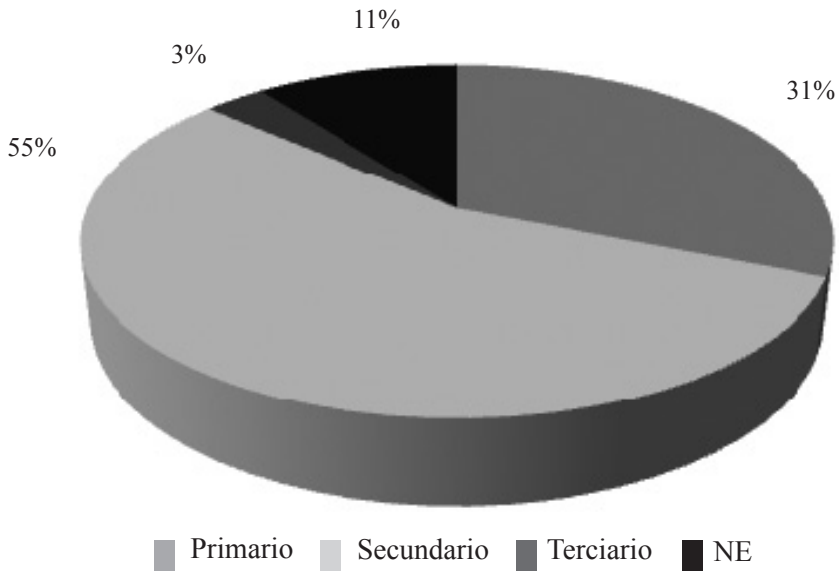


Figura 11. Tratamientos utilizados por las PTARI en el 2008.

Como se mencionó en la sección anterior, el número de PTARI se incrementó de 2004 a 2008. Al comparar en este periodo los niveles de tratamientos aplicados, se observa en la Figura 12 cómo las plantas que realizan procedimientos a nivel primario disminuyeron de 705 en 2004 a 657 en 2008, es decir, 48 plantas. Sin embargo, las que llevan su proceso hasta un nivel secundario han aumentado considerablemente de 1,003 plantas en 2004 a 1,170 en 2008, es decir, 167 plantas, mientras que el número de plantas que aplican tratamientos terciarios no han presentado cambios trascendentes y siguen representando una proporción muy pequeña, ya que sólo ha aumentado en 8 el número de plantas que realizan estos procesos.

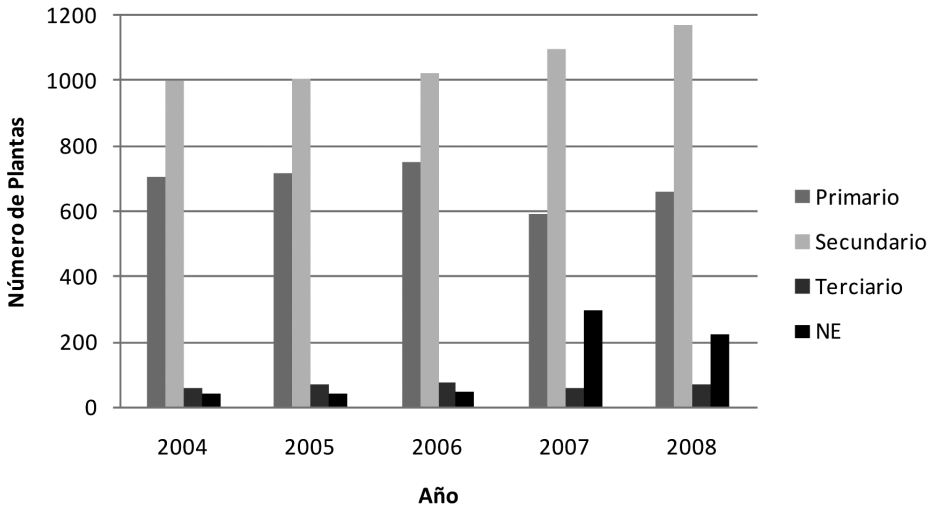


Figura 12. Evolución de los niveles de tratamiento implementado por las PTARI en el periodo 2004-2008.

5.3 Reuso de las aguas residuales industriales por región administrativa

México está constituido por 13 regiones administrativas definidas por límites hidrológicos que tienen la cuenca como unidad básica. Los Organismos de Cuenca, instancias regionales de la CNA, tienen la función de regular y los Consejos de Cuenca tienen la función de coordinar acciones de planeación entre las autoridades y los usuarios. Las regiones administrativas son las siguientes:

- Península de Baja California (PBC)
- Noroeste (NO)
- Pacífico Norte (PN)
- Balsas (B)
- Pacífico Sur (PS)
- Río Bravo (RB)
- Cuencas Centrales del Norte (CCN)
- Lerma-Santiago-Pacífico (LSP)
- Golfo Norte (GN)
- Golfo Centro (GC)
- Frontera Sur (FS)
- Península de Yucatán (PY)
- Aguas del Valle de México (AVM)

La Figura 13 muestra los diferentes reusos del agua residual industrial por región administrativa en 2006. Del agua total de agua residual industrial reusada por la Península de Baja California, 88% era destinado para la agricultura y 12% para reuso público urbano, es decir, para servicios al público. La región Noroeste reutilizaba 99% del agua residual industrial en la agricultura y 1% en los servicios públicos. La región Pacífico Norte destinaba 97% de sus aguas residuales industriales para uso agrícola y 3% para uso público. La región del Balsas utilizaba 95% de su agua residual industrial para la agricultura y 5% para los servicios al público. La distribución del reuso de aguas residuales industriales en la región Pacífico Sur era 73% para la agricultura y 3% para uso público urbano. La región del Río Bravo reparte su agua de reuso entre la agricultura (85%), los servicios urbanos (4%) y la industria (11%). La región Cuencas Centrales del Norte destinaba 92% de su agua de reuso a la agricultura, 2% al uso público urbano y 6% a la industria. La región Lerma Santiago Pacífico disponía sus aguas residuales industriales en la agricultura (84%), en servicios públicos (1%) y en la industria (15%). La región Golfo Norte asignaba 97% de sus aguas residuales industriales al uso agrícola, 1.5% al uso urbano y 1.5% a la industria. Las regiones administrativas Golfo Norte y de la Península de Yucatán son las únicas en el país que destinan 100% de sus aguas residuales industriales de reuso a la agricultura. La Región Frontera Sur reutilizaba el agua residual en la agricultura (99%) y una pequeña proporción en la industria (1%). Finalmente, la región Aguas del Valle de México destinaba 86% de sus aguas residuales industriales para la agricultura, 12% para uso público y sólo 3% para la industria. La información para años más recientes no está disponible (CONAGUA, 2009b).

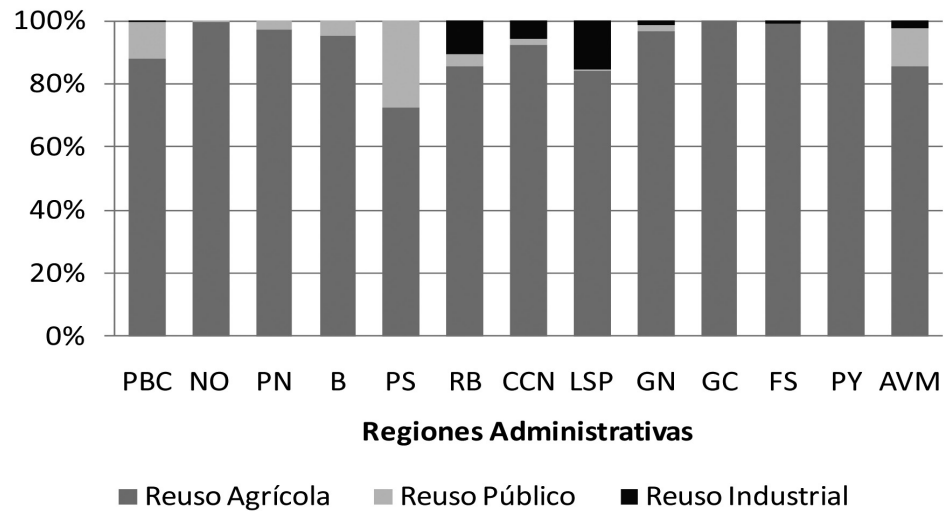


Figura 13. Reuso del agua residual industrial por región administrativa en 2006.

De las 13 regiones administrativas, en 10 de ellas se concentraba 99.7% del total de agua residual para reuso que se producía en el país: Península de Baja California (PBC), Noroeste (NO), Pacífico Norte (PN), Balsas (B), Pacífico Sur (PS), Río Bravo (RB), Cuencas Centrales del Norte (CCN), Lerma-Santiago-Pacífico (LSP), Golfo Norte (GN), Golfo Centro (GC) y Aguas del Valle de México (AVM). En la Figura 14 se observa cómo se distribuía en 2006 el agua residual industrial de reuso entre las diferentes regiones. La información para años más recientes no está disponible (CONAGUA, 2009b).

6. Análisis del uso, reuso y tratamiento del agua en la industria

En México, la preocupación por el medio ambiente se inició oficialmente con la publicación, en 1971, de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPCCA). Esta ley estuvo vigente hasta 1982, cuando se publica la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA), cuya vigencia se prolongó hasta 1988. Con la publicación de estas leyes, en el periodo de 1971 a 1988 numerosas industrias incluyeron en su organigrama un área ambiental; sin embargo, las crisis económicas recurrentes pospusieron muchas de las buenas intenciones en materia ambiental y las empresas terminaron por cerrar sus áreas ambientales.

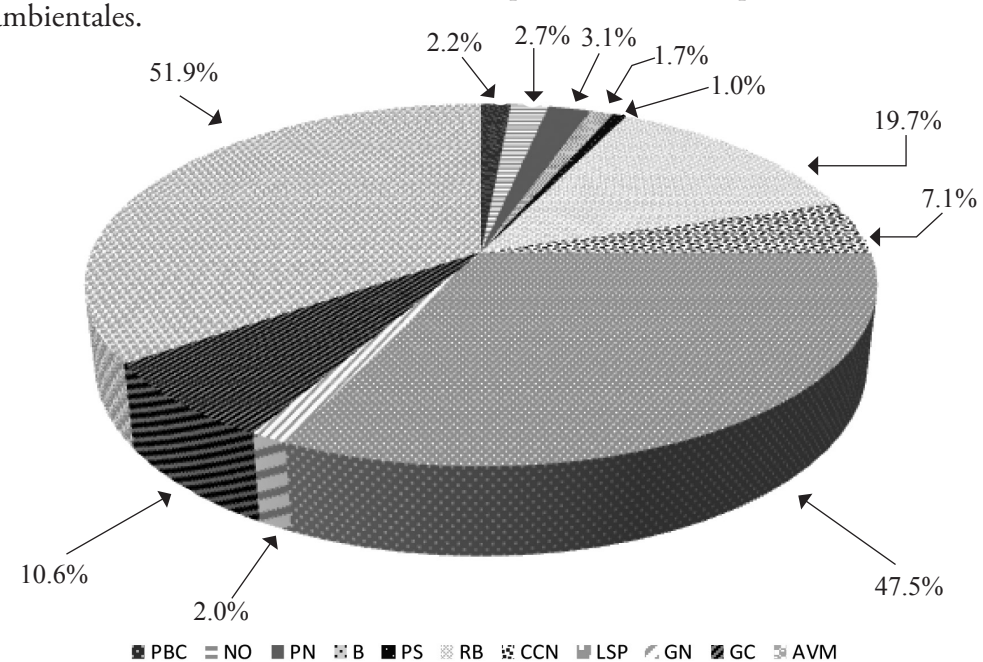


Figura 14. Distribución del agua residual industrial de reuso por región administrativa. 2006.

Con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988 y sus revisiones en 1996 y 2007, se creó un nuevo impulso al "mercado ambiental". No obstante, las empresas en general no crearon un área ambiental especial, sino que la abrieron dentro o junto con áreas ya existentes como seguridad o higiene. Desafortunadamente, el personal a cargo del área ambiental con frecuencia no tiene educación formal en el área, lo que ha propiciado que la industria mexicana enfrente de manera recurrente problemas como los siguientes:

a) Altos pagos por multas debido al incumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga.
b) Problemas con las aguas provenientes de la operación de los sistemas de pretratamiento del agua.
c) Incremento del costo del agua potable y del agua de pozo.
d) Escasez de agua potable.
e) El uso y manejo del agua dentro de las empresas es con frecuencia ineficiente.
f) La operación de sistemas de tratamiento existentes dentro de la empresa deja también mucho que desear.
g) El reuso del agua residual es incipiente.

Por otro lado, la incapacidad estructural y funcional de las Instituciones de Gobierno a nivel federal, estatal y municipal para monitorear y supervisar los sistemas implementados por la industria para el manejo del agua y de las aguas residuales propician que no haya un avance significativo en la aplicación de las leyes y regulación ambiental por las autoridades y el cumplimiento de las mismas por la industria desde la publicación de la LFPCCA en 1971. Esto queda de manifiesto con el porcentaje tan bajo (15.8%) de tratamiento de las aguas residuales industriales y el bajo nivel de tratamiento que se les da las mismas. Esto desde luego se traduce en problemas severos de contaminación de los cuerpos de agua y bienes nacionales.

Entre los problemas más importantes que enfrentan las autoridades para la aplicación de leyes, reglamentos y normas para mejorar el uso, reuso y tratamiento del agua en la industria se pueden mencionar éstas:

a) Las autoridades no tienen un diagnóstico detallado y preciso de cuántas empresas cuentan con un sistema bien establecido para el manejo del agua y de las aguas residuales y la situación que guardan dichos sistemas.
b) No disponen de infraestructura ni recursos humanos para el monitoreo y supervisión de las empresas.

c) No tienen recursos para establecer una red profesional de monitoreo y supervisión de la industria contaminante.
d) Deficiencias en las leyes y la normatividad actuales que promueven el pago y las sanciones por contaminar. No fomentan la reducción del consumo de agua, la minimización en la generación de aguas residuales, el reuso directo ni el tratamiento ni reciclaje desde una perspectiva integral.
e) Estrategias equivocadas para el monitoreo y supervisión de la industria contaminante.
f) Las sanciones y multas aplicadas a industrias contaminantes que no cumplen con las leyes y la normatividad no son ejemplares, lo que favorece el pago recurrente por contaminar.
g) No existe un sistema estratégico para incentivar a las industrias que promuevan y apliquen programas, acciones y proyectos para la producción más limpia.
h) Inconsciencia e irresponsabilidad de los empresarios, ya que el beneficio económico impera sobre el beneficio ambiental.
i) Corrupción y tráfico de influencias en la aplicación de leyes y normatividad.

Es claro que la problemática que enfrenta la industria mexicana en sus sistemas para el manejo del agua y del agua residual es producto del incumplimiento del rol y las responsabilidades que tienen tanto el gobierno como los industriales, por lo que para solucionarla se requiere de lo siguiente:

Por parte de los industriales

a) Asumir conciencia y responsabilidad sobre el uso, manejo, tratamiento y reuso del agua en su industria.
b) Uso eficiente del agua en todo el proceso industrial.
c) Tratamiento y reuso de aguas residuales industriales. El agua residual industrial es más fácil de tratar que las aguas residuales domésticas.
d) Uso de insumos y procesos industriales amigables con el ambiente: producción limpia.

Por parte de las autoridades

a) Promover y establecer como principio y obligación para los industriales que las descargas de aguas residuales de la industria deben tener como mínimo la calidad del agua que ingresa a la industria.
b) Legislación que fomente la prevención de la contaminación y el desarrollo de industria más limpia.

c) Establecer precios y tarifas del agua basadas en un mercado realista (sin subsidios).
d) Aplicación de multas ejemplares que desincentiven pagar por contaminar.
e) Implementar programas para la educación de los industriales y responsables de los procesos.

7. Estrategias para el reuso del agua y minimización de aguas residuales industriales

La industrias de procesos –como la química, petroquímica, farmacéutica, papelera, metal, mecánica, minería, termoeléctrica, algunas de alimentos y productos de consumo- representan una porción importante de la economía mexicana. Estas industrias generan enormes cantidades de agua residual, como se mostró anteriormente, que demandan una atención especial de los ingenieros de diseño.

Los tres principales usos de agua en las instalaciones de manufactura de las industrias antes mencionadas son *usos en procesos*, *usos en servicios* y *otros usos* (limpieza, por ejemplo). Para tratar eficiente y económicamente el agua residual resultante, algunas veces se separan las corrientes de agua residual y se tratan cada una por separado con la técnica más efectiva. La implementación de principios y prácticas de reuso de agua y minimización de aguas residuales en los procesos industriales puede contribuir a minimizar la producción de aguas residuales y reducir costos de manufactura.

Para el reuso del agua, la minimización de aguas residuales y el diseño del sistema de tratamiento de efluentes se recomienda la utilización de la metodología innovadora denominada "Water Pinch" (Man and Liu, 1999). Esta metodología ha sido utilizada por López Zavala (2007, 2006) y López Zavala y Collado (2010) en varias industrias del país como un procedimiento para la integración del intercambio de masa que comprende tres etapas:

a) *Análisis*, consiste en identificar, a priori, objetivos para el consumo mínimo de agua fresca y la generación mínima de agua residual en las operaciones del proceso industrial.
b) *Síntesis*, consiste en diseñar una red de usos del agua que permita alcanzar los objetivos anteriores a través del reuso del agua, regeneración y reciclaje.

c) *Adaptación*, consiste en modificar la red actual de usos del agua para maximizar el reuso del agua y minimizar la generación de aguas residuales a través de cambios efectivos en el proceso industrial.

Las metas de los proyectos para el reuso del agua son reducir el consumo de agua fresca (potable, pozo, etc.); reducir las descargas de efluentes, y lograr cero descargas de aguas residuales. Para alcanzar lo anterior, la metodología "Water Pinch" define los pasos siguientes:

a) Establecimiento de objetivos.
   Establecer el alcance o las fronteras para el proyecto.
b) Diagnóstico del uso del agua.
   Conocimiento del proceso industrial.
   Identificación y ubicación de los ingresos de agua y descargas de aguas residuales en las diferentes etapas del proceso industrial.
c) Obtención de datos e información.
   Caracterización de la cantidad y calidad de los ingresos de agua y descargas de aguas residuales.
   Minimización y jerarquización de corrientes desde dos puntos de vista, económico y normativo.
d) Identificar y evaluar los factores que limitan el reuso del agua.
   Identificación de oportunidades de mejora de la eficiencia.
e) Proyecto económico y de detalle.
   Preparar un diseño de ingeniería y evaluación económica de la red de uso del agua.

Por otro lado, para un proyecto exitoso de reuso se requiere de:

a) Soporte de la empresa.
b) Comunicación efectiva dentro de toda la empresa.
c) Capacitación en la metodología "Water Pinch".
d) Implementación de programas de cómputo.

Referencias

Aboites, L., Cifuentes, E., Jiménez, B. y Torregrosa, M. L. (2008). Pendientes nacionales del agua. Agenda. Academia Mexicana de Ciencias-Red del Agua. México.

CONAGUA (2009a). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. México.

—— (2009b). Bases de Datos de Calidad del Agua. Gerencia de Calidad del Agua, Subdirección General Técnica, Comisión Nacional del Agua. México.

—— (2008). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. México.

—— (2007). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. México.

Jiménez Cisneros, B. E. (2007). Información y calidad del agua en México. Sustentabilidad: un debate a fondo. Trayectorias.

—— Cisneros, B. E. (2006). Agua e industria en Latinoamérica y el Caribe. En La gota de la vida: hacia una gestión sustentable y democrática del agua. Fundación He Inrich Böll.

Lopez Zavala, M. A. and Collado, E. (2010). Industrial water reuse and wastewater minimization strategies for an automobile batteries recycling industry. *Submitted.*

—— Zavala, M. A. (2007). Estudio para mejorar la eficiencia de remoción de sólidos y sales, y el uso de neutralizador en la PTAR. *Reporte técnico.*

—— Zavala, M. A. (2006). Evaluación del potencial del sistema de Tratamiento y reuso de aguas residuales de la Planta Ciénega de Flores de la empresa Enertec de México, S. de R. L. *Reporte técnico.*

Mang, J. G. and Liu, Y. A. (1999). Industrial Water Reuse and Wastewater Minimization. McGraw-Hill.

8. Producción de energía

Claudia Sheinbaum Pardo*
Carlos Chávez Baeza**
B. Janet Ruíz Mendoza***

Resumen

El presente trabajo analiza la relación entre agua y energía en México, desde la perspectiva de las necesidades de agua para la producción y uso de la energía, como de las necesidades energéticas para los diversos usos del agua. En la cadena de producción y consumo de energía, la extracción y procesamiento de combustibles y la generación eléctrica presentan los mayores consumos y fuentes de contaminación del agua. De acuerdo con información oficial, se estima que el porcentaje de uso de agua para el sector energético alcanza 6% y que el consumo de energía eléctrica para diversos usos del agua es de 7%. Aun cuando parezca poco, es claro que el sector energético no puede operar bajo escenarios de escasez de agua y que el suministro de agua potable y el saneamiento no pueden operar sin energía. Por ello, es indispensable desarrollar un sistema de información que permita conocer con mayor detalle la relación de estos recursos y, de acuerdo a ello, promover políticas que minimicen riesgos y promuevan un uso más eficiente y sustentable del agua y la energía.

Palabras clave:

Agua, energía, consumo, desarrollo sustentable

* Investigadora del Instituto de Ingeniería, UNAM
** Profesor-Investigador del Programa de Energía de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México
*** Posdoctorado del Instituto de Ingeniería, UNAM

Introducción

La energía y el agua son recursos que están vinculados y son esenciales para el bienestar humano. Sin agua, no es posible la vida, y la energía permite obtener agua en la calidad y cantidad necesarias tanto para el consumo humano como para la actividad productiva. La energía es indispensable para la vida moderna y el agua es necesaria para su producción.

De esta forma, la disponibilidad adecuada de los recursos hídricos está vinculada a la de los recursos energéticos y viceversa. El bombeo, potabilización y tratamiento de agua requieren energía y, asimismo, el agua es necesaria para la producción, transformación y consumo de la energía. Por ejemplo, el agua es fundamental en la generación eléctrica, tanto en su uso directo en las plantas hidroeléctricas, como en las termoeléctricas para el enfriamiento y los procesos de control de emisiones. En México, en el año 2007, la generación eléctrica por plantas termoeléctricas representó 5% del consumo del agua, pero en Estados Unidos, en el año 2000, representó 39%, similar al del sector agrícola (CONAGUA, 2008; DOE, 2006).

El agua y la energía son necesarios para el desarrollo agropecuario, industrial y comercial, y se requieren servicios básicos de estos recursos para disminuir la pobreza. La carencia de agua y energía es una de las limitantes del crecimiento económico y del desarrollo humano.

Además, la demanda de estos recursos está creciendo y enfrenta problemas en el suministro, por ello su manejo requiere de una vinculación cada vez mayor. La más obvia está relacionada con la administración de las presas para consumo de agua y generación eléctrica, pero también con la perforación cada vez más profunda de pozos en acuíferos producto del abatimiento del nivel freático, que significa mayor consumo de energía para bombeo, o con la inestabilidad de los sistemas eléctricos, que puede representar caídas en el suministro de agua.

En nuestro país, la política y administración del agua y la energía se ubican en diversas instituciones y, con excepción de la hidroelectricidad, su vinculación es escasa. La información respecto al uso y contaminación del agua de las empresas energéticas es mínima. Pemex cuenta desde el año 2000 con una publicación sobre "desarrollo sustentable" en la que informa insumos y descargas de agua por actividad. Sin embargo, los datos presentan inconsistencias que impiden un buen análisis de las tendencias. Por otro lado, en el caso de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y los productores independientes de energía eléctrica, la información es aún más escasa.

De igual forma, los datos referentes al consumo de energía para las diversas actividades relacionadas con el agua y el drenaje no son suficientes, debido a que

la CFE no informa públicamente sobre el consumo de las grandes ciudades y municipios con tarifas de alta y media tensión.

La carencia de información es una muestra del poco interés que se tiene respecto a la vinculación de estos temas. Por ejemplo, en la instalación de la nueva refinería o la ubicación de nuevas plantas termoeléctricas, la disponibilidad del agua es un tema que no parece estar en el eje central de la toma de decisiones, a pesar de que debería ser prioritario en la planeación regional del país.

El objetivo del presente capítulo es analizar la relación entre agua y energía en nuestro país. Para ello, el texto se divide en dos partes. La primera aborda la demanda de agua necesaria para la producción, transformación y uso de la energía. La segunda expone el tema de la energía necesaria para el consumo de agua. En los dos casos se presentan estimaciones cuantitativas, en la medida que la información lo permite. La última parte presenta algunos de los riesgos y oportunidades de la vinculación entre la energía y el agua.

1. El suministro de la energía y las necesidades de agua

El agua se utiliza en diversas actividades del sector energético, que van desde la extracción, refinación y procesamiento de combustibles fósiles y generación eléctrica, hasta el consumo final. Estas actividades impactan también la calidad del agua a través de contaminación química y térmica o de emisiones atmosféricas que se precipitan y pueden terminar en cuerpos de agua. El mayor consumo de agua se produce en la extracción y procesamiento de combustibles. El consumo final de energía implica mínimos requerimientos de agua.

1.1. Agua para la extracción y producción de hidrocarburos

El agua utilizada para la extracción de carbón, petróleo y gas natural, así como el procesamiento y transformación de estos combustibles fósiles, se incluye en las estadísticas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en el rubro de industria autoabastecida, y se refiere a la minería e industria (hidrocarburos incluidos) que utilizan agua de los cuerpos denominados nacionales; es decir, excluye a aquellos que, con esos fines, consumen directamente de las redes municipales. Para 2007, la medición del consumo de agua para estos usos alcanzó 5% del total nacional, sin incluir hidroeléctricas, y representó 3.1 km^3 (98 m^3/s).

La producción de hidrocarburos (petróleo y gas natural) y sus derivados incluye principalmente la exploración, extracción, transporte y refinación. La exploración es una actividad que, en su etapa final, incluye la perforación de pozos para la verificación de la existencia del producto. Durante esta actividad, así como en la actividad de explotación de los pozos, el agua es parte integrante de las distintas etapas del proceso: es un ingrediente fundamental de muchos lodos de perfo-

ración; puede ser fluido de inyección en los campos maduros para impulsar los hidrocarburos hacia los pozos; puede ser bombeada a los pozos en forma de vapor para licuar arenas bituminosas y petróleo pesado, y también funciona como fluido de fractura, para romper las arcillas y permitir el libre flujo de gas natural entre la roca (Cohen, 2008). La cantidad de agua consumida depende de la ubicación y la característica de los yacimientos. Las grandes reservas de petróleo y gas del futuro, como las que están en arenas bituminosas, tienen la característica de requerir un uso intensivo del agua para su explotación.

Un problema adicional es que, durante la extracción de hidrocarburos, se libera agua que se encuentra en las formaciones subterráneas junto con el petróleo y el gas. La calidad de esta agua varía según el yacimiento, pero en la mayoría de los casos tiene diversos contaminantes, entre los que destaca el alto grado de salinidad (WEF, 2009). Esta agua es por lo general eliminada, ya sea por inyección profunda en la tierra o por su descarga posterior al medio ambiente, previo tratamiento. Ambas actividades tienen un alto costo. La inyección debe hacerse en formaciones geológicamente aisladas, para no contaminar fuentes subterráneas de agua potable, y en muchas ocasiones requiere tratamiento previo para evitar el taponamiento de la formación que la recibe y daños en los equipos de inyección (Cohen, 2008). Conforme el pozo es más maduro, la cantidad de agua producida llega a ser 40 veces mayor que el petróleo extraído. Se estima que, en 1999, se produjeron en el mundo 210 millones de barriles de agua subterránea diaria, asociada a la producción de cerca de 72 millones de barriles de petróleo. De esa cantidad de agua, 75% fue reinyectada y el resto desechada, en algunos países incluso sin tratamiento previo (WEF, 2009).

En México, la actividad petrolera está restringida por mandato constitucional a Pemex, que utiliza como fuentes de abastecimiento de agua para las distintas actividades de la industria petrolera las aguas superficiales, subterráneas, agua tratada o de reuso y agua de mar que se somete a procesos de desalación por ósmosis inversa. Las principales fuentes de aprovechamiento de agua para desarrollar sus operaciones son los ríos Coatzacoalcos, Huazuntlán, Ramos y Tamesí, así como los mantos acuíferos de Salamanca, Cadereyta y Tula, entre otros (Pemex, 2007). Para 2008, el insumo total de agua de Pemex alcanzó 237.765 millones de metros cúbicos (Mm^3).

Pemex Exploración y Producción (PEP) representa 3% del consumo de agua, seguida por Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) que representa 18%, Pemex Petroquímica (PPQ), 24%, y Pemex Refinación (PR), 55% (Figura 1). Cerca de 52% del consumo de agua para refinación proviene de fuentes subterráneas y 42% de aguas superficiales, mientras que en el caso del gas, petroquímica básica y secundaria, la mayor parte proviene de fuentes superficiales (Figura 2).

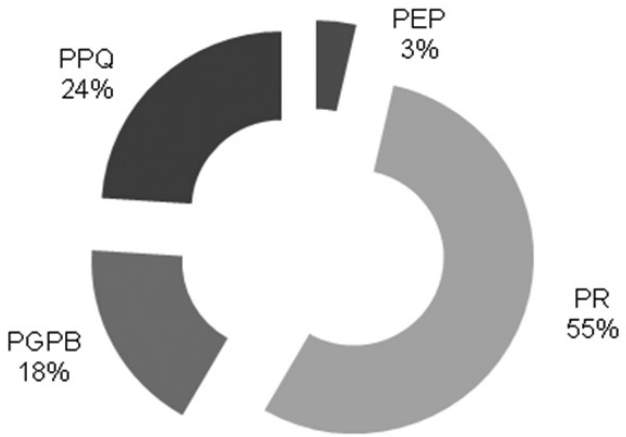


Figura 1. Insumo de agua por actividad petrolera (2008)
Fuente: Informe de Desarrollo Sustentable de Pemex (2009).

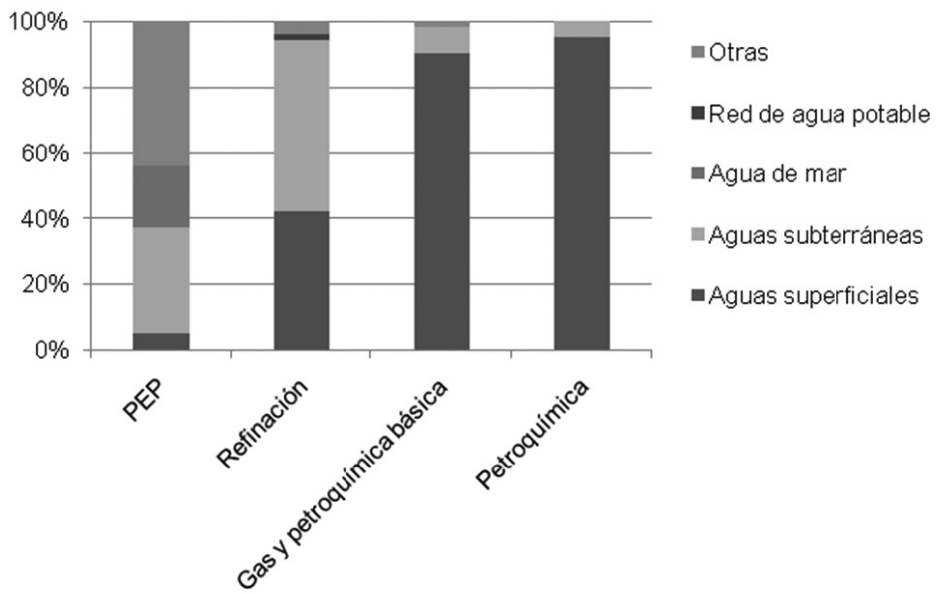


Figura 2. Consumo de agua por fuente y por actividad petrolera
Fuente: Informe de Desarrollo Sustentable de Pemex (2009).

En general, el insumo de agua para las distintas actividades de la industria petrolera ha venido disminuyendo; sin embargo, el agua para refinación tuvo un incremento entre 2005 y 2008. La capacidad de refinación no ha aumentado, lo cual muestra que, en los últimos años, el desempeño de Pemex respecto al reciclamiento de agua en su principal proceso de transformación ha sido negativo (Figura 3). Cuando se contabiliza el consumo específico de agua por actividad, es decir, el consumo por unidad de producción, se observa claramente una disminución en PEP[1] y en PPQ, pero no así en PR, donde el insumo de agua tuvo una gran variación en los últimos años (Tabla 1)[2].

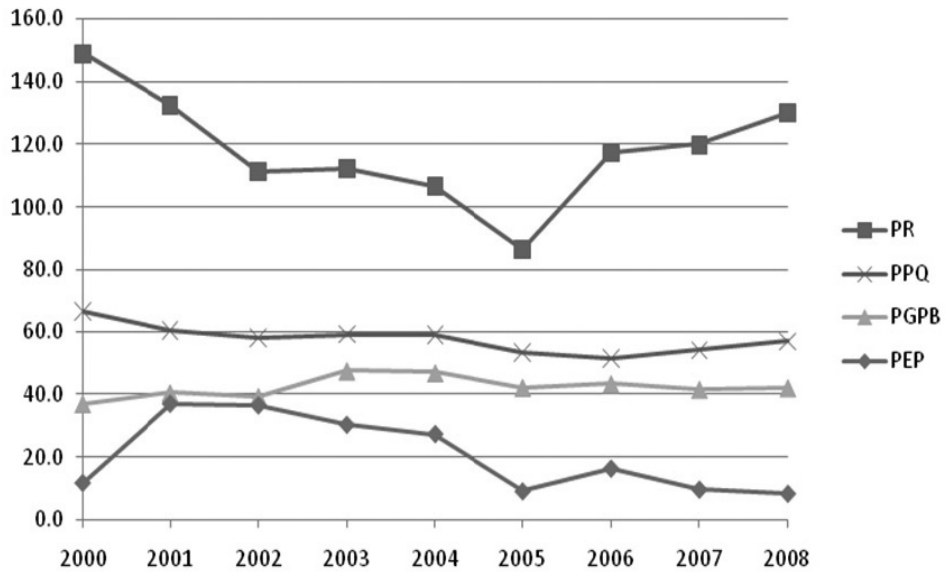


Figura 3. Tendencias del insumo de agua por actividad en Pemex (Mm^3)
Fuente: Informe de Desarrollo Sustentable de Pemex (2001-2009).

[1] Sin tomar en cuenta el año 2000, por inconsistencia de la información.

[2] En sección poster se muestra una comparación de estos datos con respecto al promedio internacional.

Tabla 1. Consumo de agua por unidad de producción (insumo menos descargas)

	Unidades	2000*	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
PEP										
Insumo de agua	Mm^3	11.91	37.01	36.49	30.33	27.38	9.22	16.44	9.77	8.46
Consumo agua	Mm^3	9.78	26.02	27.02	19.85	16.19	14.51	12.83	7.14	2.16
Insumo de agua/ producción	m^3/m^3	0.06	0.18	0.18	0.14	0.12	0.04	0.08	0.05	0.05
Consumo de agua/ producción	m^3/m^3	0.05	0.13	0.13	0.09	0.07	0.07	0.06	0.04	0.01
Refinación										
Insumo de agua	Mm^3	149.04	132.39	111.4	112.22	106.62	86.47	117.29	119.87	130.04
Consumo agua	Mm^3	79.07	73.25	82.90	90.72	82.20	85.18	88.16	79.83	88.95
Producción de derivados	Mbb/día	1.45	1.47	1.48	1.56	1.59	1.55	1.55	1.51	1.49
Insumo de agua/ producción		1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.0	1.3	1.4	1.5
Consumo de agua/ producción	m^3/m^3	0.94	0.86	0.96	1.00	0.89	0.94	0.98	0.91	1.03
Gas y Petroquímica básica										
Insumo de agua	Mm^3	36.82	40.39	39.24	47.48	46.81	42.13	43.30	41.49	42.00
Consumo agua	Mm^3	24.10	23.25	24.98	23.16	24.05	22.96	21.88	20.73	21.82
Producción	Mpcd	2791	2804	2916	3029	3144	3147	3445	3546	3461
Insumo de agua/ producción	m^3/1000 m^3 gas	1.28	1.39	1.30	1.52	1.44	1.30	1.22	1.13	1.17
Consumo de agua/ producción	m^3/1000 m^3 gas	0.84	0.80	0.83	0.74	0.74	0.71	0.61	0.57	0.61

	Unidades	2000*	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Petroquímica										
Insumo de agua	Mm^3	66.56	60.433	58.015	59.178	59.002	53.227	51.418	54.021	56.935
Consumo agua	Mm^3	39.60	38.32	42.43	34.36	34.03	29.31	24.60	32.19	36.54
Producción de derivados	Mt	6.84	5.99	5.89	6.09	6.22	6.22	6.57	7.50	7.84
Insumo de agua/ producción	m^3/t	9.74	10.08	9.85	9.73	9.48	8.56	7.82	7.21	7.26
Consumo de agua/ producción	m^3/t	5.79	6.39	7.20	5.65	5.47	4.71	3.74	4.29	4.66

Fuente: Elaboración propia con base en el Informe Estadístico de Pemex (2009) e Informes de Desarrollo Sustentable de Pemex (2002-2009). Los datos de consumo de agua de PEP para 2000 y 2008 resultan sumamente bajos, pero así están reportados en los informes.

Aun así, de acuerdo con los informes de Pemex, el agua tratada para reuso se ha ido incrementando. En 2008 llegó a 30 Mm^3 (Pemex, 2001, 2009). La Tabla 2 muestra el volumen de descargas de agua por actividad[3]. De acuerdo con las estadísticas de Pemex, éstas decrecieron entre 2000 y 2004 y se incrementaron entre 2005 y 2008[4].

Tabla 2. Descarga de agua total de Pemex

Año	Mm^3
2000	111.8
2001	91.7
2002	61.3
2003	57.7
2004	59.7
2005	n.a.
2006	74.0
2007	79.5
2008	83.7

Fuente: Elaboración propia con base en Informes de Desarrollo Sustentable de Pemex (2002-2009). Es evidente que hay inconsistencias en la información. Sin embargo, ésta es la reportada.

[3] Vale la pena mencionar que es de suponer que la descarga de agua sería la diferencia entre insumo y consumo, pero esto no es así para diversos años.

[4] Es evidente que hay inconsistencias en la información. Sin embargo, ésta es la reportada.

Por otro lado, la cantidad de agua congénita o agua producida durante la actividad de explotación de hidrocarburos es, en su gran mayoría, inyectada. En 2004, esta cantidad alcanzó 88.9%[5]. En 2003, se emitió la norma oficial mexicana que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos, que establece los límites máximos permisibles de diversos contaminantes para la descarga de agua congénita, así como las características que deben tener los pozos para la reinyección de la misma (SEMARNAT, 2003).

Vale la pena reflexionar sobre la nueva refinería programada por Pemex. De acuerdo con su planeación, tendrá una capacidad para producir 300,000 barriles diarios de derivados. Si se considera el insumo de agua promedio de las otras refinerías de Pemex como información base (Tabla 1), por cada barril de derivado producido se requiere un insumo de 1.5 barriles de agua[6]. Esto implicaría una extracción de agua del acuífero de Tula de 0.83 m^3/s[7].

Con relación a la descarga de contaminantes, éstas han ido disminuyendo de acuerdo con la propia información de Pemex, gracias a la instalación de plantas de tratamiento de aguas. En el año 2000, las descargas totales fueron de 5,541 toneladas, de las cuales 23% correspondieron a grasas y aceites (G y A), 61% a Sólidos Suspendido Totales (SST), 14% a Nitrógeno total (Ntot) y el resto a otros orgánicos[8]. Para 2008, las descargas totales alcanzaron 2,486 toneladas, de las cuales 15% correspondieron a G y A, 69% a SST, 14% a Ntot y el resto a otros orgánicos (Tabla 3). A partir de 2006, se publican los resultados de DBO y metales pesados, que en 2008 se reportaron en 1,306 y 28 toneladas, respectivamente. La actividad que genera más contaminantes de agua es la refinación. Llama la atención que, a pesar de que sean los más riesgosos incluso en concentraciones muy bajas, no se proporcione información sobre los compuestos orgánicos con mayor detalle.

[5] El último Informe de Desarrollo Sustentable que especifica el porcentaje de reinyección.

[6] De acuerdo con DOE (2006), en promedio se requieren entre 1 y 2.5 unidades de volúmenes de agua por cada unidad de derivados de petróleo producido en una refinería (Gleick, 1994).

[7] Es una estimación basada en información histórica.

[8] G y A…

Tabla 3. Contaminantes de agua de la actividad de Pemex (toneladas)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
PEP									
GyA	84	53	55	38	41	81	101	60	41
SST	297	260	228	224	229	320	306	329	222
Ntot	33.0	5.0	1.0	1.0	0.0	0.5	0.7	0.1	0.0
Otros	71.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0
Descargas totales	485	318	284	263	271	401	407	390	263
DBO						320	333	543	114
Metales pesados							3.8	0.8	2.0
PR									
GyA	946	651	228	156	153	147	147	214	166
SST	1,233	1,274	951	600	646	669	687	885	813
Ntot	513	689	450	386	283	233	227	286	263
Otros	18	44	34	30	43	34	32	31	35
Descargas totales	2,710	2,658	1,663	1,171	1,125	1,083	1,091	1414	1277
DBO						586	565	749	526
Metales pesados							10	14	12
PGPB									
GyA	50	53	55	50	44	133	49	96	80
SST	322	220	233	198	200	741	175	214	229
Ntot	82	112	87	74	76	32	72	58	54
Otros	5	7	6	5	5	13	6	8	4
Descargas totales	459	393	381	327	325	920	303	376	368
DBO							269	261	333
Metales pesados								4	1
PPEQ									
GyA	140	156	85	59	104	133	66	76	81
SST	1,418	691	622	819	359	741	464	414	459
Ntot	113	7	7	8	9	32	34	28	24
Otros	16	3	2	5	4	13	21	15	14
Descargas totales	1,687	857	715	892	475	920	574	532	578
DBO						489	300	209	333
Metales pesados							25	12	13

Fuente: Elaboración propia con base en Informes de Desarrollo Sustentable de Pemex (2002-2009).

1.2. Agua para la minería de carbón

La minería del carbón requiere de agua para el enfriamiento y lubricación de los equipos, así como para el proceso del combustible. De acuerdo con USDOE (2006), el minado del carbón requiere de 1 a 6 galones de agua por cada millón de Btu, es decir, de 1 a 6 litros de agua por cada 279 MJ (Gleick, 1994; Lancet, 1993). De acuerdo con el Balance Nacional de Energía, en el año 2007 se produjeron a nivel nacional 251.2 PJ de carbón, lo que implicaría un consumo estimado anual de agua para la minería del carbón de entre 0.9 y 5.4 Mm^3.

1.3. Agua para la generación termoeléctrica

Las tecnologías basadas en generación termoeléctrica, que utilizan vapor para mover turbinas generadoras, requieren enfriadores para condensar el vapor. La operación y enfriamiento implica una cantidad significativa de consumo de agua. En México, en el año 2007, las centrales termoeléctricas, incluida la producción independiente, generaron 198.79 TWh, lo que representó 87% del total de energía eléctrica producida en el país.

Las plantas termoeléctricas más antiguas fueron construidas cerca de cuerpos superficiales de agua. Estas plantas normalmente usan ciclos abiertos de enfriamiento. Esto significa que tomaban agua de la fuente y descargaban agua a la misma fuente a una temperatura mayor, lo que producía consumos ineficientes del recurso y contaminación térmica en los cuerpos de agua. En 1988, se emitió la primera norma mexicana que establecía los límites máximos permisibles, y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales. Esta norma fue actualizada en 1993 y absorbida por la norma NOM-001 en 1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes de descargas en aguas nacionales. En todos los casos, se establece un máximo de temperatura de descarga (SEMARNAP, 1996). Por el tipo de contaminantes que se involucran en uno y otro caso, esta situación es preocupante.

Las plantas termoeléctricas más modernas utilizan sistemas cerrados, en donde el agua es enfriada a través de una torre o un estanque de enfriamiento. Estos sistemas descargan menos de 5% que las plantas de ciclo abierto, pues la mayor parte se pierde por evaporación (DOE, 2006). Las plantas de la CFE que cuentan con torre de enfriamiento se muestran en la Figura 4.

Para 2007, el consumo de agua de las plantas termoeléctricas (que incluye el agua utilizada en centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbina de gas y de combustión interna) alcanzó el valor de 4.1 km^3 (130 m^3/s), de las cuales 88% es de origen superficial y el resto de aguas subterráneas. Sin embargo, del total de las plantas, 76% del agua concesionada a termoeléctri-

cas en el país corresponde a la planta carboeléctrica de Petacalco, ubicada en las costas de Guerrero, muy cerca de la desembocadura del río Balsas (CONAGUA, 2008). De esta forma, solamente la carboeléctrica de Petacalco consumió 3.1 km^3 (98 m^3/s) de agua, para generar 13.4 TWh. Mientras que el resto de las plantas que generaron 185.5 TWh sólo consumieron 1 km^3 de agua (31 m^3/s).

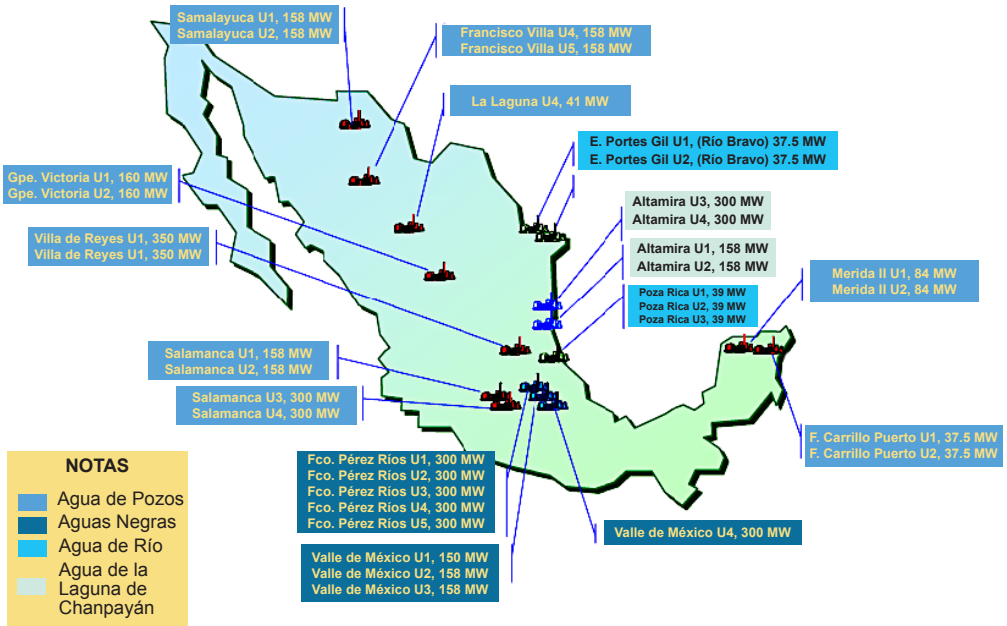


Figura 4. Centrales termoeléctricas de la CFE con torre de enfriamiento
Fuente: CFE (2005). Se podría adicionar a este mapa los datos de la demanda de agua en m3/s???

El consumo de agua en plantas termoeléctricas convencionales y de ciclo combinado de la CFE se muestra en la Tabla 4. Como se aprecia, además del agua superficial y subterránea, la CFE utiliza agua de mar y aguas negras. Para las 15 centrales con 40 unidades en sitios costeros (Figura 5), se utiliza agua de mar que generalmente es repuesta al ciclo de vapor, a través de filtración, evaporación, destilación y desmineralización. En el centro y norte del país, el agua negra municipal se utiliza en centrales termoeléctricas como fuente de suministro para enfriamiento del condensador en un sistema cerrado con torre de enfriamiento. Asimismo, a partir de esta agua se obtiene el agua de servicio mediante tratamientos primarios y secundarios, y para el caso del agua de repuesto al ciclo, con un tratamiento adicional de desmineralización (CFE, 2005). Esto ha permitido evitar consumos de agua dulce, que en un sistema de enfriamiento húmedo de

centrales de ciclo combinado oscila alrededor de 0.5 litro por segundo (l/s) por cada MW instalado (CFE, 2008). De acuerdo con la CFE (2005), de 1990 a 2004, el consumo de agua de pozo disminuyó de 1 l/s por MWh a 0.3, es decir, 70%.

Tabla 4. Consumo de agua en plantas termoeléctricas de la CFE (l/s)

	Enfriamiento y repuesto a la torre de enfriamiento		Repuesto al ciclo		Ciclo abierto	
Termoeléctrica convencional						
Origen del agua	150 MW	350 MW	150 MW	350 MW		
Agua de mar	321	749	20	47		
Pozo	144	336	6.5	15		
Río	159	371	7	16		
Negra	175	408	7	16		
Ciclo combinado	250 MW	450 MW	250 MW	450 MW	250 MW	450 MW
Agua de mar	214	321	4.5	6.5	13.5	20
Pozo	96	144			4	6.5
Río	106	159	4.5	6.4	4.5	7
Negra	117	176			4.5	7

Fuente: CFE (2005).

Por otro lado, durante 2008 se realizó el tratamiento de aguas servidas por más de 228,000 m^3 (7.2 m^3/s), de los cuales 25,850 m^3 (0.8 m^3/s) se emplearon para el riego de áreas verdes y el resto fueron destinados para otros usos (CFE, 2008).

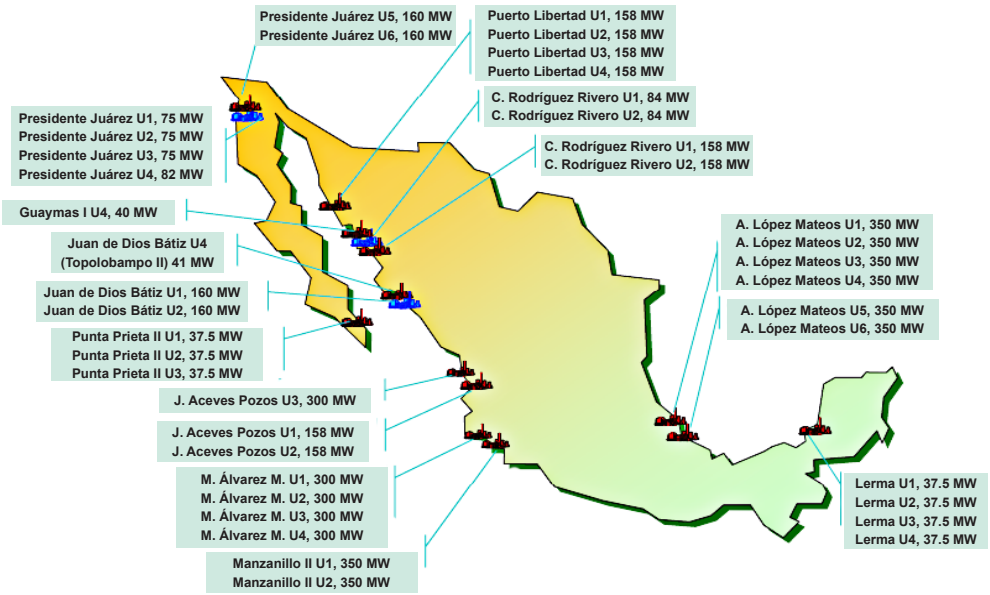


Figura 5. Centrales termoeléctricas de la CFE en sitios costeros
Fuente: CFE (2005). IDEM DE LO DEL AGUA

En el futuro, se estima que la capacidad instalada del sector eléctrico nacional aumentará en 17,942 MW para 2018, de los cuales se tiene programado que 2,078 MW serán de carboeléctricas. Esto no sólo tiene implicaciones muy graves para el consumo de agua, sino para otros impactos ambientales (CFE, 2009). El crecimiento con base en carbón no representa ningún beneficio para el país, si además se considera que el carbón será importado.

1.4. Agua en centrales hidroeléctricas

La caída del agua es la fuente de energía para la generación de electricidad en las centrales hidroeléctricas. Una vez que pasa a través de las turbinas, el agua es devuelta al flujo del río. Por esta razón, la concesión de agua de la CONAGUA a las centrales hidroeléctricas tiene la característica de ser no consuntiva. En 2007, se utilizaron en el país 122.8 km^3 para centrales hidroeléctricas, que representaron 12% de la energía eléctrica generada en el país. Debe aclararse que, para este uso, la misma agua se turbina y se contabiliza varias veces. Sin embargo, se estima que las centrales hidroeléctricas evaporan más agua en los reservorios que lo que se hubiese evaporado en el sistema natural de ríos, y por ello puede considerarse que consumen agua.

Por otro lado, el almacenamiento de agua en presas, necesaria para la generación eléctrica, tiene también otros usos, además de que su control es indispensable para evitar inundaciones.

1.5. Agua y fuentes renovables de energía

La cantidad de agua que se utiliza para operar la tecnología basada en fuentes renovables de energía es variable. En el caso de la generación eléctrica, el uso de agua para turbinas de viento o paneles fotovoltaicos es prácticamente despreciable. Sin embargo, en el caso de la geotermia, el agua es indispensable para el funcionamiento y enfriamiento de la turbina, así como en las plantas de concentradores solares. Se estima que el consumo promedio es de 5.3 m^3 por MWh en el caso de la geotermia, y de 2.8 a 3.5 m^3 por MWh en el caso de los concentradores solares (WEF, 2009). En el caso de la bioenergía sustentada en el cultivo de granos, el consumo de agua es muy significativo, pero es obvio que depende del tipo de cultivo y de cómo y donde se cultiva y, sobre todo, de si utiliza riego. Se estima que el consumo de agua puede ir de 9 m^3/GJ en el caso del maíz, a 250 m^3/GJ en el caso de la soya (WEF, 2009). La producción de etanol está basada en un proceso de fermentación que requiere mayor consumo de agua que el biodiesel.

1.6. Análisis comparativo

La Tabla 5 muestra la estimación del consumo de agua para diversas fuentes y tecnologías de producción energética publicada por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés) y las estimaciones del consumo nacional de acuerdo con la información que se presentó previamente. En el caso del consumo para producción de petróleo, la cifra es muy baja, quizá por el consumo de agua de mar que no está incorporado. Los valores de refinación están en el rango. El valor del consumo estimado para generación eléctrica, calculado a partir de las cifras de la CFE presentadas en la Tabla 4, resulta sumamente bajo respecto al comparativo internacional, tal vez debido a que la CFE sólo reporta el consumo para enfriamiento y repuesto a la torre de enfriamiento.

Tabla 5. Comparativo entre información del WEF y estimación nacional. Creo que esto cubre parte de un comentario hecho a una tabla de datos.

	Información del WEF(1)	Estimación nacional(2)	Consumo promedio(3)
Producción primaria	lt/GJ	lt/GJ	Mm^3
Petróleo			
Tradicional	3-7	1.2	8.5 a 36.5
Recuperación	50-9000		
Arenas bituminosas	70-1800		
Biocombustibles	lt/GJ		
Maíz	9,000-100,000		
Soya	50,000-270,000		
Carbón	5-70		0.9 a 5.4
Gas			
Tradicional	mínimo	0.005	36.4 a 47.5
Shale	36-54		
Transformación	lt/GJ	lt/GJ	
Refinación de petróleo	25-65	39	86.5 a 149.0
Petroquímica		3.2	51.4 a 66.6
Etanol	47-70		
Biodiesel	14		
Licuefacción de carbón	140-220		
Procesamiento de gas	7		
Generación eléctrica	lt/MWh	lt/MWh	
Producción de combustible			
Carbón	20-270		
Uranio	170-570		
Generación eléctrica			4100
Con sistema cerrado de enfriamiento	720-2700	1	
Geotermia	5,300		
Evaporación de hidroeléctricas	17,000		
Concentradores solares	2,800-3,500		
Viento	mínimo		
Fotovoltaico	mínimo		
TOTAL % nacional			4284 a 4405 6%

(1) WEF (2009), información proveniente principalmente de USDOE (2006), CEC (2005).
(2) Adaptado a información de Pemex, con poderes caloríficos de la Sener (2008) y CFE. Valores mínimo y máximo de 2000 a 2008.

2. El suministro de agua y las necesidades de energía

2.1. Consumo de energía en México

En el año 2007, México consumió 7,253.9 PJ de energía primaria, de los cuales 44% correspondió a petróleo, 40% a gas natural, 5% a carbón, 4% a hidroelectricidad, 3% a leña, 2% a núcleo-electricidad, 1% a geotermia, 1% a bagazo y menos de 1% a eólica. De esta energía, 30.5% se destinó a generar electricidad (incluidos derivados del petróleo y bagazo).

Sin contar pérdidas, diferencias estadísticas, gas para reinyección y quema de gas, el consumo ascendió a 6,652.9 PJ, (Figura 6). Tan sólo 14% de la energía final, que corresponde a 649.7 PJ (180.5 TWh)[9], correspondió a electricidad, que es la principal fuente de energía utilizada para el suministro, transporte, tratamiento del agua y operación del drenaje. Ésta no incluye la energía eléctrica que utilizan Pemex, la CFE, Luz y Fuerza del Centro (LyFC) ni los productores independientes de energía eléctrica, que asciende a cerca de 10.2 TWh.

En el siguiente apartado se describe el consumo de energía para los diversos usos del agua, tal como los reporta la CONAGUA (Figura 7). De esta forma se presenta, de acuerdo con la información disponible, la estimación para riego agrícola, abastecimiento público, y algunas consideraciones sobre la energía para el consumo de agua en la industria autoabastecida y termoeléctricas.

El objetivo central de este apartado es estimar el consumo de energía para los usos del agua en México. Un estudio posterior deberá estimar el potencial de ahorro y uso eficiente de la energía para el bombeo, potabilización y tratamiento del agua; así como las implicaciones del aumento en el tratamiento y reciclamiento de agua en el consumo de energía.

[9] La CFE reporta ventas de 195 TWh en 2007.

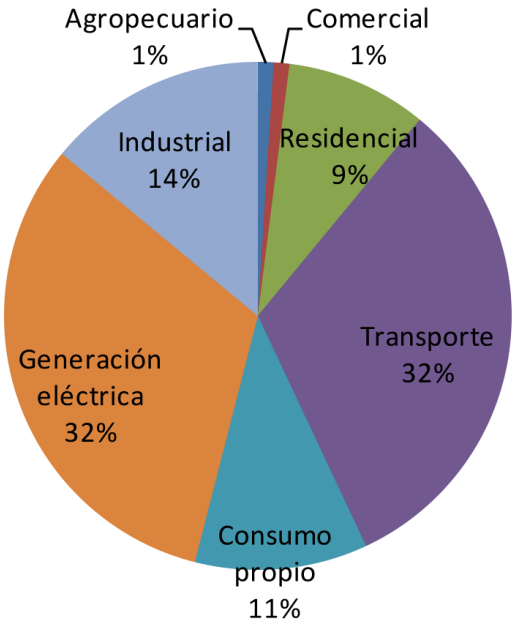


Figura 6. Consumo de energía en México, 2007
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Sener (2008). Consumo total 6652.9 PJ.

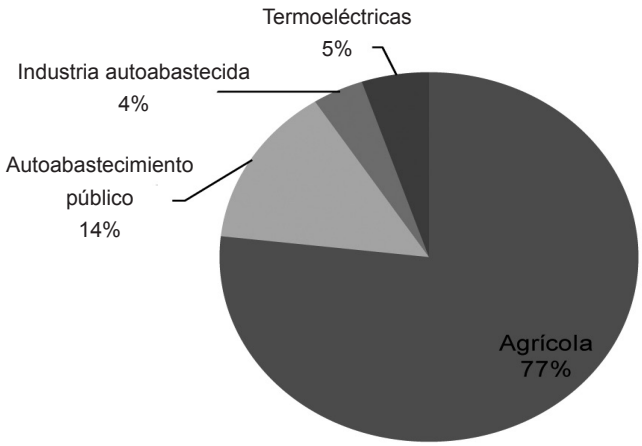


Figura 7. Consumo de agua en México, 2007
Fuente: CONAGUA (2008). Consumo 78.9 km^3 de agua.

2.2. Demanda de energía para suministro de agua en el sector agrícola

Las actividades agrícolas son el principal uso de agua en el país. En 2006, representaron 77% del agua extraída, lo que significó 60.6 km^3 o 1,922 m^3/s (CONAGUA, 2007a). De ésta, las dos terceras partes provienen de aguas superficiales y el resto de aguas subterráneas.

Si bien la productividad agrícola de las áreas de riego es 3.7 veces mayor que la de temporal (CONAGUA, 2007a), la aptitud de las tierras, la falta de disponibilidad de agua para riego en ciertas regiones del país, los elevados costos de infraestructura y las necesidades de energía originan que de las cerca de 21 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura (11% del territorio nacional), sólo 6.5 millones sean de riego, por lo que la mayor parte de la población agrícola queda a expensas de las lluvias (CONAGUA, 2008).

En general, los métodos de riego pueden clasificarse en superficial, presurizado (aspersión, microaspersión y goteo) y subterráneo, en los cuales el agua es generalmente suministrada mediante el uso de bombas eléctricas, bombas de gasolina, uso de canales o la combinación de cualquiera de los tres.

En el caso del riego superficial, el agua se distribuye por gravedad a través de surcos y se caracteriza por su baja eficiencia, entre 40 y 60%, por sus altos índices de evaporación, aunque tiene la ventaja de no incurrir en gastos de energía (Fernández, 2005).

El riego por aspersión, que simula el efecto de la lluvia, requiere bombear el agua a presión -de allí su nombre de presurizado- y tiene una eficiencia de 85% en promedio. El riego subterráneo se realiza con tubos permeables enterrados a una profundidad de 40 a 45 cm de la superficie para humedecer el suelo, pero el control deficiente de los humidificadores y su alto costo limitan su uso (Tabla 6).

En México, tradicionalmente los grandes sistemas de riego han estado constituidos por embalses o derivaciones de ríos y canales de gravedad, y se emplea la técnica del riego por superficie. Así se desarrollaron los primeros sistemas de riego, que constituyen hoy los Distritos de Riego del Noroeste y que presentan pérdidas considerables en la red (eficiencia global entre 25 y 35%). De los 61.2 km^3 (1,940.6 m^3/s) de agua extraídos en 1995, se estima que realmente sólo se utilizaban 40 km^3/año (1,268.4 m^3/s) en riego, por lo que los 21.2 km^3 restantes constituyeron pérdidas en conducciones y evaporación (FAO, 2009).

Tabla 6. Requerimientos de energía para distintos sistemas de riego

Sistema de riego	Requerimiento de energía (kWh/ha/año)	
	Eficiencia potencial	Eficiencia real
Aspersión:		
Convencional	1,897	2,846
Pivote	3,612	NA
Puntual:		
Goteo	765	1,084
Microaspersión	957	1,355

Fuente: Alfaro J. y Marin J. (1991).

El hecho de que la mayor parte del riego se realice por embalses y derivaciones de ríos es significativo para el consumo de energía, ya que este método representa un bajo o nulo consumo de electricidad u otras fuentes, debido al uso de canales por gravedad.

El consumo de energía eléctrica por concepto de bombeo de agua para riego agrícola está inscrito en cuatro tarifas eléctricas específicas que se describen en la Tabla 7, catalogadas con el número 9. En 2008, el conjunto de usuarios registrados en estas cuatro tarifas ascendió a 113,584, los cuales consumieron 8,049 GWh, cantidad que significó 4.6% del consumo nacional (CFE, 2009).

Las tarifas para riego agrícola 9 y 9M tuvieron, en 2008, un precio medio de alrededor de 1.00 $/kWh (un peso por kilowatt-hora), mientras que las tarifas 9CU y 9N, denominadas tarifas de estímulo, presentaron un precio medio de 0.40 $/kWh; es decir, de menos de la mitad que las primeras. Las tarifas de estímulo se aplican a los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, hasta por una cuota energética determinada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)[10].

[10] *Establecido en el Programa Especial de Energía para el Campo, publicado en el Diario Oficial de la Federación (4 de diciembre de 2003), con el propósito de otorgar beneficios en materia de energía eléctrica a la utilizada en instalaciones de uso agrícola, para impulsar su productividad, desarrollo y rentabilidad.*

Tabla 7. Consumo de energía eléctrica para el bombeo agrícola en México, 2008

Tarifa	Descripción	Consumo
		(GWh)
9	Bombeo de agua para riego agrícola (baja tensión)	60.2
9M	Bombeo de agua para riego agrícola (media tensión)	1,125.0
9CU	Cargo Único para uso agrícola	1,680.4
9N	Bombeo de agua para riego agrícola (nocturna en baja o media tensión)	5,183.4
	Total	8,049.0

Fuente: Sistema de Información Energética.

Los bajos precios de la energía en las tarifas de bombeo agrícola supondrían un buen incentivo para todos los productores que estén por incorporarse en ellas; sin embargo, además de los requisitos jurídicos establecidos en el Reglamento de la Ley de Energía para el Campo para ser beneficiario de las tarifas de estímulo, el interesado deberá comprometerse a lograr una mayor eficiencia productiva y energética, así como mejorar sus esquemas productivos a través de la modernización de maquinaria, embarcaciones, equipos y sistemas de riego técnicamente eficiente y el uso de medidores volumétricos. Aunque este último requisito cuenta con la posibilidad de que sea un mecanismo de control para evitar una sobreexplotación de los pozos o mantos acuíferos, provoca que los productores busquen otras alternativas para sus necesidades de energía.

Por esta razón, es muy probable que el consumo de energía eléctrica para riego agrícola contabilizado con la tarifa 9 esté subestimado, aun cuando los usuarios registrados en este servicio se han ido incrementando (Tabla 8). Debido a que algunos productores contratan su servicio en otras tarifas de servicio general, para evitar las restricciones impuestas por la tarifa de riego. Desafortunadamente, no se tiene suficiente información para estimar esta cantidad.

Por otro lado, parte de la energía requerida para el riego es suministrada mediante bombas de gasolina y diesel. Pero tampoco existe información para conocer a cuánto asciende el consumo de estos combustibles para riego agrícola. Por otra parte, y aunque en menor medida, también se han desarrollado esquemas de bombeo de agua para riego a través de fuentes renovables (bombeo eólico, fotovoltaico e híbrido) que han sido impulsadas por programas gubernamentales como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

Tabla 8. Consumo y usuarios de servicio eléctrico en las tarifas agrícolas

Año	Ventas (GWh)	Usuarios
2000	7,815	92,270
2001	7,376	95,111
2002	7,565	97,370
2003	7,300	100,411
2004	6,906	103,299
2005	7,994	105,647
2006	7,901	108,927
2007	7,748	111,207
2008	8,049	113,584

Fuente: CFE (2009).

Entre las tecnologías usadas para el bombeo de agua con energías renovables están el bombeo eólico, el fotovoltaico y el híbrido. Con el bombeo híbrido, que es la combinación de la energía eólica con la fotovoltaica, se consigue una mayor autonomía y duración de las baterías.

El bombeo eólico se puede llevar a cabo mediante tres técnicas:

- Bombeo con aerobomba. La energía del viento mueve directamente el eje de una bomba sumergida. El agua extraída se puede almacenar en un depósito.
- Bombeo con baterías. La energía eléctrica obtenida del viento a través de un aerogenerador es almacenada en unas baterías para extraer el agua en el momento que se necesite.
- Bombeo directo. El molino acciona eléctricamente una bomba en función de la capacidad del viento actuante.

Desde hace varias décadas, los molinos de viento o papalotes han sido usados con éxito en el campo mexicano, sobre todo en el sureste del país, para la extracción de agua de pozos de hasta 30 m de profundidad. Su bajo costo y su facilidad de mantenimiento local permitieron que se difundieran rápidamente (ENT, 2002).

El bombeo fotovoltaico tiene el mérito de que la temporada de más demanda de agua suele coincidir con la de mayor radiación solar, y se aplican las siguientes técnicas:

- Bombeo solar directo: el agua se extrae del pozo únicamente durante el tiempo de radiación solar y se almacena en un depósito. Se evitan los costos asociados a las baterías.
- Bombeo con baterías: si las necesidades de extracción de agua son muy precisas o se necesita asegurar el suministro, pueden instalarse baterías para los periodos sin sol.

De manera indicativa, en la Tabla 9 se hace una comparación de costos, con la finalidad de mostrar los rangos de valores en los que es conveniente utilizar cada sistema de bombeo. Se han tomado como referencia costos medios, para bombeos superiores a 20,000 m^3/día (equivalente para un desnivel de 10 m a un caudal de 23 l/s). Como se puede observar, el costo del bombeo con energía eólica crece de manera exponencial en la medida en que se reduce la velocidad media anual del viento.

Tabla 9. Comparación de costos de bombeo por tecnología

Sistema de bombeo	Costo comparado al bombeo con velocidad media del viento de 6 m/s
Viento 6 m/s (21.6 km/h)	1.00 (base)
Viento 4 m/s (14.4 km/h)	3.6
Viento 3 m/s (10.8 km/h)	8
Viento 2 m/s (7.2 km/h)	24
Diesel	1.60 - 2.10
Querosene o gasolina	2.50 - 4.00
Solar	10

Fuente: FAO (1994).

2.3. Demanda de energía en el suministro de agua para el abastecimiento público y el drenaje

El abastecimiento público de agua incluye principalmente usos domésticos, comerciales, industriales y de servicios, y representa 14% del consumo nacional de agua (el resto corresponde a usos agrícolas, industria autoabastecida y termoeléctricas).

La red de abastecimiento público de agua es un sistema de obras de ingeniería entrelazadas que permiten llevar el agua hasta la vivienda, así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes. Estos sistemas requieren energía para el bombeo de agua en la extracción de pozos, transporte, distribución y subida a tinacos, así como para el bombeo del sistema de drenaje, además de la energía necesaria para la potabilización de agua y tratamiento de aguas negras.

De acuerdo con el INEGI, 82% del agua para abastecimiento público en México se destina al uso doméstico y el restante a industrias y servicios (CONAGUA, 2008a). Sin embargo, antes de abastecer a los usuarios, en muchos de los casos se requiere tratar el agua para hacerla potable. Los tratamientos, que van desde la simple desinfección hasta la desalinización, se aplican de acuerdo con el origen del agua.

De los 11.1 km^3 (352 m^3/s) de agua utilizados para el abastecimiento público en 2007, 62% tuvo como fuente aguas subterráneas y 38%, fuentes superficiales (CONAGUA, 2008a). Sólo 2.724 km^3 de agua (85 m^3/s), es decir, una cuarta parte del total, fue potabilizada.

El bombeo de agua para servicio público se realiza fundamentalmente con electricidad. Existe una tarifa específica para el bombeo de agua potable y aguas negras que es la tarifa 6. De acuerdo con información de la CFE, para 2008 esta tarifa contabilizó 29,204 usuarios, que consumieron 1,514 GWh (Tabla 10).

Tabla 10. Usuarios y consumo de la tarifa para bombeo de agua potable y aguas negras para servicio público (Tarifa 6)

Año	Usuarios	Ventas (GWh)
2006	26,431	1,203
2007	27,033	1,241
2008	29,204	1,514

Fuente: CFE (2009).

Sin embargo, existen sistemas, sobre todo los de las grandes ciudades, que no están contratados en esta tarifa, sino que son usuarios contratados en tarifas de alta tensión. Es el caso, por ejemplo, del sistema Cutzamala, que suministra un volumen de agua de cerca de 10 m^3/s a la Zona Metropolitana del Valle de México. Este volumen debe recorrer más de 160 km y requiere bombearse 1,100 m de desnivel. El consumo de la energía correspondiente se estima en 2.85 kilowatts-hora por metro cúbico (kWh/m^3), es decir, cerca de 900 GWh al año (Breceda, 2004).

Desafortunadamente, no existe información desagregada de los usuarios para bombeo de agua de otras tarifas que no sean las agrícolas y la tarifa 6, ni tampoco información del consumo de energía para el tratamiento, potabilización de agua y drenaje. Sin embargo, los datos del WEF (2009) acerca del consumo de electricidad por litro de agua potabilizada y tratada pueden permitir una estimación aproximada.

En el año 2007, se potabilizaron 2,724 Mm^3 de agua (85.6 m^3/s). De acuerdo con el WEF (2009), se requieren 26 kWh para potabilizar un millón de litros de agua. De esta forma, se estima un consumo de alrededor de 70.82 GWh (0.71 TWh) para potabilización de agua en México.

Por otro lado, al concluir el año 2007, se registraron 1,710 plantas municipales de tratamiento en operación, con un caudal tratado de 79.3 m^3/s, equivalentes a 38.3% del agua residual generada y colectada en los sistemas municipales de alcantarillado del país (CONAGUA, 2008c).

De acuerdo con el WEF (2009), se requieren en promedio 660 kWh para tratar un millón de litros. Así, se estima un consumo de 1.65 TWh para el tratamiento de aguas negras municipales en México.

2.4. Demanda de energía para suministro y tratamiento de agua en la industria autoabastecida y las termoeléctricas

En este rubro, se incluye la industria que toma el agua directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país, pero sin considerar las industrias que se abastecen de redes de agua potable y vierten sus desechos en las redes de alcantarillado municipales.

La extracción total de agua para este tipo de industrias es de 3.1 km^3 [11], 98.3XXX m^3/s, que de acuerdo con su origen, 45% son aguas subterráneas y 55% es agua superficial (CONAGUA, 2008a). La calidad de agua que se exige para el uso industrial suele ser menor a la requerida para el uso doméstico, salvo industrias específicas como la alimentaria, en las que son indispensables las aguas potables.

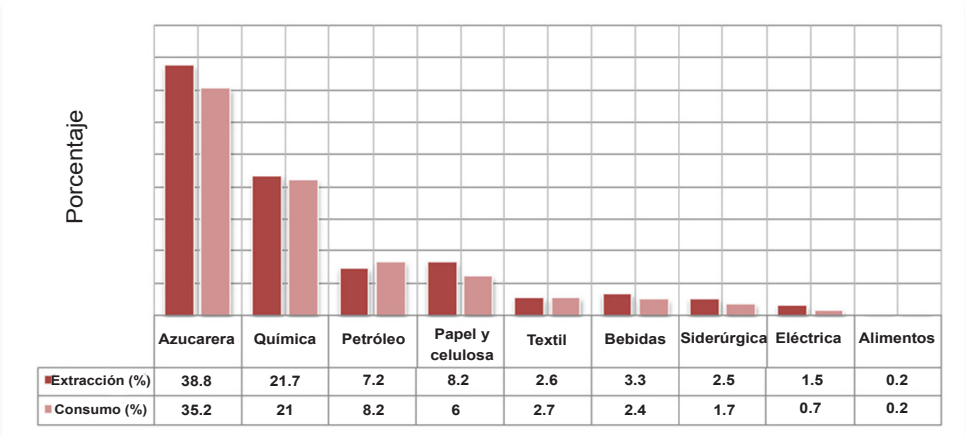
[11] *Equivalencia: 1 km^3 = 1,000 hm^3 = mil millones de m^3.*

Casi 80% del consumo del agua de este sector lo realizan sólo seis ramas industriales: azucarera, química, petróleo, celulosa y papel, textil y bebidas (Figura 9). Del total del consumo industrial, se utilizan 50% para enfriamiento, 35% en procesos, 5% en calderas y 10% en servicios. Se estima que estos volúmenes abastecen a alrededor de 1,400 empresas, las cuales están consideradas como las más importantes por el uso y por la descarga de agua (Castelan, 2000).

El agua es utilizada por la industria de diferentes maneras: para limpiar, calentar y enfriar; para generar vapor; para transportar sustancias o partículas disueltas; como materia prima; como disolvente, y como parte constitutiva del propio producto, por ejemplo, la industria de bebidas.

En el año 2000, el país contaba con 1,479 plantas de tratamiento de agua residual industrial que procesaban apenas 25.3 m^3/s (14.9%) del agua generada, y las industrias azucarera, química y petrolera eran las que contribuían con más carga de contaminantes (Figura 10). En el año 2007, la industria aumentó el tratamiento de aguas residuales a 29.9 m^3/s (943 Mm^3 al año), con 2,021 plantas que se encuentran en operación a nivel nacional (CONAGUA, 2008a).

Como se ha mencionado, todos las plantas de tratamiento consumen energía, y el consumo energético incrementa según el grado de tratamiento, por lo que, de los 29.9 m^3/s de aguas residuales generadas en las industrias, 35.6% recibe tratamiento primario (sólo se ajusta el pH y se remueven materiales orgánicos); 50.5% recibe tratamiento secundario (incluye remover materiales orgánicos coloidales y disueltos); 2.1% recibe un tratamiento terciario (comprende remover materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas, iones y bacterias y virus), y en lo que al restante 11.8% se refiere, no se especifica el tipo de tratamiento que recibe.



	Azucarera	Química	Petróleo	Papel y celulosa	Textil	Bebidas	Siderúrgica	Eléctrica	Alimentos
Extracción (%)	38.8	21.7	7.2	8.2	2.6	3.3	2.5	1.5	0.2
Consumo (%)	35.2	21	8.2	6	2.7	2.4	1.7	0.7	0.2

Figura 9. Consumo de agua de los principales giros industriales
Fuente: CASTELAN (2000).

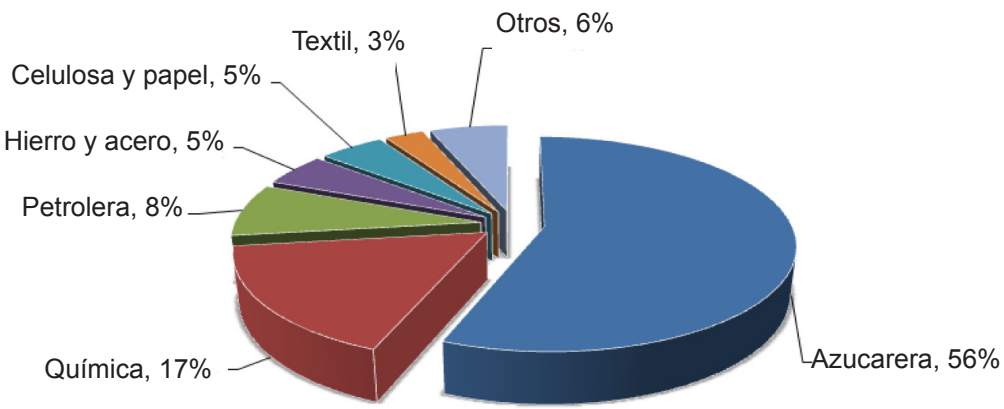


Figura 10. Distribución del caudal de agua residual industrial, en 2000
uente: CONAGUA (2002).

Con base en el mismo valor publicado por el WEF (2009) para tratamiento de aguas municipales (660 kWh por un millón de litros), el consumo de electricidad de la industria para tratamiento de agua es de alrededor de 0.62 TWh.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía (Sener, 2008), el consumo de energía final de la industria nacional ascendió, en el año 2007, a 1,362.9 PJ, de los cuales 28% fue electricidad, que correspondió a 105.6 TWh. Por otro lado, de acuerdo con el propio Pemex, el consumo propio de la industria petrolera alcanzó 645.7PJ.

En el caso de las termoeléctricas, el consumo de energía para los usos del agua es sumamente vasto, y puede incluir el propio proceso de producción de electricidad dado que está sustentado en vapor, así como la energía necesaria para el tratamiento de aguas negras municipales que se usa en el proceso en diversas plantas. Desafortunadamente, no existe información desagregada de la CFE para conocer a cuánto asciende este consumo.

La Tabla 11 presenta un resumen de las estimaciones del consumo de energía eléctrica para los diferentes usos del agua.

Tabla 11. Estimación del consumo de energía para suministro, tratamiento y bombeo de aguas negras*

	Consumo de agua	Estimado nacional
Usos	km^3	TWh
Riego	60.6	
Riego por gravedad	n.a.	
Riego con bombeo (tarifas 9)	n.a.	8.05
Autoabastecimiento público	11.1	
Subterránea	6.9	
Superficial	4.2	
Tarifa 6		1.51
Cutzamala		0.89
Potabilización	2.7	0.71
Tratamiento	2.5	1.65
Tratamiento en la industria	0.94	0.62
TOTAL		13.43
% del consumo nacional		7.1%

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAGUA (2008), CFE (2009), Breceda (2004), WEF (2009). El consumo está subestimado por falta de información de usuarios que pagan tarifas industriales.

3. Riesgos y oportunidades en la relación entre la energía y el agua

Aun cuando el consumo de energía eléctrica para los usos del agua representa cerca de 7% del consumo nacional y que el agua que consume el sector energético representa 6% del consumo nacional, su relación es sustantiva para el desarrollo del país. El sector energético no puede operar sin agua o bajo escasez de agua, y el suministro de agua potable y el funcionamiento de los drenajes no puede operar sin energía.

Al menos cinco temas representan posibles riesgos en este sentido. El cambio climático, el balance en los múltiples usos del agua, el uso eficiente y el tratamiento de agua asociado a los usos energéticos, uso eficiente de la energía en la provisión del agua y, obviamente, el manejo del agua en las plantas hidroeléctricas.

Los impactos del cambio climático en el balance hídrico mundial están documentados en sumo grado (IPCC, 2007; Sheinbaum, 2008). Estos pueden causar problemas de sequía o abundancia asociada a inundaciones, además de los impactos de eventos como ciclones o huracanes. La vulnerabilidad del sector energético frente a estos eventos debe ser estudiada y tratada, tanto en la planeación del sector como en el abastecimiento de plantas actuales. Dado el alto consumo de agua en las plantas termoeléctricas con relación a otras industrias energéticas, el tema del suministro de agua para generación eléctrica y los impactos del cambio climático debe ser reconocido y atendido.

La competencia por los diversos usos del agua puede ser cada vez mayor. Existe un enorme potencial de disminución de consumo de agua para riego en México. Sin embargo, deben considerarse programas integrales que estratifiquen las características de los productores agrícolas y debe darse apoyo público. Suponer que se trata sólo de un problema de ajuste de tarifas de agua y eléctricas es minimizar excesivamente el universo de los problemas de los agricultores de riego mexicanos.

Existe un enorme potencial de ahorro y uso eficiente de agua en las instalaciones del sector energético, particularmente en refinación, petroquímica y plantas termoeléctricas. Aun cuando Pemex y la CFE han hecho esfuerzos en este sentido, éstos resultan menores frente al potencial de reuso de agua en el proceso.

Asimismo, el potencial de ahorro y uso eficiente de energía, así como del uso de fuentes renovables de energía en el bombeo de agua, es muy vasto, en especial en el sector agropecuario, que es el de mayor consumo. Países como España y Alemania son muestra del enorme potencial y la competitividad que tienen los paneles fotovoltaicos en el riego agrícola.

La vinculación entre agua y energía en las plantas hidroeléctricas es obvia. Sin embargo, se requiere mayor planeación entre los usos del agua y los energéticos, así como también los riesgos asociados a sequía e inundaciones. Particular atención requiere el manejo del sistema eléctrico nacional y la competencia entre productores independientes y las plantas hidroeléctricas de la CFE.

Finalmente, es obvio que se requiere que la CONAGUA, la CFE, LyFC, la Comisión Reguladora de Energía y Pemex establezcan mecanismos de coordinación para la administración coordinada de los recursos. Para empezar, se requiere de un sistema nacional de información que permita conocer realmente los con-

sumos de agua para la industria energética nacional, así como los consumos de energía para los diversos usos de agua.

Existen esfuerzos importantes respecto a la disminución del uso de agua fresca en el sector energético. Tal es el caso del uso de agua de mar y el incremento del reciclamiento de agua en los procesos de Pemex, o el tratamiento de aguas negras municipales para su utilización en plantas termoeléctricas de la CFE. Sin embargo, se requiere mayor información para conocer el potencial de ahorro de agua fresca en estas actividades. En el ámbito del consumo de energía eléctrica para bombeo, potabilización y tratamiento, también se requiere mayor información para conocer el potencial de ahorro y uso eficiente.

Referencias

Alfaro, J. y Marin, J. (1991). *Uso de agua y energía para riego en América Latina*. Seminario Internacional de Uso Eficiente del Agua. Celebrado en la Ciudad de México del 21 al 25 de octubre de 1991. México. Disponible en http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/indice.html#inaugura

Breceda, M. (2004). Agua y Energía en la Ciudad de México. Presentado en el Seminario Internacional del Agua ¿Bien privado o bien común? Sept. 22. Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Castelan, E. (2000). *Análisis y Perspectiva del Recurso Hídrico en México*. Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A. C. México. Disponible en http://www.agua.org.mx/images/stories/BibliotecaT/docs/INFORMACION_GENERAL_DE_AGUA/analisis_perspectiva_recurso%20hidrico.pdf

CEC, California Energy Comission (2005). *California's Water-Energy Relationship*. Estados Unidos de América.

CFE, Comisión Federal de Electricidad (2009). *Tarifas eléctricas*. México. Sitio de Internet: http://www.cfe.gob.mx

——, (2008). Informe de sustentabilidad. Disponible en http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/Publicaciones/

——, (2005). Uso y aprovechamiento del agua para generación eléctrica. Ponencia presentada en el IV Foro Mundial del Agua. Disponible en http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/foro4/17marzo/water/uso.pdf

CONAGUA (2008ª). *Estadísticas del agua en México 2008*. SEMARNAT, México.

——, (2008b). *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*. SEMARNAT, México.

——, (2008c). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. SEMARNAT, México.

Cobacho, R., Cabrera, E. y Pardo, M. A. (2008). *Necesidad de mejorar la eficiencia en la distribución y el uso de agua y energía*. Instituto Tecnológico del Agua. Universidad Politécnica de Valencia, España. Disponible en http://www.expozaragoza2008.es/ContenidosAgenda/tda/ST0913.pdf

Cohen, D. M. (2008). ¿Quién dijo que el petróleo y el agua no se mezclan? World Oil, diciembre de 2008. Disponible en http://mariobernardiconsultores.blogia.com/2009/021101--quien-dijo-que-el-petroleo-y-el-agua-no-se-mezclan-.php

DOE, Departament of Energy (2008). Energy demands on water resources. Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water. Disponible en http://www.sandia.gov/energy-water/docs/121-RptToCongress-EWwEIAcomments-FINAL.pdf

ENT, Ecoturismo y Nuevas Tecnologías, S.A. de C.V. (2002). *Casos de estudio sistemas eólicos para bombeo de agua en México: Zacatecas y Oaxaca*. Universidad de Texas.

FAO (1994). El bombeo eólico - Boletín FAO de Irrigación y Drenaje Nº 50. Roma.

——, (2009).*FAQ* Food and Agriculture Organization. «Country Profile: Mexico». *Aquastats*.

Fernández, R. (2005). *El Impacto de la Tarifa Eléctrica Subsidiada sobre la Adopción de Tecnología de Riego*. Tesis de licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla, México.

INEGI (1999). *Estadísticas del Medio Ambiente*. México. Disponible en http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/medioambnal/1999/amb1999.html

Gleick, P. H. (1994). Water and Energy. Annual Reviews, Annu. Rev. Energy Environ., 1994, 19:267-99.

Lancet, M. S. (1993). Distribution and Material Balances of Trace Elements During Coal Cleaning, International Coal Prep Conference. Citado en USDOE, 2006.

PEMEX (2002 a 2009). Informes de Desarrollo Sustentable. Anexo estadístico. Disponibles en http://desarrollosustentable.pemex.com/portal/index.cfm

——, (2008). Anuario estadístico. Disponible en http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=134&catID=12202

SEMARNAT, (1996). NOM-001 en 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes de descargas en aguas nacionales.

——, (2003). Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos, que establece los límites máximos permisibles de diversos contaminantes para la descarga de agua congénita, así como las características que deben tener los pozos, para la reinyección de la misma.

SENER, Secretaría de Energía (2008). *Sistema de Información Energética*. México. Disponible en http://www.sener.gob.mx

——, (2008). Balance Nacional de Energía, 2007. Disponible en http://www.sener.gob.mx

World Economic Forum (2009). Energy vision, update 2009. Thirsty Energy: Water and energy in the 21th century. World Economic Forum in partnership with Cambridge Energy Research Associates. Disponible en http://www2.cera.com/docs/WEF_Fall2008_CERA.pdf

9. Uso ecológico

Laura Celina Ruelas Monjardín*
Martha Chávez Cortes**
Víctor Luis Barradas Miranda***
Adriana Miranda Octaviano Zamora*
Liliana García Calva**

Resumen

Los problemas del manejo del agua, como la sobreexplotación del agua subterránea, la pérdida de humedales, la contaminación de fuentes de agua por metales tóxicos y nutrientes, la intrusión de agua salina, entre otros, ponen de manifiesto la forma segmentada del manejo actual del recurso agua. Ante estos problemas, quienes toman decisiones enfrentan dos retos: uno, incrementar la capacidad institucional para manejar los recursos del agua en forma integrada y dos, utilizar el conocimiento sobre las relaciones ecológicas de manera más efectiva. Con el fin de contribuir a este proceso de toma de decisiones, este capítulo presenta, desde la perspectiva del agua y sus relaciones ecológicas, la situación del contexto nacional, así como las recomendaciones internacionales en el tema.

* El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto No. 26, Centro, Xalapa, Veracruz 91000 ce:lruelas@colver.edu.mx

** Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calz. Del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960, Coyoacán.

*** Instituto de Ecología, UNAM, Circuito Interior No. Cd. Universitaria

Introducción

El agua, como el aire, es esencial para la vida, tanto para los humanos como para los ecosistemas. Agua y ecosistemas están indiscutiblemente ligados, debido a que la presencia de uno no se puede explicar sin la presencia del otro. Hoy en día es costumbre considerar que los ecosistemas prestan un servicio, pero también son un sistema. Debido a que a través de su ciclo el agua desempeña varios papeles tanto en el clima como en la química y biología de la Tierra, es difícil conceptualizarla sólo en términos de soporte, regulación o suministro de servicios. La precipitación, en forma de lluvia o nieve, es la fuente de agua que mantiene a los ecosistemas. Los ecosistemas, a su vez, controlan la renovación del agua, ya que regulan la precipitación y contribuyen a su distribución en los procesos de evaporación, recarga y escurrimientos. Mediante estos procesos, a su vez, el agua mantiene los ecosistemas, terrestres y acuáticos. Los primeros, mediante lo que se denomina como "agua azul", y los segundos, por medio del "agua verde". El agua azul comprende el agua disponible para los humanos en ríos y lagos. En cambio, el agua verde es la que consumen bosques, pastizales y los cultivos de temporal. Cuando se extrae el agua para uso doméstico, industrial o agrícola en una cantidad mayor a la cantidad renovable, se dice que hay un uso no sustentable del agua. El ciclo hidrológico es el medio para renovar el agua, y los humanos en su búsqueda de bienestar, lo afectan de manera directa e indirecta. Los humanos controlan y usan entre 40 y 50% de los escurrimientos globales (Postel *et al.*, 1996). Además, estos autores sostienen que, de mantenerse la demanda *per capita* de agua actual además de considerar la cantidad adicional necesaria para diluir la autodepuración, se estima que para 2025 se estará empleando casi 70% de agua renovable. Esto podría poner en riesgo los servicios que los ecosistemas acuáticos prestan en el manejo seguro del agua, al igual que otros servicios como la pesca, el control de inundaciones, el transporte fluvial, las actividades recreativas, la asimilación de la contaminación, la generación de energía eléctrica, el hábitat para la vida silvestre, la fertilización del suelo, entre otros. La alternativa para evitarlo consiste en disminuir la presión sobre el recurso hídrico renovable. Ello se puede lograr aplicando medidas como invertir en la prevención de la contaminación, fomentar el uso eficiente del agua, cambiar los patrones de cultivos, sustituir cultivos con valor marginal, etcétera. A pesar de que a nivel conceptual es claro cómo abordar una relación equilibrada entres los ecosistemas, la sociedad y el agua, en la práctica no se llevan acciones –fuera del contexto tecnológico- para hacerlo (Falkenmark, 2003). Ello a pesar de que en el Segundo Foro Mundial del Agua, celebrado en La Haya en marzo de 2000, alrededor de 120 ministros responsables de temas relativos al agua emitieron una declaración orientada a alcanzar la seguridad del agua en el mundo (World Water Council, 2000). En esta

declaración, se reconoció que los recursos hídricos y los ecosistemas están amenazados por la contaminación, el uso no sostenible, los cambios en los usos del suelo y el cambio climático. Se planteó que en este marco, el desafío es proteger los ecosistemas para asegurar su integridad. Como resultado, al siguiente año la ONU, en Asamblea General, planteó realizar una "Evaluación de los Ecosistemas del Milenio" (EEM). El objetivo de esta evaluación sería dimensionar las consecuencias de alterar los ecosistemas para el bienestar humano, así como sentar bases científicas para fomentar la conservación y el uso sustentable de ellos.

Por qué un cambio de enfoque

De acuerdo con los resultados de la evaluación de los Ecosistemas del Milenio, el reto para el siglo XXI es cómo manejar el agua dulce para equilibrar las necesidades de la gente y de los ecosistemas. Se estima que el uso global de agua crecerá en 10% entre el año 2000 y el 2010. Actualmente, ya se usa o regula cerca de 40% de la oferta disponible y accesible. Entre 1960 y 2000, hubo un fuerte incremento en el uso del agua, de 15 a 32%. Para satisfacer estas necesidades, así como para controlar las inundaciones, se construyeron 45,000 grandes presas y 800,000 más pequeñas. Estas obras produjeron efectos positivos, pero también negativos. Los efectos positivos para la sociedad han sido en términos de estabilizar flujos para la irrigación, controlar inundaciones, abastecer agua para consumo doméstico y generar energía eléctrica. Efectos que contrastan con los negativos, entre los cuales se observa la fragmentación y destrucción de hábitat, la pérdida de especies, la interrupción de rutas de migración de biota acuática, problemas de salud por agua estancada y pérdida de sedimentos y nutrientes para sustentar la pesca y ecosistemas costeros (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). De no tomarse en cuenta estos cambios y los servicios ambientales que proveen los ecosistemas de agua dulce, éstos podrían perderse. Para tener una idea de la importancia de estos servicios en la Tabla 1 se hace un listado de los mismos.

Tabla 1. Servicios proporcionados por los ecosistemas de agua dulce

Servicios	Beneficios
Suministro de agua	Más de 99% del suministro mundial de agua para uso municipal, industrial y agrícola proviene de los sistemas naturales de agua dulce
Regulación de las funciones del ecosistema	Permite los procesos ecológicos esenciales y que perduren los sistemas fundamentales que soportan la vida

Servicios	Beneficios
Mitigación de inundaciones	Los sistemas de agua dulce que están funcionalmente intactos amortiguan el flujo de avenidas y reducen el daño por inundaciones
Mitigación de sequías	Los sistemas de agua dulce que están funcionalmente intactos absorben el agua de lluvia, desaceleran el escurrimiento y ayudan a la recarga de agua subterránea
Mantenimiento de zonas costeras	Los flujos de agua dulce mantienen los gradientes de salinidad que son críticos para la diversidad biológica y productividad de deltas y ambientes marinos costeros
Actividades recreativas	Los ecosistemas de agua dulce son sitios para nadar, pescar, cazar, velear, contemplar la vida silvestre, entre otros
Generación de energía eléctrica	Son una oportunidad para generar energía eléctrica convencional y micro-generadores en ambientes sensibles
Provisión de hábitat	Ríos, corrientes, valles y humedales proveen hábitat y sitios de crianza para numerosas especies terrestres, acuáticas y aves
Conservación de la biodiversidad	Los ecosistemas riparios y de agua dulce permiten el ensamblaje diverso de especies que soportan muchos servicios listados en esta tabla y también conservan la diversidad genética para futuras generaciones
Provisión de alimentos	Peces, mariscos y aves marinas son fuentes importantes de alimentos para la gente y la vida silvestre
Servicios de sumidero	Los sistemas de agua dulce sanos poseen la habilidad para absorber y neutralizar contaminación
Purificación de agua	Los humedales filtran y rompen contaminantes, lo que favorece la calidad del agua
Distribución de nutrientes	Los sistemas de agua dulce almacenan y transportan nutrientes dentro de la cuenca

Servicios	Beneficios
Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Los sistemas funcionales de los deltas de río renuevan constantemente la fertilidad de los suelos aledaños
Prevención de la subsidencia del suelo	El agua subterránea almacenada en acuíferos previene la subsidencia del suelo y reduce la erosión mediante la absorción de escurrimientos
Valores espirituales, estéticos y culturales	Los sistemas naturales de agua dulce son fuente de inspiración y valores espirituales y culturales profundos

Con información de: Postel y Richter, 2005; Moss *et al*., 2003; Brandes *et al*., 2005

La pérdida de los servicios mencionados demanda un manejo por cuencas que consideren cuatro aspectos: el ecológico, el del recurso hídrico, el económico y el social (Falkenmark, 2003). El primero, el ecológico, comprende el atender las necesidades de ecosistemas terrestres y acuáticos. Los terrestres, en términos de los escurrimientos locales, y los acuáticos, en términos de contar con un aporte de agua suficiente en cantidad y calidad. En ambos casos es para que la biota asociada se mantenga, realice sus funciones apropiadamente y se reproduzca. La perspectiva del agua como recurso implica prestar atención al "agua azul" y al "agua verde". El agua azul se protege para contar con el agua necesaria (en cantidad y calidad, de nuevo) para consumo humano, así como para todos los demás usos, pero con la particularidad de respetar, a la vez, el compromiso de mantener una cantidad apropiada de agua y de la calidad suficiente para mantener los flujos ambientales en todo tipo de cuerpo de agua. La perspectiva social implica la participación responsable de la sociedad para combinar sus aspiraciones de desarrollo y las limitaciones naturales del recurso. Para ello, se deben crear los espacios apropiados para que participen los distintos grupos de interés en la planeación y en las decisiones. El reto de la perspectiva económica reside en cómo distribuir el agua donde produzca mejores rendimientos –considerando las externalidades que aún cuando no tienen un valor económico si tienen otro tipo de valor- y cómo cubrir los costos de operación y mantenimiento, tanto para contar con una infraestructura segura como para otorgar incentivos y pagar servicios ambientales que representan en conjunto el valor real del agua. A continuación se abordan con un mayor detalle todas estas perspectivas para el caso de México.

La perspectiva ecológica

Hasta muy recientemente, la prioridad en la distribución del agua era para satisfacer usos humanos, como la generación de energía eléctrica, agua potable, riego y uso recreativo. Con las proyecciones en la variabilidad climática que predicen un aumento en las temperaturas, el reto para México es qué cantidad y calidad de agua se debe asignar para los servicios ambientales, de tal forma que se mantenga una biota acuática saludable, se purifiquen los flujos de agua, se mantenga la biodiversidad y se suministre una cantidad mínima que asegure la sobrevivencia y sustentabilidad del sistema.

En términos de biodiversidad, las acciones del gobierno mexicano se han dado a través de la protección de Áreas Naturales Protegidas (ANP) para que sigan funcionando como áreas de recarga de acuíferos. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2008), para 2007 existían 164 áreas protegidas, que abarcan una superficie de 231,000 km^2. Si bien la declaratoria de ANP data del siglo pasado, los objetivos relacionados con la protección de áreas como los parques nacionales no se han cumplido. El énfasis en los parques nacionales se debe a que la mayoría son altas montañas donde se originan las fuentes de agua. De acuerdo con Liniger *et al.* (1998), en una región, la descarga de las montañas puede representar hasta 95% del total de la cuenca. Debido a ello, se les considera las torres de agua y, por consecuencia, el manejo del agua debe iniciar en estas áreas. La importancia de las altas montañas como fuentes de agua se manifestó en el hecho de que en la década de 1930 la mayoría de ellas fueron declaradas parques nacionales, debido a la presión por el cambio de uso del suelo. En montañas como el Cofre de Perote, 50% del parque se encuentra en manos de ejidos agrarios. Estos cambios de uso del suelo han tenido efectos devastadores cuenca abajo. De acuerdo con Alcántara-Ayala (2004), las inundaciones y los deslizamientos de tierra que ocurrieron en 1999 en los estados de Puebla, Hidalgo y Veracruz, y que ocasionaron 263 muertes, se debieron no sólo al efecto de las fuertes precipitaciones (38% por arriba del promedio anual de 1,732 mm) y a factores geomorfológicos propios de las cuencas de montaña, sino al impacto de las actividades humanas. De acuerdo con esta autora, 40% de las fallas totales se dieron en áreas donde se había eliminado la vegetación o donde se habían dado cambios de uso del suelo.

De acuerdo con Barradas *et al.* (aceptado), la deforestación y el cambio climático no sólo seguirán ocasionando inundaciones, sino que también impactarán los aportes de agua. La precipitación en algunas regiones del país disminuirá mientras que en otras aumentará. El papel de la vegetación es clave en la captación de agua, sobre todo el bosque de niebla. Los estudios de Barradas (1983 y 2000) han encontrado que contribuyen con un alto porcentaje al presupuesto

hídrico y que incluso puede ser la única fuente de agua en ecosistemas áridos (Cereceda *et al.*, 1992). De ahí que esta entrada horizontal de agua en bosques de niebla deba considerarse en el presupuesto hídrico. Sin embargo, el intenso cambio del uso del suelo, de bosques a campos agrícolas y pastizales para ganadería, ha reducido grandemente esta entrada de agua al ecosistema. De continuar la tendencia actual de deforestación, se perderá cerca de 20% de agua adicional interceptada por la vegetación, que se tiene principalmente en el periodo de la estación seca.

Mendoza *et al.* (1997) determinaron que hay tres zonas hidrológicas del país que son vulnerables en su reserva de agua con el clima actual: la cuenca Lerma-Chapala-Santiago (LChS, zona VI), con una vulnerabilidad alta con riesgo de secarse, mientras que la cuenca del río Pánuco (zona V) y la zona X presentan una vulnerabilidad baja. Con diferentes escenarios de cambio climático, como el que pronostica mayor precipitación en la mayor parte del país, la cuenca LChS será la única en donde perdurará su vulnerabilidad, aunque ésta sea moderada. En otros escenarios que pronostican un clima con precipitación menor que el actual, hay tres zonas (zonas V, VI y X) que presentan una vulnerabilidad alta y con amenaza de secarse, y otras que pueden ser vulnerables ante el cambio climático. Es muy probable que en las cuencas del Pánuco y del LChS haya conflictos sociales y económicos, debido a la gran cantidad de habitantes que sostienen.

Estos cambios en la distribución del agua tendrán un impacto directo en el funcionamiento y estructura de los ecosistemas actuales. De acuerdo con Villers y Trejo (1998), los tipos de vegetación que se verán más afectados serán los bosques de coníferas y encinos, seguidos del matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña, la vegetación acuática y subacuática y el pastizal. No obstante, mientras la distribución de una especie disminuirá, la distribución de otra aumentará, como en el caso de *Pinus hartwegii* y de *Quercus mexicana,* cuyas distribuciones disminuirán en 42 y en 53%, respectivamente, y el caso de *Pinus leiophylla* y *Quercus acutifolia,* que aumentarán 36 y 122%, respectivamente, en escenarios futuros de cambio climático (Arriaga y Gómez, 2004). No obstante, la cobertura que tendrán los diferentes ecosistemas con los diferentes tipos de vegetación es bastante incierta en los diferentes escenarios de cambio climático que se han utilizado. Un problema que tienen estos escenarios producidos por diferentes modelos es que sólo se toma en cuenta la precipitación y la temperatura, mientras que la redistribución de los diferentes tipos de vegetación depende de otros factores, como las interacciones bióticas o abióticas o los síndromes de dispersión. En la Tabla 2 se muestra la superficie que sería cubierta por los diferentes tipos de vegetación en dos escenarios de cambio climático futuro en el país.

Tabla 2. Redistribución de los diferentes tipos de vegetación (% del territorio nacional) de acuerdo con la redistribución climática generada por modelos extremos de cambio climático de circulación general (modificado)

Tipo de vegetación	Actual potencial	Modelo de sensibilidad	Modelo GFDRL-30
Bosque tropical perennifolio	9.91	8.64	16.22
Bosque tropical caducifolio	24.28	24.74	28.77
Bosque mesófilo	2.10	0.26	1.30
Bosque de coníferas y encinos	6.36	3.91	3.92
Bosque de coníferas (zona fría)	2.31	0	0
Bosque espinoso	11.00	19.67	18.38
Matorral xerófilo	39.54	42.14	31.38
Pastizal	4.72	0.63	0

de Villers y Trejo, 2004

Una catástrofe próxima a darse ante el cambio climático es la transformación de los ecosistemas, y con ello, una gran pérdida de su biodiversidad. México es uno de los países más biodiverso del mundo (Sarukhan y Dirzo, 2001), ya que posee cerca de 10% de la diversidad florística del planeta (Rzedowski, 1993) y un alto grado de endemismo, esto es, especies únicas en el mundo (Rzedowski, 1991).

Los humedales es otro ecosistema muy frágil que presentaría transformaciones desastrosas ante el cambio climático global. Si se intensificara el ciclo hidrológico, como lo prevén algunos modelos de cambio climático, se tendrían impactos fuertes en los recursos hidrológicos regionales que podrían inducir redistribuciones regionales de los humedales. El aumento del nivel del mar, que se cree que será de entre 1, 5 y 9 m, es una amenaza para la existencia de los humedales, ya que por un lado se alteraría la amplitud de las mareas en los ríos y bahías, y por el otro se aumentaría la salinidad de los estuarios y acuíferos, y habría cambios en el acarreo de sedimentos y nutrientes. Sin embargo, debido a la existencia de una gran cantidad de tipos de humedales, es hasta la fecha muy difícil predecir los efectos del cambio climático en los humedales y, por lo tanto, es muy incierto si éstos continuarán ofreciendo los actuales servicios ambientales (Bergkamp y Orlando, 1999).

En general, el efecto del cambio climático se traduce en cambios de la composición de especies y en una reducción de la productividad y función de todos los ecosistemas.

Este deterioro de los ecosistemas terrestres y las políticas públicas probablemente influyen en la calidad del agua, ya que México ocupó el lugar 106 de un total de 122 países en un análisis realizado por el United Nations Environment Programme (UN, 2003), un lugar incluso por debajo de otros países con un Producto Interno Bruto (PIB) menor al nuestro, como Costa Rica, Panamá, El Salvador, Jamaica y Guatemala. Con ello se deja ver que la calidad del agua en nuestro país es de muy mala calidad (Aboites *et al.*, 2008). Este tema se verá con más detenimiento en el apartado siguiente.

La perspectiva de recurso

El agua, como otros recursos naturales, puede usarse potencialmente en una forma sustentable, si la tecnología apropiada, la planeación regional y los marcos de referencia políticos se complementan entre sí en una forma propositiva (Hurni, 1997). En este contexto, cabe hacerse la pregunta ¿hasta dónde las políticas y acciones relacionadas con el manejo del agua en México tienden puentes entre la protección ecológica y los procesos hidrológicos? Para responder a esta pregunta, en esta sección se analiza la disponibilidad, la calidad y el uso actual del agua a la luz del actuar de la CONAGUA, para ver si se está favoreciendo la capacidad integradora de este recurso.

La disponibilidad del recurso. México recibe alrededor de 1 ,488 ,000 millones de metros cúbicos (Mm^3) de agua al año en forma de precipitación. De esta agua, 72.5% se evapotranspira, 25.4% escurre por los ríos o arroyos y el restante 2.1% se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos. Bajo estas condiciones, y si consideramos el balance neto de las importaciones y exportaciones, se tiene que el país cuenta con aproximadamente 458 km^3 de agua azul[1] o agua dulce renovable disponible al año, y con un total de 1,079 km^3 al año de agua verde[2] adjudicada a la evapotranspiración (CONAGUA, 2008).

Como se ilustra en la Figura 1, la disponibilidad de agua azul está integrada en 82.6% (378.4 km^3) de agua superficial y en 17.38% (79.6 km^3) de agua subterránea. En lo que respecta al agua verde, además de la liberada a través de la evapotranspiración, ésta incluye el agua azul que se transforma en verde. En este sentido, del volumen de agua total que entra en el territorio nacional, 60,572 km^3 (3.93%) se convierten en agua verde a través del uso consuntivo.

[1] Agua azul = El agua de los ríos y acuíferos

[2] Agua verde = El agua que se utiliza en la producción de biomasa verde, la cual entra por las raíces y es liberada a la atmósfera por el follaje (Lundqvist y Steen, 1999).

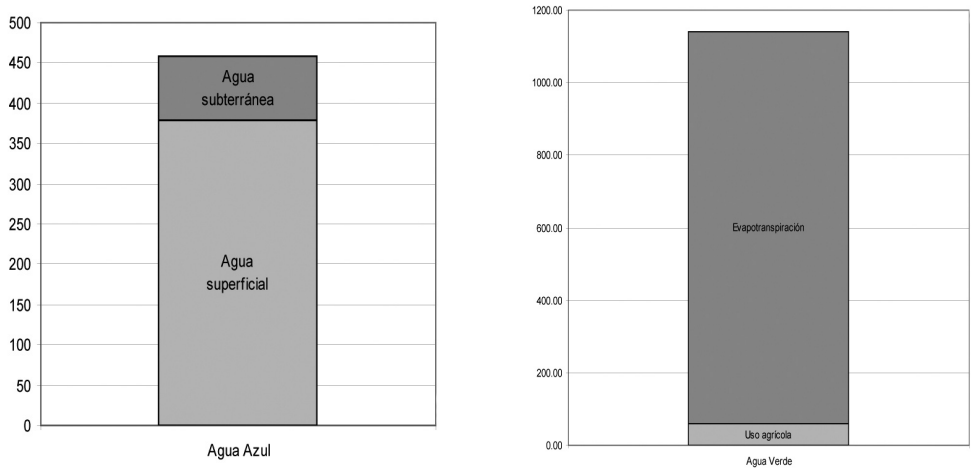


Figura 1. Balance del agua azul y verde en el territorio nacional

Si descartamos el volumen de los otros usos consuntivos (18.376 km^3, 1.19%), los datos sugieren que se cuenta con alrededor de 379 km^3 (24.65%) de lo que se denomina "flujo de agua ambiental" o volumen de agua para alimentar naturalmente ríos y lagos. Estos porcentajes están todavía por arriba de otros países como la India y Kenia, los cuales registran 11% y 1.7%, respectivamente, en este rubro (Falkenmark, 2009).

Al indagar con más detalle en esta información, el análisis por Regiones Hidrológico-Administrativas indica que la Región XI Frontera Sur es la que registra el flujo ambiental de agua más alto (155.625 km^3), seguido por la Región X Golfo Centro (90.588 km^3) y la Región V Pacífico Sur (31.45 km^3). Las regiones con flujos más bajos son la Región II Noroeste (0.63 km^3) y la Región XIII Aguas del Valle de México, la cual registra incluso un déficit de flujo de agua ambiental que asciende a 1.659 km^3 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Distribución del agua en México de acuerdo con el modelo de Falkenmark (2009)

	Región Hidrológica Administrativa	Precipitación (Mm^3)	Escurrimiento (Mm^3)	Recarga (Mm^3)	Agua Azul (Mm^3)	Agua Verde (Mm^3)	Agua Az-Ver (Mm^3)	Flujo ambiental (Mm^3)
I	Península de Baja California	24,468.46	3,367	1,249	4,616	18,034.64	2,889	1,113
II	Noroeste	91,958.19	5,074	3,130	8,204	76,085.09	6,517	631
III	Pacífico Norte	113,660.12	22,364	3,263	25,627	79,972.22	9,674	15,251
IV	Balsas	114,834.86	17,057	4,601	21,651	84,651.32	6,324	10,874
V	Pacífico Sur	91,851.62	30,800	1,994	32,794	53,649.91	991	31,450
VI	Río Bravo	165,446.72	6,857	5,167	12,024	139,374.3	7,690	2,834
VII	Cuencas Centrales del Norte	86,615.51	5,506	2,274	7,780	71,616.8	3,368	3,946
VIII	Lerma Santiago Pacífico	314,103.9	26,351	7,686	34,037	254,422.1	11,444	20,165
IX	Golfo Norte	115,835.51	24,227	1,274	25,500	82,063.78	3,631	20,817
X	Golfo Centro	162,717.91	91,606	3,849	95,455	61,103.87	2,873	90,588
XI	Frontera Sur	186,831.93	139,739	18,015	157,754	26,415.36	1,588	155,625
XII	Península de Yucatán	167,948.46	4,329	25,316	29,645	125,639.47	1,343	27,512
XIII	Aguas del Valle de México	10,030.47	1,174	1,834	3,008	6,379.44	2,240	-1,659

Fuente: Elaboración propia a partir de datos básicos de CONAGUA, 2008

Por otro lado, si bien las regiones VIII Lerma Santiago Pacífico y VI Río Bravo no se ubican entre los sitios con menor flujo de agua ambiental, si constituyen sitios con un fuerte riesgo a perder los caudales con los que cuenta actualmente, debido a dos razones principales: su gran población –20.63 y 10.7 millones de personas respectivamente-, a las cuales debe abastecer en primera instancia, y la fuerte demanda que tienen sobre el recurso para abastecer a otros lugares.

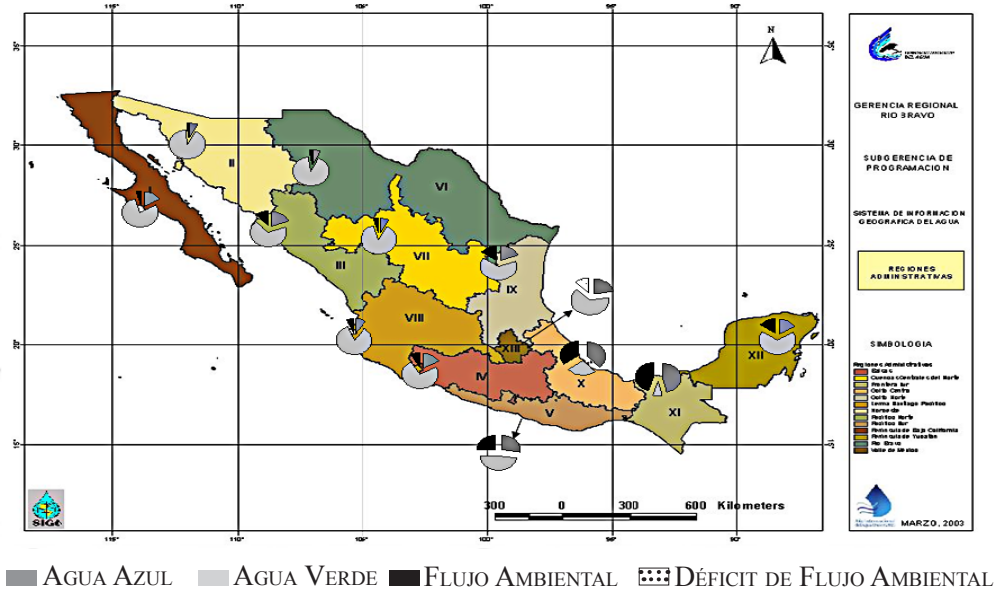


Figura 2. Distribución espacial del balance de agua azul, verde y flujo ambiental por región hidrológico-administrativa
Fuente: Elaboración propia a partir del mapa base de CONAGUA, 2008.

Bajo este escenario que se resume en la Figura 2, y desde la perspectiva ecosistémica, el reto de aumentar la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades de los usuarios del agua, incluidas las de los sistemas ecológicos, será lograr un balance entre el uso del agua verde y la azul. El incremento de usos consuntivos cuenca arriba, necesariamente dejará libre menos agua azul cuenca abajo. Luego entonces, habrá que voltear los ojos a la posibilidad de hacer un mejor uso del agua de lluvia para cultivar, sobre todo en el ámbito rural donde el problema de espacio no se vuelva una limitante para su almacenamiento. En el ámbito de la agricultura urbana, podría ser interesante explorar un enfoque de cultivo de vegetales, abastecida a partir de agua debidamente tratada, como ha sido probada con éxito en Botswana (UNDP, 1996). Así, el agua potable se destinaría sólo

a consumo humano, sin descuidar la producción de alimentos y los beneficios económicos de esta actividad.

La calidad del recurso. Se puede decir que la calidad del agua en México es aún poco conocida, pues no se hacen suficientes análisis en cada tipo de fuente de suministro. Si bien la CONAGUA reporta que en 83% de sus estaciones de monitoreo el agua superficial se puede calificar como de excelente a aceptable, es sabido que la DBO_5, DQO y los SST no son indicadores suficientes para valorar de manera integral la calidad del recurso (Jiménez *et al.*, 2004). Esto debido a la variedad de compuestos tóxicos orgánicos e inorgánicos que llegan a las aguas superficiales. De hecho, existen reportes de que se rebasa el límite máximo permitido para descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, establecido en la NOM-001-ECOL-1996 (SEMARNAT, 2006). También se afirma que las tres cuartas partes de los cuerpos de agua monitoreados son inadecuados para el uso recreativo con contacto primario.

Con respecto a los acuíferos de México, existe la opinión de que aún se conoce poco sobre su calidad del agua (Jiménez *et al.*, 2004) y que el número de acuíferos contaminados es indeterminado (Bohórquez, 2004). No obstante, existen reportes de que sólo 16.4% de los acuíferos tiene cierta degradación por causas naturales o antropogénicas (SEMARNAT, 2006).

Además de los efectos que estas condiciones de calidad del agua pueden ocasionar en la salud humana, los ecosistemas se han visto afectados en su integridad debido a la mala calidad de los flujos de retorno, los cuales superan la capacidad de filtración de los ecosistemas riparios (Jiménez *et al.*, 2004; SEMARNAT, 2006). De hecho, en México se trata sólo 38.3% (70.29 m^3/s) del volumen colectado, y el resto se vierte directamente en barrancas, grietas, lagos o mares, con lo que se alteran las propiedades fisicoquímicas y biológicas de estos últimos. De acuerdo con la CONAGUA (2008), el porcentaje de aguas residuales con este destino sufrió un incremento desde 1990 hasta 2000 -1990 (2.8%), 1995 (3.2%), 2000(3.3%)- y es hasta 2005 que se empieza a registrar una reducción (2.1%). Asimismo, si se analizan las capacidades potenciales de tratamiento y la capacidad ejercida por región hidrológica-administrativa, se observa que el porcentaje promedio de capacidad no ejercida en las regiones es de 25%. Esto, sin dejar de lado que las capacidades actuales de tratamiento no necesariamente son suficientes para el volumen de aguas residuales que se genera o que se colecta.

Otro aspecto importante es que no se tienen datos acerca de la contaminación producida por la agricultura, a pesar de que el uso de fertilizantes como el fósforo y el nitrógeno eutrofizan[3] los cuerpos de agua superficiales, además de que dis-

[3] La eutroficación o eutrofización (del griego eú, bien, y trophé, alimentación) es un proceso natural de envejecimiento de agua estancada o de corriente lenta con exceso de nutrientes y que acumula en el fondo materia vegetal en descomposición. Las plantas se apoderan del cuerpo de

minuyen su capacidad de dilución y purificación. El impacto de esto es amplio: se minan las funciones de hábitat del agua y, por lo tanto, de producción de alimento; se promueve el transporte de contaminantes que reduce la oportunidad de usar el agua y aumenta el riesgo de mortalidad o morbilidad al convertirse el agua en un vector de enfermedades, y se cancelan las funciones de información, pues los cuerpos de agua en cuestión dejan de ser atractivos para desarrollar actividades recreativas, educativas y culturales.

Por otro lado, la falta de separación de agua de lluvia de las aguas residuales es un factor no atendido que tiene fuerte impacto tanto en aspectos de tratamiento de agua como de disponibilidad de agua azul. En el primer caso, como el agua de lluvia se colecta junto con las aguas residuales, esto aumenta el volumen que llega a las plantas de tratamiento, lo cual lleva a superar fácilmente su capacidad. En el segundo, resulta un desperdicio de agua que podría ser utilizada ya sea para la recarga de acuíferos, para aumentar el volumen de cuerpos de agua, para usos agrícolas o incluso para algunos usos domésticos.

El uso y reuso del recurso. La agricultura representa 77% del uso de agua en México. Asimismo, 69% del agua extraída de los acuíferos se usa en el riego agrícola, aunque de manera ineficiente, ya que sufre carencias tecnológicas considerables y de infraestructura (SEMARNAT, 2006). Esto ha provocado que la eficiencia en el uso del agua sea solamente de 46%, al registrar fuertes pérdidas por infiltración al subsuelo y evaporación de la atmósfera (CONAGUA, 2008). Esto nos coloca en una situación en que si bien una parte de esta agua regresa a formar parte del ciclo hidrológico, la extracción se vuelve cada vez más cara y los acuíferos se ven cada vez más sobreexplotados, lo que causa un daño ambiental considerable y socava la actividad de los pequeños productores agrícolas.

Para el abastecimiento público, 64% de éste proviene del subsuelo y su distribución no está libre de pérdidas por fugas. De hecho, se estima que las fugas en la red de agua potable oscilan entre 30 y 50% (SEMARNAT, 2006; Carrillo y Constantino, 2009).

Por otro lado, el país todavía presenta un atraso importante en materia de reuso de agua. Referente a la cantidad, de acuerdo con las estadísticas del agua 2008, en el país se reutilizaron 4.72 km^3 de aguas residuales municipales. Destaca, en este reuso, la transferencia hacia cultivos agrícolas (2.76 km^3/año) y, en menor proporción, a la industria (0.24 km^3/año). El reuso de las aguas industriales se orienta fundamentalmente al cultivo de caña (1.35 km^3/año) y representa la mitad del volumen de aguas residuales destinadas a la agricultura.

---

agua hasta convertirlo en pantano y luego se seca. Los problemas se inician cuando el hombre contamina lagos y ríos con exceso de nutrientes que generan la aceleración del proceso de eutroficación, que ocasiona el crecimiento acelerado de algas, la muerte de peces y demás flora y fauna acuática.

A partir de estos datos, es claro que se requiere un incremento en la inversión para aumentar el tratamiento de aguas residuales, para prevenir fugas y para mejorar cobertura de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, hay que alertar que esto no es suficiente para transitar hacia un manejo sustentable del agua en México. Entre otras cosas, se requiere de un manejo integral del recurso que considere las necesidades del ecosistema para reproducirse.

La perspectiva social y económica

El panorama que se presenta del agua como recurso y servicio ecológico es esencial para conocer la línea base sobre la cual negociar los distintos usos y las mayores demandas: dónde se debe impulsar un uso eficiente, dónde se dan los mayores problemas de disponibilidad y de contaminación de acuíferos, dónde los cambios de uso de suelo están alterando los microclimas, la biodiversidad, la protección del suelo, etcétera Y por ende, para conocer la posibilidad de conflictos ante la escasez y competencia por estos bienes y servicios. Ante esta perspectiva, la pregunta es ¿en qué medida en México se han construido los espacios donde los distintos grupos de usuarios del agua discutan los problemas, negocien sus aspiraciones, demandas y expectativas si toman en cuenta que no son los únicos usuarios del agua, sino que existen otros, como los ríos, lagos, humedales, vida silvestre, bosques que por justicia ecológica también requieren de agua en suficiente cantidad y calidad?

Para analizar estas interrogantes, es necesario indagar primero si las posibilidades de negociación encuentran eco desde el punto de vista normativo. A nivel internacional, la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en su versión de 1992, ha sido reconocida por introducir reformas que consideran las necesidades de los ecosistemas, ya que faculta al gobierno federal para declarar como zonas de desastre, cuencas o regiones hidrológicas que representen o puedan representar riesgos irreversibles a un ecosistema (Falkenmark *et al.*, 2007). En la versión más reciente, de 2004, la LAN, en sus artículos 14 bis y 15, establece que la política hídrica nacional se debe sustentar en la gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrológica y el reconocimiento de la interrelación entre los recursos hídricos con el aire, el suelo, flora, fauna, otros recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas que son vitales para la misma. A este nivel, se estipula que el desarrollo económico y social debe reconocer el carácter finito del recurso agua, el uso ecológico, además del social y económico, así como su interrelación con los otros recursos que se encuentran en la cuenca. En esta misma línea, el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 (CONAGUA, 2008) establece objetivos tendientes a promover el uso eficiente, la participación de los usuarios y sociedad organizada, así como el manejo integrado y sustentable de las cuencas.

Sin embargo, en la práctica estos objetivos tienen menor prioridad en cuanto a distribución presupuestal se refiere. El presupuesto de la CONAGUA para 2008 asignó 65% para agua potable, alcantarillado y saneamiento, mientras que 20% fue para infraestructura hidroagrícola y 15% para administración y preservación (CONAGUA, 2008). En el 2009, esta tendencia en general se mantuvo, aunque hubo una disminución en la inversión para agua potable, alcantarillado y saneamiento, a favor de la administración y preservación. Quedó de la siguiente manera: 53%, 23% y 21%, respectivamente. Este sesgo hacia el desarrollo del agua puede explicarse, en parte, por los compromisos internacionales que México ha contraído para el cumplimiento de las Metas de Desarrollo del Milenio. Metas que si bien no son negociables desde el punto de vista de los derechos de los humanos por el acceso a agua limpia y al saneamiento, tienen impactos negativos en los ecosistemas de agua dulce, porque representan una mayor competencia al uso ecológico, una mayor contaminación y mayor fragmentación en los cuerpos de agua. El hecho de que México se jacte de ser un país con una amplia trayectoria en el desarrollo de infraestructura hidráulica representaría otro aspecto más que hay que considerar en la evaluación de las vías hacia el manejo con perspectiva de ecosistemas. De acuerdo con Falkenmark (2003), esta "ceguera" técnica ha orientado el manejo en términos de controlar y gobernar su uso directo y los flujos relacionados con sus desechos. Seguir en esta vía resulta insostenible, no sólo por los costos ambientales que trae consigo la construcción de infraestructura y el mayor uso del agua, sino por los costos económicos que implica desarrollar una nueva fuente de agua. De acuerdo con Serageldin (1995), los costos por desarrollar cada metro cúbico de agua se doblarán cada 10 a 15 años. De ahí que se requiera un enfoque social al problema físico de lograr el manejo sustentable del agua. Este enfoque pretende reducir el uso mediante la innovación, conservación, redistribución y cambios en los patrones de uso y reuso, y dejar más agua *in situ*. Dado que la naturaleza de este enfoque radica en la decisión, porque la conservación no ocurre de manera espontánea, se requiere explorar las motivaciones y deseos de por qué los humanos estarían dispuestos a adoptar formas de consumo más sustentable.

Esta vía se está implementando en México a través de la descentralización de funciones y responsabilidades a los estados y municipios. Los estados crearon Comisiones de Agua para apoyar las funciones de suministro que hace la CNA. Aunque estas comisiones incluyen en su legislación la protección de los ecosistemas y la obligación de incluir las motivaciones de los diversos grupos de interés en estas decisiones, en la práctica este propósito ha quedado truncado. En Veracruz, la Ley 21 de Aguas fue innovadora en su propósito de trascender el plano normativo, al crear dos instancias para el manejo integral del agua, una en el plano normativo y otra en el plano operativo. En el primero estable-

ce la creación de zonas reglamentadas, de veda y reservas, para mantener flujos mínimos requeridos para la estabilidad de los cauces, lagos y lagunas y para el mantenimiento de especies acuáticas, así como para la protección, conservación y restauración de ecosistemas acuáticos. Para ello, otorga facultades al Consejo del Sistema Veracruzano del Agua para que incluya estas disposiciones en la programación hidráulica estatal y eventualmente en los programas municipales. Desafortunadamente, este Consejo dejó de funcionar por razones inexplicables. En los municipios, esta transferencia ha permitido la participación de compañías privadas en los servicios de suministro (Martínez-Lagunes y Rodríguez-Tirado, 1998). En las áreas rurales, esta política promovió la formación de asociaciones de usuarios dentro de los 78 distritos de irrigación que existieron en el país. Para diciembre de 2007, se había transferido 99% del área bajo riego a los usuarios. De igual forma, de los 22 Distritos de Temporal Tecnificado, sólo tres no se habían transferido. Si bien la CONAGUA esperaba que estas asociaciones operaran como empresas autónomas y autofinanciables (Castro, 1995), las que operaban con éxito para 1995 eran las que se localizan en las regiones norte y noreste del país, dada su vinculación con el sector de la maquiladora y, por ende, a las fuentes financieras y de mercado de los Estados Unidos (Castro, 1995). En una evaluación más reciente, Palacios y Espinosa (2000) reconocen que aunque el proceso de transferencia a los usuarios en general ha sido positivo, los problemas más serios se presentan en los módulos y distritos de riego más pequeños y con menos recursos económicos.

Los Consejos de Cuenca fue otra estrategia promovida por la CONAGUA para fomentar la descentralización y la participación de usuarios en la toma de decisiones. Es importante señalar que, si bien está estipulada la representatividad del uso ecológico a través de la voz de los vocales usuarios y de la sociedad, no hay una asignación ex profeso sobre quién debe representarlo. En el discurso se esperaría que lo hicieran los representantes de la academia que tienen voz y voto en el consejo. Entre 1993 y 2000 se crearon 25 consejos de cuenca, 17 comisiones a nivel de subcuenca, 22 comités a nivel de microcuenca y 76 comités técnicos de agua subterránea (acuíferos) (CONAGUA, 2008). Si bien este número parece alto, en realidad no lo es, si se consideran los datos de la misma Comisión en cuanto a que existen 688 cuencas y 653 acuíferos y que no existe información sobre el número de subcuencas y microcuencas.

Aunque este mecanismo de participación pública ha recibido amplio apoyo político, diversos autores consideran que su proliferación se da sin una evaluación seria de que realmente funcionen (Riebsame, 1996; Perkins, 1995; Griffin, 1999). De acuerdo con Easter y Hearne (1995), el aspecto clave para el funcionamiento de estos consejos es si los gobiernos están dispuestos a ceder control en las transacciones del agua y sólo enfocarse en responsabilidades como la resolución

de conflictos, la regulación y el mejoramiento en la calidad del agua. Si bien esta cesión va acorde a la proclamada descentralización de funciones, la experiencia internacional, de países como Canadá, indica que esta descentralización es exitosa en la medida que la base intelectual que tome las decisiones esté informada y cuente con las capacidades técnicas necesarias para abordar la complejidad y la incertidumbre que plantean recursos como el agua y sus ecosistemas. En Canadá, la Grand River Conservation Authority, del sur de Ontario, Canadá, es una organización local con más de 75 años de experiencia en el manejo de cuencas como la del Grand River, y cuyo éxito ha radicado en que, a partir de un plan de manejo de la cuenca, ha logrado la cooperación entre los distintos grupos de interés en ir escalando en la solución de los problemas y en la participación de grupos de voluntarios (Veale, 2003).

Sin duda alguna, las negociaciones y concesiones que se logren acordar en estos espacios de discusión tienen poca probabilidad de ser aceptados socialmente, si no se logran definir la distribución de costos y beneficios y la posible compensación. A la fecha, los programas de pago por servicios hidrológicos son los más reconocidos por el propósito de distribuir estos costos y beneficios, así como de compensar a los dueños de las tierras por mantener bosques para la protección de cuenca y la recarga de acuíferos. Entre 2003 y 2006, se distribuyó el equivalente a 110 millones de dólares americanos entre propietarios de tierras –tanto comunidades como propietarios privados– que en conjunto representaron aproximadamente 500,000 ha (Muñoz-Piña *et al.*, 2006). Los servicios hidrológicos y forestales tienen gran potencial en México, sobre todo por el alto valor que se les ha estimado y porque servicios como la madera, que es el principal recurso del bosque, ha perdido competitividad internacional y nacional. En una valoración de los servicios del bosque (Abger *et al.*, 1995) le asignan 4 billones de pesos al año. La FAO (2009) pronostica que el tema de los servicios ambientales del bosque, continuará ganando importancia, en gran medida por el interés público hacia ellos. Incluso, que muchas iniciativas serán impulsadas por organizaciones de la sociedad civil, por el potencial de movilizar un amplio apoyo público.

El balance entre la situación actual del agua y las acciones para favorecer las capacidades integradoras del recurso.

Desde el punto de vista de la disponibilidad de agua, existen algunos indicios de que el problema se está tratando de resolver en forma sinérgica, ya que, bajo la noción de la sustentabilidad ambiental, se aborda la recuperación de la superficie forestal como parte de la solución del problema. De acuerdo con la SEMARNAT, de las 401,000 ha reforestadas en 2007, 373,000 son para fines de conservación, lo cual promueve la regulación hidrológica dentro de las cuencas que impacta

positivamente en las reservas de agua subterránea. Sin embargo, habrá que decir que el alcance de esta aseveración aún es modesto, ya que la recuperación neta de superficie forestal es de apenas 60,000 ha, lo cual es poco todavía si consideramos que la deforestación es la principal fuerza conductora de la escasez de agua en el país (SEMARNAT, 2006).

En este mismo contexto, se observa un avance en la conservación de áreas con un uso actual de suelo forestal, y en la transformación de suelos agrícolas a superficie forestal como producto del fomento de la actividad forestal comercial, predios bajo proyecto ecológico, o del pago por servicios ambientales. Es así que se han recuperado 278,000 ha para producción maderera y se han incorporado alrededor de 1'000,000 de ha al programa de pago por servicios ambientales hidrológicos. Esto es positivo en términos de poder desacelerar el avance de la frontera agrícola, que es la principal actividad económica que compite con el bosque y su capacidad para captar agua. No obstante, para que este esfuerzo tenga el efecto deseado, es necesario concentrarse en el mejoramiento de la productividad del agua en este sector. A pesar de estos avances (Tabla 4), no se ha contemplado la posibilidad de no ampliar la frontera agrícola, aunque se presuman criterios de disponibilidad de agua y previo ordenamiento territorial para extenderla (CONAGUA, 2008a). Nadie duda que la suficiencia alimentaria sea clave para el país, pero desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental, el reto es producir más alimento con menos agua en el mismo suelo y no abrir nuevas áreas para sembrar (Lundqvist y Steen, 1999).

Tabla 4. Mejoramiento de la infraestructura hidroagrícola

	Hectáreas modernizadas	**Hectáreas incorporadas al temporal tecnificado**	**Superficie rehabilitada de temporal tecnificado (hectáreas)**
Avance 2007	184,997	1,650	62,600

Fuente: CONAGUA, 2008.

Por otro lado, ahora se cuenta con más información sobre la disponibilidad de agua en los acuíferos y cuencas, pues existen publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) datos de 282 acuíferos y 688 cuencas. Esto, en teoría, permitirá mejorar la toma de decisiones en cuanto a los volúmenes de explotación de los acuíferos para no superar los límites naturales de disponibilidad. También permitirá tener más elementos para normar los usos del agua, en cuanto a volumen destinado, en función de la disponibilidad real por cuenca. Sin embargo, para que esto tenga el impacto adecuado en el manejo integral del agua, será

necesario incorporar en el balance de agua que se haga por cuenca las necesidades del ecosistema para reproducirse. Si no se considera a los ecosistemas como un usuario más del agua, se estará poniendo en riesgo la misma disponibilidad del recurso. También habrá que monitorear periódicamente la disponibilidad de agua azul por cuenca, con el fin de adaptar las decisiones sobre el uso del recurso a las condiciones cambiantes de las fuentes de agua debido a las variaciones climáticas.

Se está caminando también en la atención al problema de la contaminación del agua a través de la iniciativa de Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales, pues como se puede observar en la Declaratoria de clasificación del Río Coatzacoalcos, la evaluación de la calidad del agua incorpora ya parámetros relacionados con contaminantes tóxicos, tales como los metales pesados y compuestos orgánicos que no se medían regularmente (DOF, 2008; Mazari, *et al.*, 2007). Con base en estos mismos parámetros, se establece también la capacidad de asimilación y dilución de estos cuerpos de agua, así como los límites máximos de descarga. Esto abre la oportunidad de valorar la calidad de agua de manera más completa y apegada a la realidad, y de conocer el estado de los ecosistemas ríos. Sin embargo, para tratar de revertir algunos de los daños causados a su integridad, hace falta aún conocer cuál es la cantidad de agua que necesitan para asegurar su funcionamiento ecológico (Postel y Richter, 2003; Postel, 2000). Es aquí donde cobra importancia el concepto de caudal ecológico como guía para complementar la clasificación de los cuerpos de agua superficiales, si se pretende que sigan sustentando poblaciones bióticas viables y proporcionando el nivel adecuado de los bienes y servicios ambientales que la sociedad espera de ellos (Jiménez et al., 2005). Es imperativo que, aunado al conocimiento del caudal ecológico, se asegure y provea ese caudal a los sistemas riparios, tal como se dio en el decreto del Distrito de Riego 111, Río Presidio en Sinaloa, donde se asignaron 13 Mm^3 para uso ambiental (WWF et al., 2008). Sobre todo si se considera que 37% del territorio está severamente afectado en su caudal ecológico y que 50% del país presenta circunstancias adversas en cuanto a la condición ecológica de los sistemas fluviales (Garrido et al., s/f).

El paso hacia adelante mencionado en el párrafo anterior no debe hacer que se baje la guardia, ya que uno de los problemas más grandes que sigue enfrentando México es la contaminación bacteriológica de los cuerpos de agua, asociado principalmente al escaso tratamiento de las aguas residuales, por lo que es imprescindible continuar con la política de mejorar y extender la infraestructura necesaria para este fin. Sin embargo, en los siguientes esfuerzos por mejorar la cobertura, habrá que contemplar la opción de recurrir a tecnologías alternativas en comunidades dispersas y aisladas, para contender con la escasez de recursos financieros y las dificultades técnicas. Asimismo, habrá que tener en mente que, tanto desde la

perspectiva de la calidad como de la disponibilidad, es estratégico separar el agua de lluvia del agua residual.

Lo anterior da pie a señalar que, en términos generales, la productividad del agua es un problema todavía poco atendido, pues sólo 43.62% del agua residual es reutilizada, dejando de lado 137 m^3/s con distinto potencial de uso si se tratara adecuadamente. Los avances en este rubro se han orientado por el momento hacia la creación de normas, ya sea para establecer los requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada (NOM-014-CONAGUA-2007), o para la infiltración artificial de agua pluvial a los acuíferos (NOM-015-CONAGUA-2007). Falta ahora que la CONAGUA se concentre en llevar a cabo obras para desalojar las aguas pluviales para su disposición y así contribuir de facto a la recuperación de los acuíferos y proteger la calidad del agua subterránea, además de vigilar el cumplimiento cabal de estas normas por parte de todos aquellos que ejecuten obras o actividades para la infiltración.

Es imperativo seguir insistiendo en la alternativa de tratar el agua y reutilizarla con el fin de hacer más con el agua ya extraída en vez de buscar nuevas fuentes Chávez y Chávez, 2009). Por ejemplo, hay estudios serios que favorecen esta opción para el abastecimiento del D.F. (Jiménez *et al.*, 2004) la cual, de llevarse a cabo, disminuiría la presión sobre el recurso a nivel nacional; disminuiría considerablemente la extracción de agua a nivel local; disminuiría los gastos para hacerla disponible, y resolvería problemas de regulación hidrológica de la fuente de donde proviene.

A propósito de las aguas residuales municipales, tal vez se podría ir mejorando en su tratamiento con la inversión de los montos del Programa de Devolución del Pago de Derechos, de manera incremental, en un proceso primario, secundario y terciario. De este modo se podría prevenir un sobregiro de las finanzas locales, o bien, la reticencia a atender el problema por los montos de la inversión requerida para un proceso de mayor envergadura cuando no se está preparado para ello.

En el caso de las industrias, es necesario asegurar que el uso actual y futuro del agua vaya acompañado de procesos de disposición que no impidan las funciones naturales de los cuerpos de agua. Estamos hablando de crear mecanismos para impulsar el concepto de industria limpia, por encima del principio del que contamina paga.

Por otro lado, aun cuando existe información disponible sobre la cantidad potencial de agua que pueda existir en una región, ésta es limitada para los fines de manejo sustentable del recurso. Por ello es necesario contar con información que permita planear con una buena precisión el uso de este recurso. Este fin se lograría mediante la implementación de un balance hídrico en el que sólo se utilicen la entrada y la salida principal de agua de un sistema. De esta forma, al

tomar solamente en cuenta la precipitación pluvial (entrada principal) y la evapotranspiración (salida principal e irrecuperable), se puede tener una idea bastante aproximada de la cantidad potencial de agua en el sistema y, con ello, proponer estrategias de explotación sustentable de este recurso tan importante hoy en día. Estos resultados contribuyen a articular lineamientos y estrategias para realizar un uso sustentable del recurso hídrico en la región de que se trate.

Conclusiones

Está claro que, nos guste o no, los humanos somos parte de la naturaleza, que dependemos de los ecosistemas para satisfacer nuestras necesidades de vida, y que estamos conectados a su herencia evolutiva. También que la disponibilidad de agua es un factor clave de la resiliencia[4] de los sistemas naturales. Éstas son las razones por las cuales los ecosistemas merecen ser considerados en la toma de decisiones sobre la provisión de agua como un usuario más, con necesidades propias. Afortunadamente, esta idea empieza a permear en el ámbito de la política hidráulica en México, pues ya aparece en el discurso y en las agendas de trabajo, tal como puede verse en el PND 2007-2012 y en el PNH 2007-2012.

Por el momento, la ruta que domina el abordaje de este tema es el de la reforma institucional pues, como se puede constatar tanto en los planes nacionales actuales de desarrollo e hidráulico como en los informes de la gestión ambiental, la atención se centra en reglamentar las descargas y en normar la recarga de acuíferos y el caudal ecológico. También importa la consolidación de un sistema integral de medición de los componentes del ciclo hidrológico en las distintas cuencas, así como la caracterización del estado de algunos cuerpos de agua superficiales. Todas ellas son acciones con utilidad potencial para favorecer la capacidad integradora del recurso. Sin embargo, todavía no hay evidencias de cómo esta información está siendo incorporada de facto en la toma de decisiones de la CONAGUA sobre la explotación, destino y conservación del recurso desde una perspectiva de manejo de ecosistemas. Es así que la información disponible sugiere que el paradigma de manejo de la oferta sigue caracterizando la gestión actual del agua. Si tratamos de verlo desde una perspectiva optimista, podría decirse que estamos en una especie de fase preparatoria en la que se están sentando las bases para incorporar el manejo de la demanda en el paradigma integral del manejo de este recurso. El incremento en el presupuesto de 2009 de la CONAGUA, en el rubro de preservación, en comparación con el del año anterior, da elementos para esta transición.

[4] La resiliencia, en cambio, se refiere a la capacidad que tiene el ecosistema para regresar lo más posible a su estado previo a la perturbación.

En este contexto quedan aspectos que sería deseable que se abordaran en los próximos tres años: los retos son producir más comida con menos agua e influir en la modificación de los patrones de consumo del recurso. En el primer caso, el reto sólo se puede alcanzar si el agua que se destina para la agricultura se usa de manera más eficiente y productiva. Habrá que trabajar entonces no sólo en la mejora de la tecnología de riego, sino también en la reducción de la evaporación improductiva y en el aumento de la transpiración productiva. Esto implica varias cosas: crear las condiciones necesarias y suficientes para promover los cultivos menos demandantes de agua; invertir en tecnologías adecuadas para la cosecha y conservación del agua pluvial en el contexto rural; conseguir que la irrigación se haga con aguas residuales tratadas, y lograr que los responsables de la agricultura irrigada estén preparados para contribuir más a cubrir los costos de la provisión de agua.

En el segundo caso, el reto consiste en lograr que los usuarios reduzcan su consumo de agua, la reciclen y la reutilicen. La cultura del ahorro del agua y del pago del servicio seguirán siendo piedras angulares para cumplir este propósito.

Será importante también seguir favoreciendo la recuperación de cobertura forestal en las zonas de recarga, pero donde la selección de especies no impacte la calidad del agua. Estudios recientes indican que la aforestación con coníferas puede incrementar el PH del suelo y con ello afectar la biota acuática vía escurrimientos superficiales. Otras medidas que hay que tomar son limitar el uso consuntivo de agua azul cuenca arriba; evitar a toda costa la invasión de las zonas inundables de los cauces, y vigilar estrictamente el cumplimiento de las normas oficiales sobre descarga de aguas residuales y de recarga de acuíferos. Todas estas propuestas deben ser parte de la agenda de discusión de los consejos de cuenca, pero no a manera de listado, sino como producto del diagnóstico de la problemática particular de cada cuenca. La base intelectual tiene aún un asunto pendiente, que es el de estimar los flujos ambientales que se deben asegurar, no como promedio anual, sino de acuerdo con las necesidades estacionales de los ecosistemas acuáticos. A la fecha, Sudáfrica es el único país donde el uso ecológico es un derecho. Esperemos que México siga pronto este ejemplo.

Referencias

Abdger, W. N., K. Brown, R. Cervigni y D. Moran (1995). Total economic value of forest in Mexico. Ambio 24(5), 286-296.

Aboites, L., E. Cifuentes, B. Jiménez y M. L. Torregrosa. *Pendientes Nacionales del Agua (Agenda)*. Academia Mexicana de Ciencias, México. D.F.

Alcántara-Ayala, I. (2004). Flowing mountains in Mexico. Mountain Research and Development, Vol. 24, No. 1, Feb., pp. 10-13.

Arriaga, L. y L. Gómez (2004). Posible efecto del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad en México. En Martínez, J., Fernández Bremauntz, A. (comp.), Cambio Climático: una Visión desde México, pp. 255-265. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México, D.F.

Barradas, V. L. (1983). Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en *Pinus montezumae* Lambert de la Región de las Grandes Montañas del estado de Veracruz. Biótica 8: 427-431.

——, V. L. (2000). La importancia de la niebla como fuente natural y artificial de agua en la Región de las Grandes Montañas del estado de Veracruz. Foresta Veracruzana 2: 43-48.

——, V. L., J. Cervantes-Pérez, R. Ramos-Palacios, C. Puchet-Anyul, P. Vázquez-Rodríguez y R. Granados-Ramírez. Meso-scale climate change in the central mountain region of Veracruz State, Mexico. En Bruijnzeel LA *et al.* (eds.), *Mountains in the Mist: Science for Conserving and Managing Tropical Montane Cloud Forests,* Cambridge University Press, Cambridge. (Aceptado).

Bergkamp, G. y B. Orlando (1999). Los humedales y el cambio climático: examen de la colaboración entre la Convención de los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) y la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. IUCN. The World Conservation Union. http://www.ramsar.org

Brandes, O. M., K. Ferguson, M. M'Gonigle y C. Sladborn (2005). At a watershed: ecological governance and sustainable water management in Canada. Polis Project on Ecological Governance, University of Victoria, Canada.

Carrillo, G. G. y T. R. Constantino (2009). El manejo del Recurso Hídrico, ¿escasez o un modelo de gestión inadecuado en México? En Montero, C. D. *et al.* (coord.), *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua: Nuevos retos del agua en el Valle de México,* pp. 126-135. Serie Las Ciencias Sociales Tercera Década. Miguel Ángel Porrúa-UAM, México.

Castro, J. E. (1995). Decentralization and modernization in Mexico: the management of water services, Natural Resources Journal 35: 461-487.

Cereceda, P., R. S. Schemenauer y M. Suit (1992). An alternative water supply for Chilean coastal desert villages. Water Resources Development 8: 53-59.

CONAGUA (2008). *Estadísticas del agua en México*. SEMARNAT-CONAGUA. México.

—— (2008ª). *Plan Nacional Hidráulico 2007-2012*. SEMARNAT. México.

Chávez, C., M. M. y J. M. Chávez C. (2009). El enfoque de estudios integrales en la planeación del uso de la conservación del agua. En Montero, C. D. *et al.* (coord.), *Innovación tecnológica, cultura y gestión del agua: Nuevos retos del agua en el Valle de México,* pp. 219-230. Serie Las Ciencias Sociales Tercera Década. Miguel Ángel Porrúa-UAM, México.

DOF (Diario Oficial de la Federación, 2008). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Declaratoria de clasificación del Río Coatzacoalcos, sus afluentes (Río Calzadas, Arroyo Gopalapa y Arroyo Teapa) y la Laguna Pajaritos. 6 de febrero de 2008, p. 14.

Easter, K. W. y R. Hearne (1995). Water markets and decentralized water resources management: international problems and opportunities, Water Resources Bulletin 31(1): 9-20.

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). La evaluación de los ecosistemas del milenio. Cap. 7: Freshwater. ONU, pp.165-207.

Falkenmark, M. (2003). Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. Phil. Trans. R. Soc. Land. B, 358: 2037-2040.

——, M., C. M. Finlayson y L. J. Gordon (2007). Agriculture, water, and ecosystems: avoiding the costs of going too far. In, D. Molden (Ed.), Water for food water for life. IWMI, Earthscan. Cap. 6, pp. 233-277.

——, M. (2009) Food and Environmental Sustainability. The water perspective. Documento de trabajo: *Sustainable Development and Innovation. Water, ecohidrology and energy*. Stockholm International Water Institute (SIWI) www.siwi.org/documents/Projetcs_docu/Malin_Lausanne_March_09.ppt (Consultado el 20 de mayo de 2009).

FAO (2009). State of the world's forests 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

Garrido, A., M. L. Cuevas, H. Cotler, C. Enríquez y A. Díaz (s/f). Estimación de la afectación potencial al caudal ecológico y la condición ambiental de los ríos de México: un modelo de análisis geográfico. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México, p. 3.

Griffin, C. B. (1999). Watershed councils: an emerging form of public participation in natural resource management, Journal of the American Water Resources Association 35(3): 505-518.

Hurni, H. (1997). Concepts of sustainable land management. *ITC Journal 1997-3/4, special congress issue: Geo-information for sustainable land management (SLM): 210-215.*

Jiménez, C. B. E., G. CH. Siebe y G. E. Cifuentes (2004). El reuso intencional y no intencional del agua en el Valle de Tula 33. En Jiménez, B., Marín, L. (eds.), *El Agua en México vista desde la Academia.* Academia Mexicana de Ciencias. México, p. 33-56.

Jiménez, J. A., J. Cavo, F. Pizarro y E. González (2005). Conceptualización de caudal ambiental en Costa Rica: Determinación inicial para el Río Tempisque. UICN. Costa Rica, p. 40.

Liniger, H. P., R. Weingartner y M. Grosjean (1998). Mountains of the World: Water Towers for the 21st Century-A Contribution to Global Freshwater Management. Bern: Mountain Agenda.

Lundviqvist , J. y E. Steen (1999). The Contribution of blue water and green water to the multifunctional character of agriculture and land. Documento de trabajo, *FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land Background* Paper 6: Water. FAO. Holanda.

Martínez-Lagunes, R. y J. Rodríguez-Tirado (1998). Water policies in Mexico, Water Policy 1: 103-114.

Mazari, H. M. y M. R. Bellon (1995). Sustentabilidad del Desarrollo Urbano: Agua. En Aguilar, A. G., Castro, L. J., Castro y Juárez, E. (eds.), *El Desarrollo Urbano de México a Fines del Siglo XX.* INSEUR-NL y Sociedad Mexicana de Demografía. México, pp. 165-178.

Mendoza, V. M., E. E. Villanueva y J. Adem (1997). Vulnerability of basins and watersheds in Mexico to global climate change. Climate Research 9: 139-145.

Moss, J., G. Wolf, G. Gladden y E. Gutiérrez (2003). Valuing water for better governance. Business and Industry CEO Panel (Electronic version). Recuperada de 222.pacinst.rog/reports/valuing_water/

Muñoz Piña, C., A. Guevara, J. M. Torres y J. Braña (2006). Paying for the hydrological services of Mexico's forests. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Palacios Vélez, E. y E. Espinoza de León (2000). Breve Evaluación del Proceso de la Transferencia de Distritos de Riego en México. Congreso Internacional de Transferencia de Sistemas de Riego. 2 al 9 de abril, Mazatlán, Sinaloa, México.

Perkins, D. D. (1995). Speaking truth to power: Empowerment ideology as social intervention and policy, American Journal of Community Psychology 23(5): 765-794.

Postel, S. L., G. C. Daily y P. R. Ehrlich (1996). Human appropriation of renewable fresh water. Science, New Series, Vol. 271, No. 5250 (Feb. 9, 1996), pp. 785-788.

——, S. y B. Richter (2003). *Rivers for life. Managing water for people and nature.* Island Press. EE.UU., p. 253.

——, S. (2000). Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. *Ecological applications* 10 (4): 941-948.

Rzedowski, J. (1991). El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Botánica Mexicana 15: 47-64.

——, J. (1993). Diversity and origins of the Phanerogamic Flora of Mexico. En Ramamoorthy, T. P., A. Lot y J. Fa (eds.), Biological diversity of Mexico. Origins and distribution. Oxford University Press. New York.

Riebsame, W. E. (1996). Ending the range wars? Environment 38 (4): 4-12.

Sarukhan, J. y R. Dirzo (2001). Biodiversity-Rich countries. En Levin, S. A. (ed.), Encyclopedia of Biodiversity. Academic Press. San Diego.

SEMARNAT (2006). *La Gestión Ambiental en México*. SEMARNAT. México. Disco compacto.

Serageldin, I. (1995). Water resources management: a new policy for a sustainable future, Water International 20: 15-21.

UN (2003). *World Water Assesment Programme, Water for People Water for Life, The United Nations World Water Development Report*, UNESCO y Berghahn Books, Barcelona.

UNDP (1996). Urban Agriculture. Food, Jobs and Sustainable Cities. UNDP Publication Series for HABITAT II, Vol 1.

Veale, B. (2003). A review of watershed planning and management: best practices, legal tools and next steps. Grand River Conservation Authority/ Conservation Ontario, Stewardship & Conservation in Canada.

Villers, L. y Trejo, I. (1998). El impacto del cambio climático en los bosques y áreas protegidas de México. Interciencia 23: 10-19.

——, L. e I. Trejo (2004). Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. En Martínez J. y A. Fernández Bremauntz (comp.), Cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT. México, D.F.

World Water Council (2000). Final report: Second world water forum and ministerial conference, Water Management Unit, Ministry of Foreign Affairs, The Netherlands, The Hague.

WWF (2008). Asignación de agua para el ambiente, un positivo paso adelante. Incluyen caudal ecológico en el decreto del Distrito de Riego 111. Boletín de prensa, 26 de mayo de 2008.

10. Calidad

Blanca Jiménez Cisneros*
Juan Carlos Durán Álvarez*
Juan Manuel Méndez Contreras**

Resumen

Este trabajo analiza información histórica sobre la calidad del agua en el país y explora los principales problemas que causa la contaminación provocada tanto por descargas puntuales como no puntuales de aguas residuales municipales e industriales. Además, describe la forma en la cual se potabiliza el agua para consumo humano y la efectividad de este proceso en el país. De lo anterior se concluye que la información proporcionada por los gobiernos federal, estatal y municipal es insuficiente e incluso, en muchos de los casos, inapropiada para tomar decisiones. Como un primer paso para solucionar esta situación se propone un manejo responsable, crítico y dinámico de la información, tanto por parte de la sociedad como por parte de los responsables del agua, con el fin de poner en marcha un plan integral y sustentable para la preservación y mejoramiento de la calidad del agua en el país. Una necesidad importante es la validación social de los datos.

Palabras clave:

Acuíferos, agua superficial, agua potable, agua residual, contaminación, información, normatividad, tratamiento.

* Instituto de Ingeniería, UNAM
** Tecnológico de Orizaba

1 Introducción

Durante los últimos años, el tema de la calidad del agua en México ha ido ganando terreno en los espacios de discusión pública. En buena medida, ello se debe, por un lado, a la creciente escasez del recurso y, por otro, a la desconfianza que los usuarios tienen en el servicio de agua potable, lo que se refleja en el hecho de que gastan más en el consumo de agua embotellada que en pagar el servicio proporcionado por el gobierno. Lo anterior hace que el agua para consumo humano tenga un alto valor ambiental, social y político, aunque ello no se refleje en los presupuestos federales, municipales y estatales ni tampoco en el interés de la población por pagar al estado un servicio que presta de manera parcial.

El presente escrito contiene un análisis sobre la calidad del agua en México, principalmente a partir de datos oficiales publicados en la última década y algunos desde 1985. El objetivo es entender cómo ha evolucionado la calidad del agua y definir cuáles son los principales problemas de contaminación, sus orígenes y la efectividad de las políticas públicas aplicadas para solucionarlos.

1.2 Cómo se mide la calidad del agua

La mayoría de la población entiende lo que es un agua de mala calidad; sin embargo, pocos conocen la dificultad que implica medirla en la práctica por varias razones. Una razón es que el concepto de calidad del agua es un término abstracto (Jiménez, 2001) que sólo se puede medir si se define un uso y se asocian a éste parámetros y valores. En cuanto a cómo y quién define dichos parámetros y valores, existe una buena dosis de subjetividad que rara vez está sustentada en estudios que partan de la realidad nacional. Una segunda razón es la dificultad que existe para seleccionar un número adecuado de parámetros que sean, por una parte, relevantes para una situación específica y, por otra, fáciles de medir desde un punto de vista técnico, económico e institucional. Otra razón es que hay que encontrar la manera de conocer realmente qué parámetros afectan el uso del agua, dada la amplia variedad de compuestos contaminantes que existen.[1] Una cuarta y última razón radica en que, además de lo anterior, debe existir el suficiente y adecuado conocimiento científico, así como la experiencia, para definir los compuestos contaminantes y los valores en que pueden ser tolerables para cada uso del agua. Ante ello, en el país se han desarrollado diversos métodos para medir la calidad del agua; algunos han sido aplicados por el gobierno federal y otros por instituciones académicas. En términos de este documento, se analizará la calidad del agua desde tres perspectivas:

[1] Tan sólo de origen antropogénico se estima que son por lo menos unos 700,000 compuestos los que se pueden encontrar en el agua.

(a) La calidad del agua en cuerpos superficiales y subterráneos, la cual puede utilizarse como un indicador del grado de contaminación del país.

(b) La calidad del agua potable, por ser de interés nacional, dado su importancia para la salud y el bienestar de la sociedad.

(c) La cantidad de contaminantes descargados al ambiente y la afectación en la calidad de las fuentes de agua, que es donde se ve cómo las políticas gubernamentales actúan para el control del problema.

El lector podrá observar que en cada caso se usan diferentes parámetros para hablar de la calidad del agua, lo que pone de manifiesto la dificultad que existe para ligar las fuentes originarias de la contaminación con los problemas de calidad observados en sus diferentes usos. Estos problemas, de alguna forma, deberían ser solventados mediante el establecimiento de una política federal más congruente en este sentido.

1.3 Calidad de los cuerpos de agua

En México, los datos sobre la calidad del agua se obtienen a través de la Red Nacional de Monitoreo, la cual en 2008 constaba de 389 estaciones permanentes (207 localizadas en cuerpos de agua superficial, 52 en costas y 130 en acuíferos) y 285 móviles (241 localizadas en cuerpos de agua superficial, 19 en costas y 25 en acuíferos) (CONAGUA, 2008). La Figura 1 muestra la ubicación de los puntos de muestreo fijos, así como la localización de las ciudades con más de 300,000 habitantes y los principales destinos turísticos y zonas industriales del país. Esta figura pone de manifiesto una marcada centralización del seguimiento de la calidad del agua, que si bien aporta datos acerca de los efectos en las ciudades más pobladas y algunas zonas industrializadas, también conlleva a la falta de información en sitios alejados del centro, como algunos estados del norte y de las penínsulas de Baja California y Yucatán, al igual que en zonas económicamente marginadas como Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Por otro lado, es interesante constatar la importancia -y con ello la inversión- que el gobierno otorga al monitoreo de la calidad del agua en las playas.

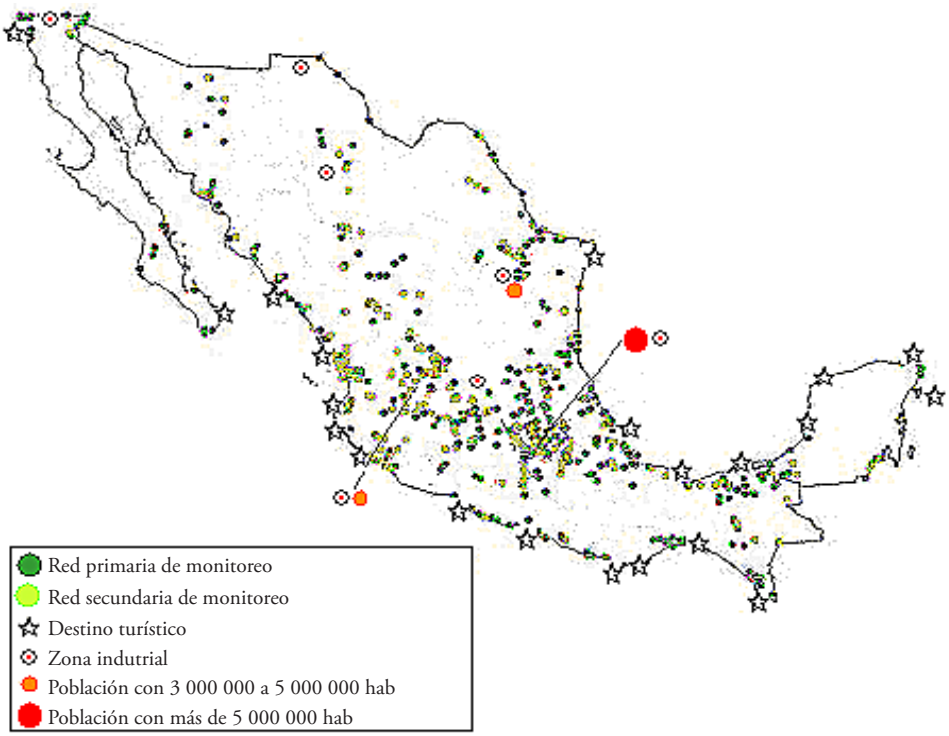


Figura 1. Sitios de muestreo de la Red Nacional de Monitoreo y ubicación de los principales destinos turísticos, centros poblacionales y zonas industriales (adaptado de CONAGUA, 2008)

Modificado de CONAGUA, 2008

En 2008, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) reportó la realización de 1,335 análisis (cerca de una medición por cada 100,000 personas, lo que parece ser muy bajo) para medir la calidad del agua en 50 ríos, 7 lagos, 14 presas y 52 zonas costeras. De ellos, las Estadísticas del Agua (2008) reportan datos únicamente en función del contenido de materia orgánica (DQO y DBO_5) y de sólidos suspendidos totales.

1.3.1 Calidad de las fuentes de agua superficial

Los cuerpos de agua superficiales son los ríos, lagos y presas. Estos cuerpos aportan cerca de 30% del total de agua para consumo humano (uso municipal). Por su característica de estar expuestos, y en especial por el modo en que se ha concebido la disposición de desechos líquidos y sólidos -que consiste en descargar el agua residual y la basura en ellos-, estos cuerpos son altamente propensos

a sufrir problemas de contaminación. Por tal razón, es importante contar con datos actualizados y completos acerca de su calidad y evolución de la misma a lo largo de varios años e incluso a través de un mismo año. Sin embargo, esta labor se lleva a cabo de manera poco sistemática por parte de los gobiernos federal y local. Además, debido a que se han empleado diferentes metodologías para medir y clasificar la calidad del agua, resulta difícil hacer una evaluación (Jiménez, 2007). No obstante, Aboites *et al.* (2008), con datos históricos de calidad del agua[2] de 2003 y 2007, analizan este tema (Figura 2). Así, estos autores señalan que en el país el volumen de agua con calidad excelente disminuyó de 28% en 2003 a 24% en 2007. Una tendencia opuesta se observó en el agua considerada como de buena calidad, la cual incrementó alrededor de 4%, en tanto que el volumen de agua clasificada como fuertemente contaminada se mantuvo constante durante este periodo. Estos valores muestran un limitado avance en el control de la contaminación.

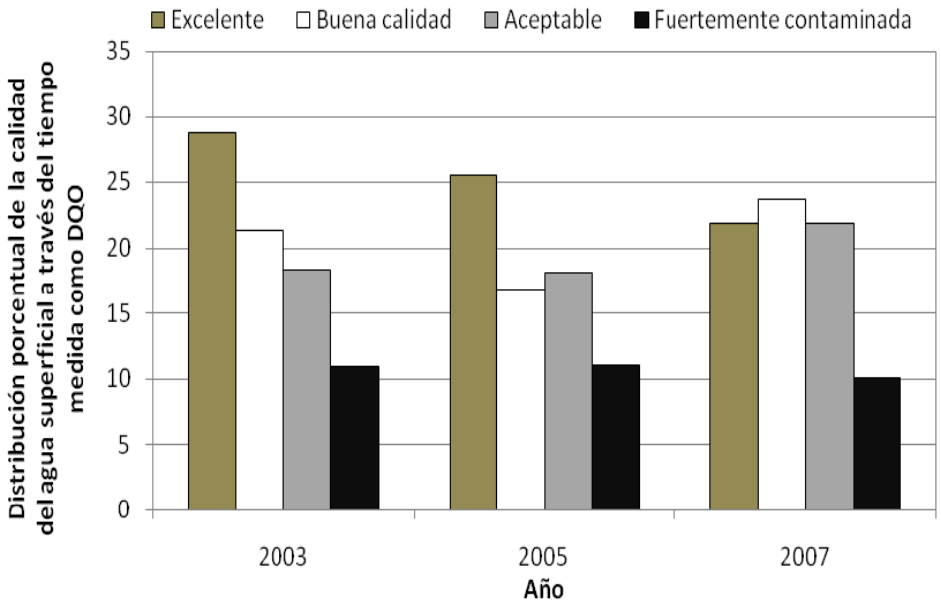


Figura 2. Evolución de la calidad del agua superficial entre 2003 y 2007
Fuente: Aboites *et al.,* 2008

[2] Medida como DQO que es un parámetro que evalúa la cantidad de materia orgánica que se oxida químicamente y por tanto abarca compuestos biodegradables y no biodegradables.

En cuanto a la ubicación de los problemas de la calidad del agua en los ríos, la Figura 3 enlista las cuencas más contaminadas entre 1985 y 2006[3]. En 22 años, los problemas de contaminación se han mantenido prácticamente en los mismos sitios -aun con el uso de dos sistemas diferentes para la medición de la calidad del agua (ICA y DQO)-, y a partir de 1998 se sumaron algunas cuencas de la región norte a los sitios existentes.

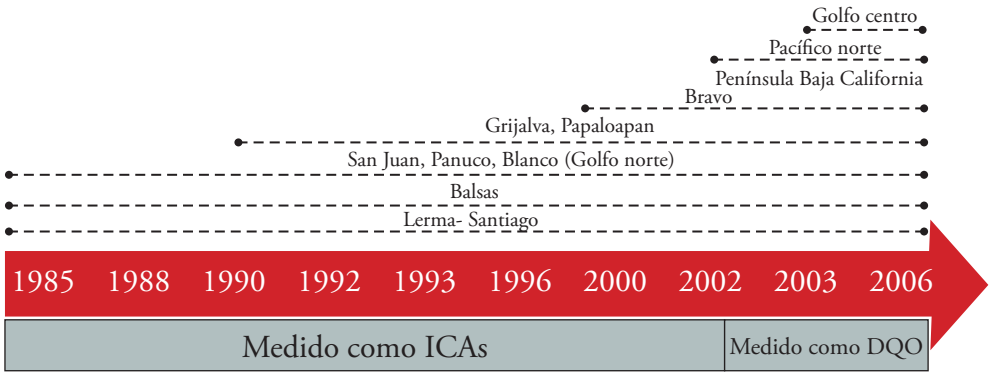


Figura 3. Cuencas más contaminadas entre 1985 y 2006, de acuerdo con la información oficial (con datos de INEGI-SEMARNAT, 1998; SEMARNAT, 2002, y CONAGUA, 2008)
ICA: Índice de Calidad del Agua

La información federal respecto de la calidad del agua de los lagos y presas es sumamente escasa. En 2005, CONAGUA reportó para seis lagos (Almoloya, Chairel, Catemaco, Pátzcuaro, Chapala y El Rodeo) que en 1997 no había problemas de eutrofización (manifestada por la presencia de plantas como el lirio acuático) y que la contaminación fecal había disminuido de manera significativa de concentraciones comparables con las del agua residual medidas en 1990 (entre 10^8 y 10^{11} NMP/100 mL) hasta valores aceptables para el riego agrícola (entre 10^2 y 10^4 NMP/100 mL). Estos últimos valores todavía son mayores que los límites máximos establecidos para el consumo humano (que es de 0 o no detectado). Parte de la información anterior contrasta con la reportada por De Anda Sánchez y Shear (2001) y Bravo Inclán *et al.* (2008), en particular para Chapala y Pátzcuaro, en la cual señalan que éstos son cuerpos eutróficos e hipereutróficos, respectivamente, pero que por su turbiedad y poca profundidad no se ha observado la excesiva proliferación de algas y malezas. El origen de los contaminantes de estas fuentes de agua son las descargas de aguas negras, como las que provienen del río Lerma en el caso de Chapala (De Anda Sánchez y Maniak, 2007). Más aún,

[3] Dado que las Estadísticas del Agua de 2008 ya no incluyen esta información y las de 2007 contienen los datos de 2006.

estudios recientes en el lago de Chapala señalan la presencia de metales pesados (plomo, cadmio y arsénico) en concentraciones por encima de los límites máximos permitidos por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) y la Norma Oficial Mexicana (Ayla y Ford, 2001), así como de dioxinas en peces del lago de Pátzcuaro (López y Zamora, 2007).

En lo que respecta a las presas, en trece de las catorce contempladas en el plan de monitoreo de la CONAGUA (2008), su calidad está clasificada entre buena y aceptable, en tanto que la presa Endhó, en Hidalgo, está catalogada como fuertemente contaminada debido a que recibe y almacena gran parte de las aguas residuales no tratadas de la Ciudad de México. En este caso, al igual que en muchos otros, el modo en que se evalúa la calidad del agua impide visualizar otros problemas de contaminación, como es el caso de la presencia de arsénico en las presas de la Comarca Lagunera.

1.3.2 Calidad de las fuentes subterráneas

El agua subterránea constituye una fuente de suministro de suma importancia para nuestro país, pues representa 70% del agua para consumo humano. A pesar de ello, los datos acerca de su cantidad y calidad son más limitados que para el agua superficial, lo cual de alguna forma refleja la baja prioridad que este recurso tiene para los gobiernos federal, estatal y municipal. El escaso interés manifestado tanto por el gobierno como por la sociedad se debe en parte a que estas reservas de agua no son visibles. De hecho, la falta de datos públicos sobre la calidad de estos cuerpos de agua disminuye la presión por contar con programas para su preservación.

Además, existe ambigüedad en lo que se entiende por la contaminación del agua subterránea, ya que algunos profesionales limitan el concepto a la modificación de la calidad original y se enfocan en la presencia de sales iónicas -por lo general inocuas para la salud-, sin que ello necesariamente afecte su uso. En tanto que otros, además de considerar lo anterior, extienden el concepto a la presencia de contaminantes como el nitrógeno en todas sus formas, detergentes, fósforo, bacterias coliformes fecales, material orgánico y metales pesados que tienen efectos en la salud o en el equilibro ecológico.

La calidad del agua de acuíferos se deteriora por la sobreexplotación y las descargas de contaminantes. Estas descargas pueden ocurrir no sólo por el vertido de aguas residuales al suelo o directamente en los mantos freáticos, sino también por fuentes difusas, como son los lixiviados provenientes de los numerosos basureros lícitos mal diseñados o clandestinos a lo largo del país. En cuanto a los problemas de calidad del agua producidos por la sobreexplotación, el más estudiado es sin duda el de la intrusión salina, lo que ocurre por la introducción del agua

de mar en acuíferos costeros o por el lavado de suelos salinos en zonas áridas y semiáridas. Actualmente, existen 17 acuíferos afectados por este problema, en magnitudes crecientes, en los estados de Baja California, Veracruz, Sonora, Baja California Sur y Colima, y 16 más en la zona norte del país (CONAGUA, 2008). Otro problema de calidad que resulta de la sobreexplotación, y que tiene efectos severos en la salud, es la concentración de manera natural o artificial de flúor y arsénico. En este grupo además se encuentran el hierro y el manganeso, que si bien no son tóxicos, sí afectan las posibilidades de uso al impartir color al agua. La CONAGUA (2005) reportó concentraciones de hierro y manganeso en dos acuíferos del noroeste del país, así como la presencia de arsénico en la región de la Comarca Lagunera. Desde 1997 existe abundante evidencia de contaminación por arsénico en el acuífero de Zimapán, Hidalgo, en valores que exceden cinco veces los límites máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud y la normatividad mexicana (Armienta *et al.*, 1997); por otro lado, la presencia de este mineral ha sido detectada en acuíferos del valle del Guadiana, en Durango (Alarcón-Herrera *et al.*, 2001), y 17 municipios de la región de los Altos de Jalisco (Hurtado Jiménez *et al.*, 2006). Diversas universidades han encontrado elevadas concentraciones de flúor (>1.5 mg/L) en acuíferos de San Luís Potosí, Durango, Aguascalientes y Chihuahua (Díaz Barriga *et al.,* 1997; Alarcón Herrera *et al.*, 2001; Bonilla Petriciolet *et al.*, 2002, y Dozal *et al.*, 2005). Por otra parte, en el acuífero de la zona norte de Guanajuato ha sido encontrado cromo hexavalente, proveniente tanto de fuentes naturales como antropogénicas (Armienta *et al.*, 1993). Además de lo anterior, la sobreexplotación de acuíferos en zonas urbanas contribuye a la aspiración del agua residual de las redes de drenaje (Jiménez, 2008), aunque de ello hay poca información. Datos reportados por la CONAGUA en 2006 muestran que existe infiltración de aguas residuales en ocho acuíferos del centro del país y uno en la península de Yucatán. Lo anterior se ha visto reflejado en un contenido de nitrógeno amoniacal y nitratos que excede el límite máximo permitido por la norma de agua potable en los acuíferos de Mérida, Tlaxcala y el Valle de Tula, en Hidalgo (Muñoz *et al.*, 2004; Graniel *et al.*, 1999, y Jiménez *et al.*, 2007); incluso existe evidencia de contaminación fecal en mantos freáticos de Tula y la zona sur de la Ciudad de México (Gallegos *et al.*, 1999 y Ryan, 1989). La Figura 4 muestra la ubicación geográfica de algunos de los acuíferos antes mencionados.

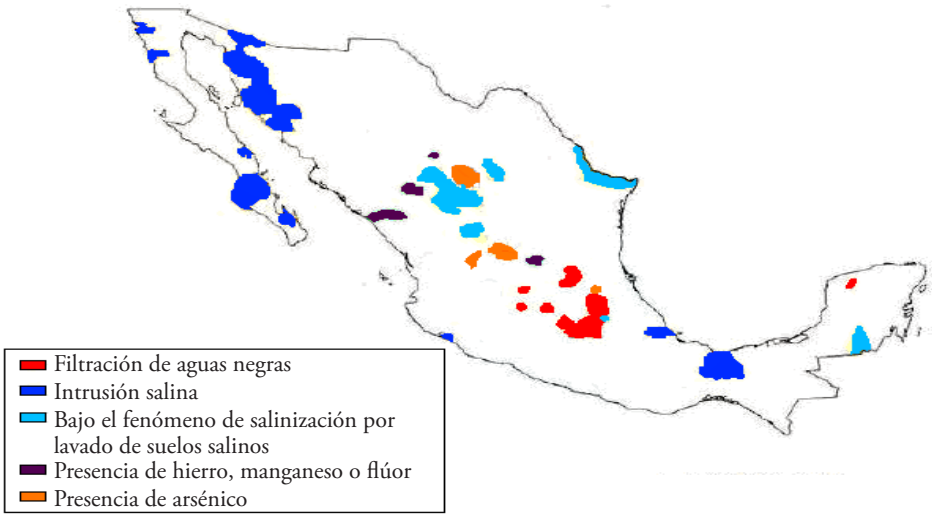


Figura 4. Ubicación de los acuíferos con problemas de calidad (adaptado de CONAGUA, 2007)

Al igual que para las aguas superficiales, por casi 25 años los problemas de contaminación en los acuíferos se han mantenido en las mismas regiones (Figura 5); sólo se observa el incremento en el número de acuíferos contaminados así como sobreexplotados (INE-SEDESOL, l991-1992; SEMARNAT, 2002; CONAGUA, 2005 y 2009). A pesar de lo preocupante de estos problemas, las Estadísticas del Agua en su versión de 2008 no reportan los datos correspondientes de calidad, sino únicamente información acerca del tema de la salinidad.

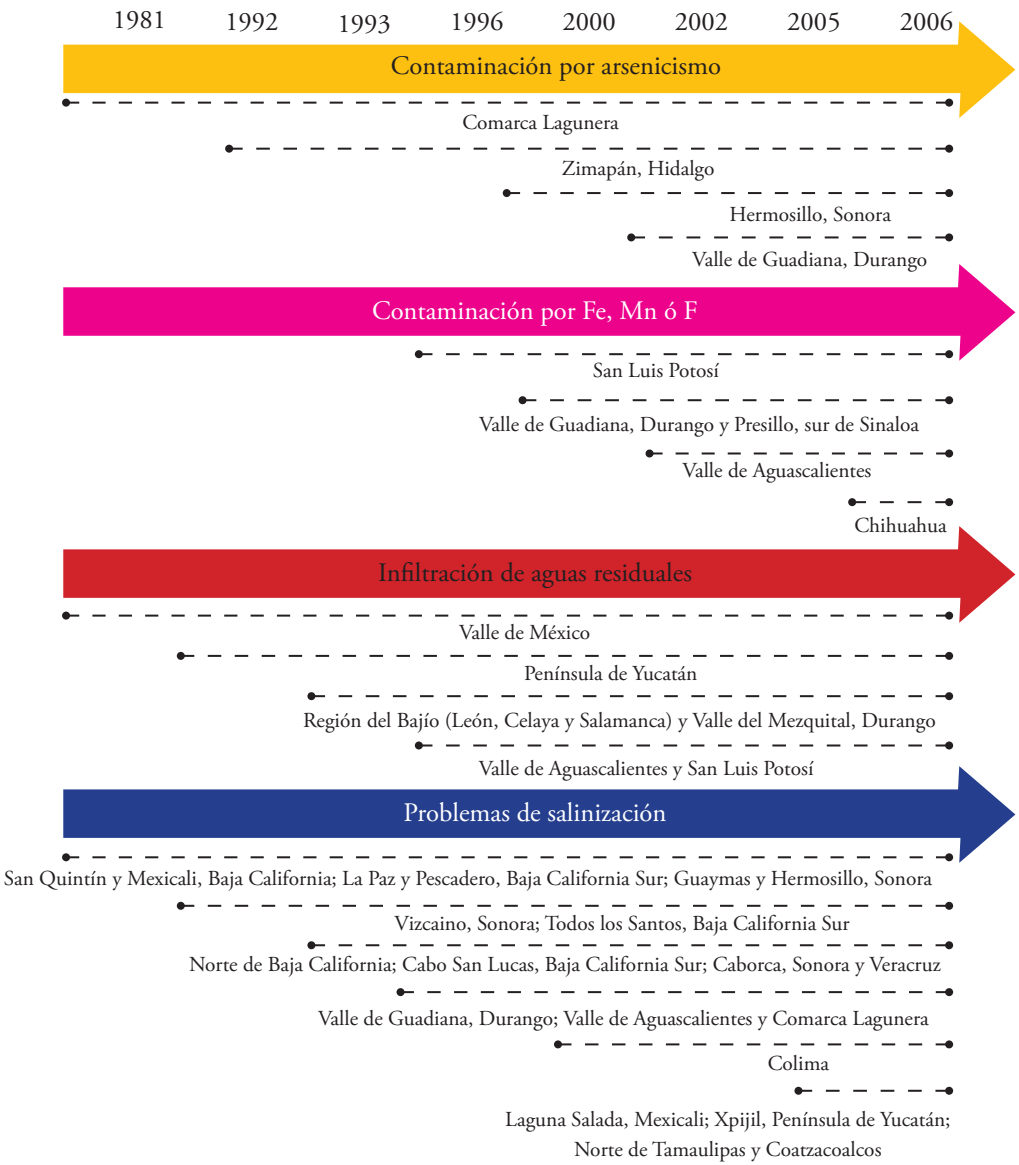


Figura 5. Evolución de los principales problemas de contaminación en las fuentes de agua subterránea (con información de INEGI-SEMARNAT, l998; SEMARNAT, 2002; CONAGUA, 2005)

1.3.3 Calidad del agua potable

Legalmente, el agua potable es aquella que cumple con los 48 parámetros de calidad establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM 127-SSA1-1994. Tanto el suministro como la calidad de dicha agua es responsabilidad de los municipios y son ellos quienes definen si la distribución a los usuarios es administrada por el gobierno o la iniciativa privada. Para el año 2007 se logró una cobertura del recurso cercana a 90% en todo el país; sin embargo, no toda el agua entregada contó con la calidad de potable conforme a la normatividad (CONAGUA, 2008).

El tratamiento que se le da al agua para considerarla potable depende de la calidad de la misma. Por su condición de confinamiento, el agua subterránea es generalmente de mejor calidad y por ello, en la mayoría de los casos, sólo pasa por un proceso de desinfección con cloro. En contraste, el agua superficial requiere un tratamiento previo a su desinfección, el cual se lleva a cabo en plantas potabilizadoras a través de la remoción de minerales, sólidos suspendidos y materia orgánica. En el caso de que las fuentes de agua subterránea se hallen contaminadas, dicho tratamiento previo puede ser similar o incluso mucho más complejo que el anteriormente descrito. En 2007 existían 541 plantas potabilizadoras en el país, las cuales operaban únicamente a 72% de su capacidad de diseño (CONAGUA, 2008). Estas plantas procesaban cerca de un tercio del agua potable y el resto, por su origen, era sólo desinfectado.

Aun cuando se clore el agua antes de inyectarla a la red de distribución, ello no garantiza que el agua llegue desinfectada a los hogares. Por tanto, es necesario medir también el cloro residual libre y el contenido o ausencia de coliformes fecales en varios puntos de la red, así como en el sitio de entrega a los usuarios. La Secretaría de Salud, por medio de la Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), es la responsable de verificar el cumplimiento de la norma de agua potable y de tomar acciones cuando los valores obtenidos excedan los límites establecidos. Recientemente, esta dependencia subió a su página de Internet datos referentes a la eficiencia de cloración, al riesgo sanitario y, en algunos casos, al contenido de coliformes fecales para las entidades federativas y algunos municipios, correspondientes al periodo entre diciembre de 2008 y julio de 2009. Esta información indica que para julio de 2009 la eficiencia de cloración en el país era, en promedio, de 90.5%. Algunos estados como Chiapas y Michoacán estuvieron por debajo de este valor, en tanto que Baja California Sur, Quintana Roo y Coahuila se ubicaron por encima del mismo (100% de eficiencia). Además, se observó que en este periodo la eficiencia de cloración en los estados de Durango, Tamaulipas y Chiapas incrementó 17%, 8% y 6%, respectivamente, en contraste con Sonora y Chihuahua, donde decreció 14% y 24%, respectivamente (Figura 6).

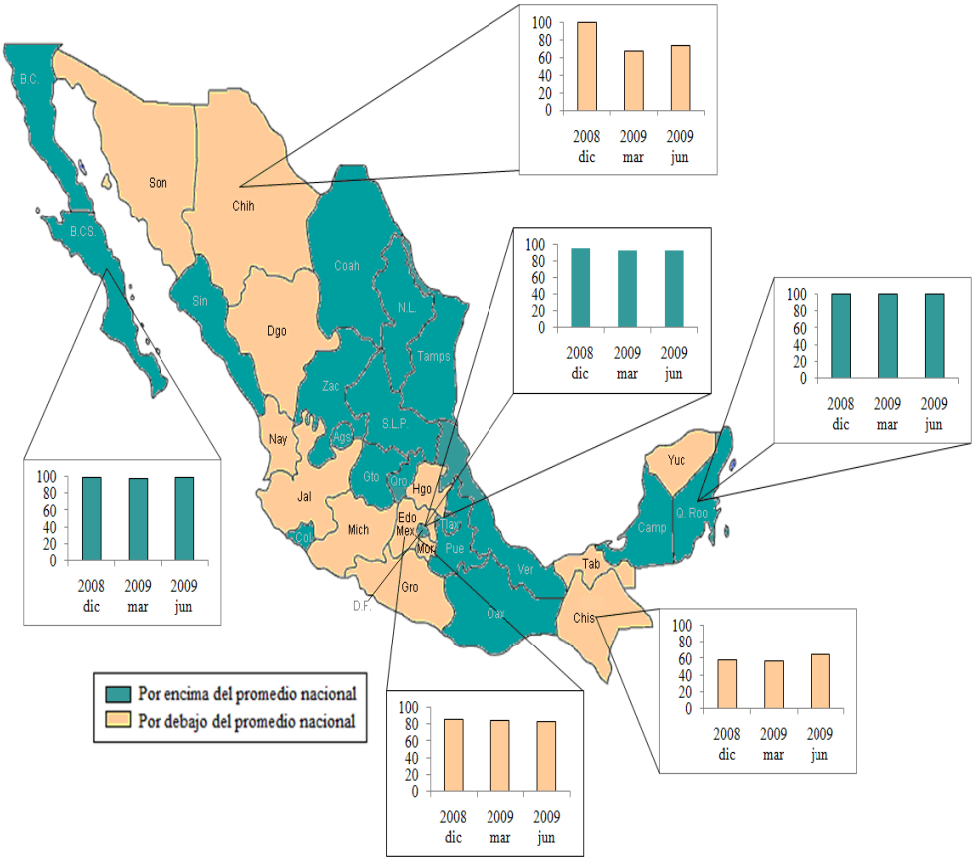


Figura 6. Eficiencia de cloración por entidad federativa para julio de 2009 en función del promedio nacional y algunos datos históricos (COFEPRIS, 2009)
*Promedio nacional: 90.5 %

En cuanto al porcentaje de población con riesgo sanitario por consumo de agua potable, para julio de 2009 era cercano a 23% en todo el país, pero asciende hasta 50% en los estados de Chiapas y Guerrero (Figura 7).

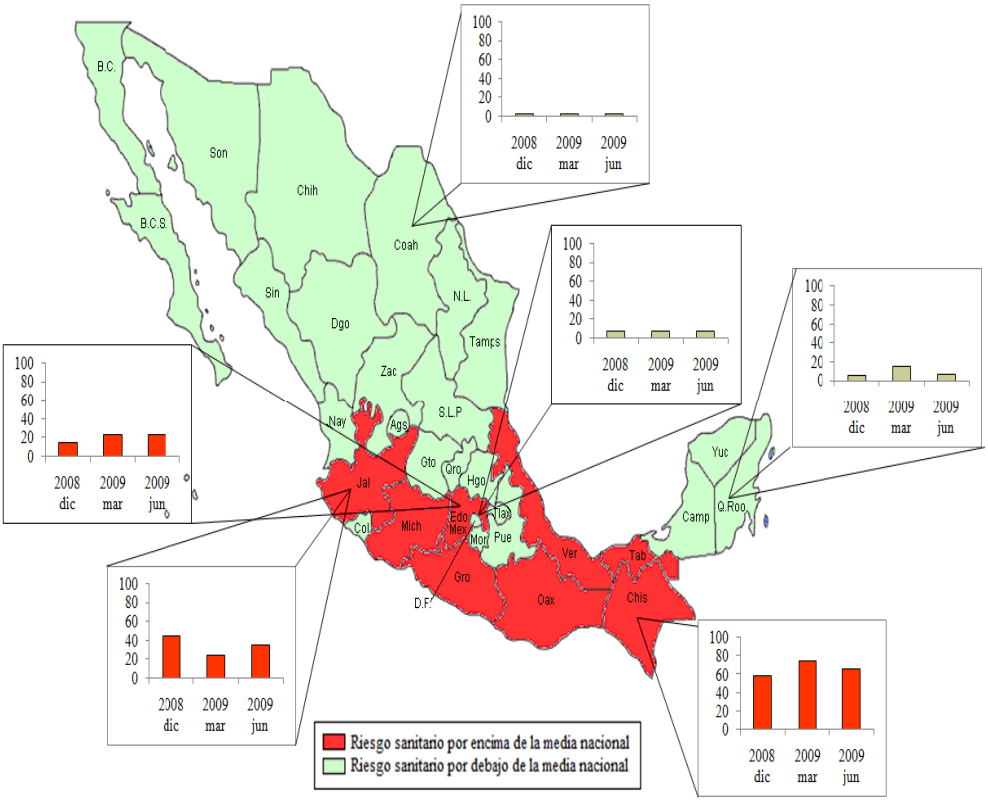


Figura 7. Porcentaje de población con riesgo sanitario relacionado con el agua potable por entidad federativa para julio de 2009 en función del promedio nacional y algunos datos históricos (COFEPRIS, 2009)
Promedio nacional: 22.9 %

En los datos aportados por la COFEPRIS se destaca que una baja eficiencia de cloración no necesariamente se traduce en un elevado porcentaje de población con riesgo sanitario y viceversa. Esto se muestra en la Figura 8, donde se observa que estados con bajas eficiencias de cloración pueden tener bajas o altas tasas de población en riesgo. Si bien a partir de estos datos se puede interpretar que la cloración no es el único factor que determina el riesgo sanitario, no son claras las razones de ello.

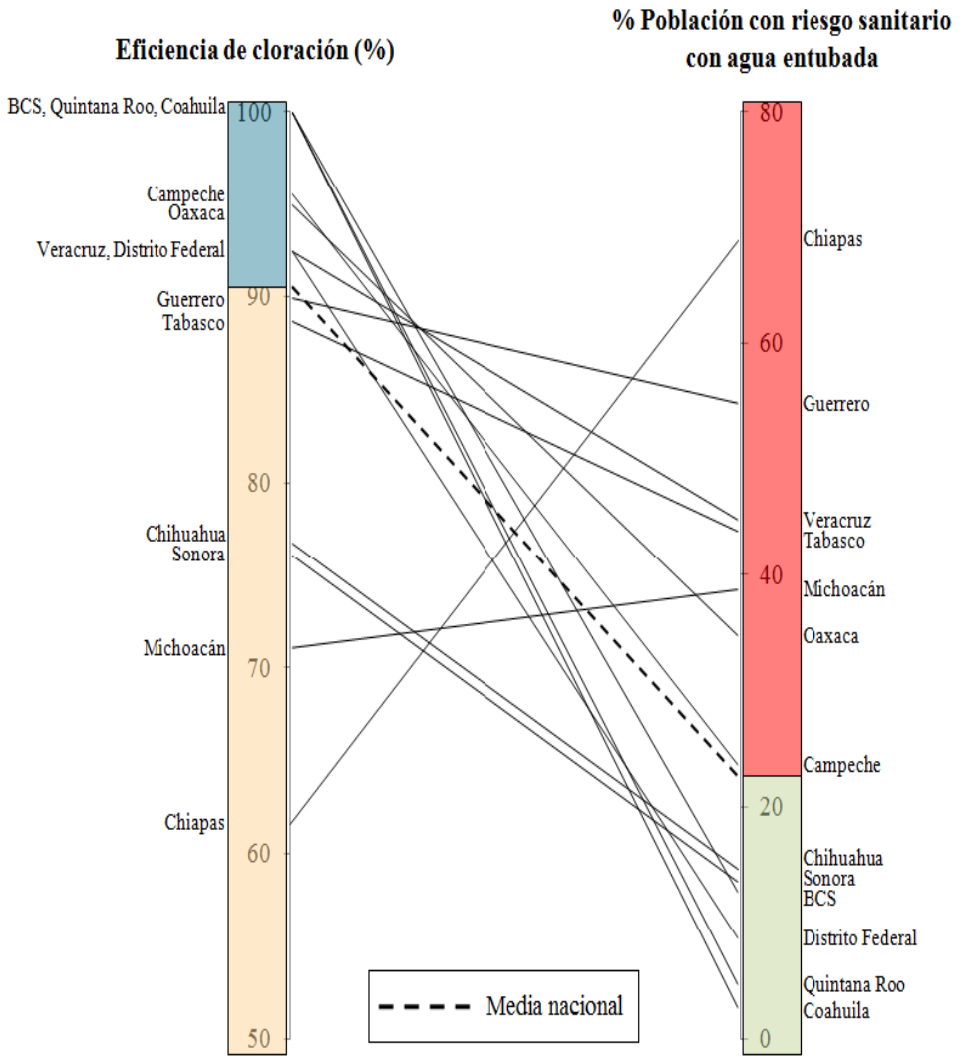


Figura 8. Relación entre la eficiencia de cloración y la fracción de la población con riesgo sanitario relacionado con el agua entubada en julio de 2009

Sobre la calidad del agua potable en los domicilios, hay muy pocos estudios publicados. Uno realizado hace tiempo para la delegación Coyoacán -que cuenta con uno de los mejores servicios de la ciudad- señala que si bien el agua llega a los domicilios con una calidad medianamente aceptable, tras su paso por los tinacos y cisternas se deteriora significativamente (Jiménez *et al.*, 2002). Además dicho

estudio difiere de los resultados oficiales, mismos que tienen un alto grado de agregación con el fin de ser útiles para que el ciudadano juzgue sobre la calidad del agua que consume. Por ello, se considera que es correcta la promoción de lavar periódicamente los tinacos y también que la población desinfecte el agua en sus casas. No obstante, si el servicio de agua fuera corregido para ser suministrado conforme a los estándares de las normas mexicanas así como los mínimos internacionales (que no sólo son de países desarrollados), no serían necesarios tinacos ni cisternas en las casas y se evitaría el deterioro de la calidad del agua que llega a los domicilios al prestar el servicio de manera continua.

En la Ciudad de México, recientemente la COFEPRIS detectó la presencia de coliformes fecales en el agua de tomas domiciliarias de las delegaciones Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco, aunque en algunos casos también reportó altos niveles de cloro residual libre. Con anterioridad, Mazari Hiriart *et al.* (2003) reportaron la presencia de otro tipo de microorganismos patógenos, además de los indicadores de materia fecal, en agua clorada y sin clorar; tal es el caso de *Helicobacter Pylori*, causante de úlceras en el tracto digestivo y cuya presencia explica las altas tasas de esta enfermedad en nuestro país en comparación con la de países con mejores servicios de agua.

En el tema del agua potable, es importante mencionar la poca atención que se presta a su calidad fisicoquímica. Ello se ve reflejado en que de los 38 parámetros fisicoquímicos establecidos por la norma mexicana, sólo se da seguimiento a unos cuantos, como el cloro residual libre, el pH, la turbiedad, la conductividad eléctrica, el hierro, el manganeso, los fluoruros, los sulfatos y los nitratos, sin considerar otras sustancias que representan un riesgo para la salud. Un ejemplo de esta situación son los datos contrastantes reportados por académicos acerca de la presencia de mercurio y plomo en agua potable en varios municipios del estado de Sonora, en concentraciones por arriba de los límites máximos establecidos por la normatividad mexicana y la Organización Mundial de la Salud (Wyatt *et al.*, 1998). Además, otro parámetro que convendría medir con relativa frecuencia son los subproductos de la desinfección como los trihalometanos, que se generan como resultado de la cloración del agua cuando ésta contiene materia orgánica y nitrógeno, y que son promotores de cáncer. Algunos estudios aislados han reportado la presencia de estos compuestos en el agua potable de la Ciudad de México y Monterrey, aunque todavía en concentraciones por debajo de los límites establecidos por la normatividad mexicana (200 ppb) (Mazari Hiriart *et al.*, 2003 y Núñez *et al.*, 2005), en tanto que en el agua potable de Cancún y Guadalajara, ciudades que son abastecidas por fuentes subterráneas y superficiales (Lago de Chapala), respectivamente (Leal Asencio *et al.*, 1999), encontraron elevadas concentraciones de trihalometanos.

1.3.4 Calidad del agua en las playas

En México, el aporte económico del sector turístico es el tercero en importancia después del petróleo y los ingresos por remesas enviadas por mexicanos que viven en el extranjero. Estos ingresos representan 8% del PIB. Además, el país ocupa el octavo lugar como destino turístico en el mundo y el tercero en Latinoamérica (SECTUR, 2007). La importancia del sector turístico se debe en buena medida a nuestras playas. Hace algunos años, el gobierno federal -al identificar el estado de deterioro en que se encontraban varias de las playas- puso en marcha el programa "Playas Limpias" para monitorear y evaluar la calidad del agua. La evaluación se basa en detectar la presencia de un microorganismo indicador de contaminación fecal en agua de mar: *Enterococcus fecalis*. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos a partir de los monitoreos realizados entre 2003 y 2007. De acuerdo con estas cifras oficiales, en 2007 sólo 1.6% de las playas monitoreadas excedían el límite máximo permisible de contaminación fecal (>500 NMP/100 mL), por lo que 271 resultaron aptas para el uso recreativo. El número de playas monitoreadas entre 2003 y 2007 se incrementó 31%, pero se desconoce el número total de playas que se deberían monitorear en el país. Con el fin de proteger las zonas turísticas, también hace falta un programa para analizar la calidad del agua potable y el hielo que se proporciona en estos sitios turísticos.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de la calidad microbiológica del agua de mar en algunas playas mexicanas entre 2003 y 2007 (CONAGUA, 2008)

Año	2003	2004	2005	2006	2007
Número de destinos turísticos monitoreados	35	37	44	45	46
Número de playas muestreadas	226	209	259	274	276
Nivel de cumplimiento del criterio nacional (%)	93.7	94.5	96.5	96.2	98.4

La ubicación geográfica de las playas monitoreadas durante el segundo semestre de 2008 se muestra en la Figura 9. Los criterios de calidad expresados se basan en el porcentaje de playas que en cada sitio cumplen con la norma. Acapulco resultó ser el destino turístico con mayores problemas de contaminación fecal, los cuales fueron localizados en las playas de Hornos y Carabali. Por su parte, otras playas ubicadas en Michoacán (Aquila y Lázaro Cárdenas), Chiapas (Tonalá), Campeche (Ciudad del Carmen) y Tabasco (Centla y Paraíso) muestran diferentes grados de deterioro (CONAGUA, 2008). La SEMARNAT (2009) reportó

concentraciones de *Enterococcus fecalis* de hasta 11,200 NMP/100 mL en cinco playas de Puerto Vallarta y en la playa de Nexpa, Michoacán. Es importante señalar que el programa "Playas Limpias" es un instrumento de diagnóstico y convendría destinarle recursos económicos para prevenir y sanear las zonas afectadas.

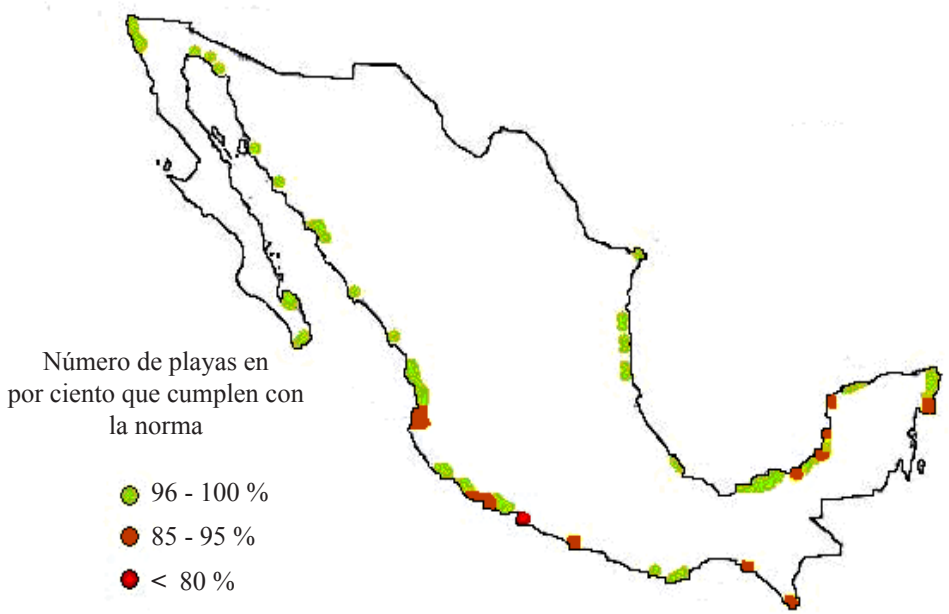


Figura 9. Calidad bacteriológica en algunos destinos turísticos del país durante el segundo semestre de 2008
Fuente: CONAGUA

1.4 Origen de la mala calidad y acciones de saneamiento

La contaminación de las fuentes de agua proviene de la inadecuada disposición de las aguas residuales y residuos sólidos. En este apartado se discute la magnitud de las descargas de aguas residuales, porque son de las únicas que hay información disponible en el país.

Las descargas de aguas residuales se clasifican en función de la manera en como entran en el ambiente y se definen como puntuales y difusas. Las primeras pueden ser de origen municipal o industrial (lo que la CONAGUA ahora llama "no municipal"), en tanto que las segundas son de naturaleza muy variada. Algunos

ejemplos de descargas difusas son el drenaje agrícola, la escorrentía proveniente de campos agrícolas o de pastoreo, la escorrentía pluvial, las fugas en tuberías que transportan combustibles o en gasolineras y las fugas en la red de alcantarillado. En la Figura 10 se muestra el caudal vertido en forma anual para algunas[4] de estas descargas entre 1985 y 2007. Durante este periodo se observa un incremento en el caudal de aguas residuales municipales de 34%, el cual se debe al crecimiento poblacional correspondiente a ese periodo, que fue de 58.2 a 103.5 millones de habitantes. El volumen de aguas residuales de las fuentes industriales se triplicó entre 1992 y 1996, y a partir de este año permanece sin importantes variaciones. Como se aprecia en la figura, los datos de descargas difusas de origen agrícola, ocasionalmente reportados, muestran que en 1999 representaban cerca del triple del volumen descargado por los municipios (Jiménez, 2005).

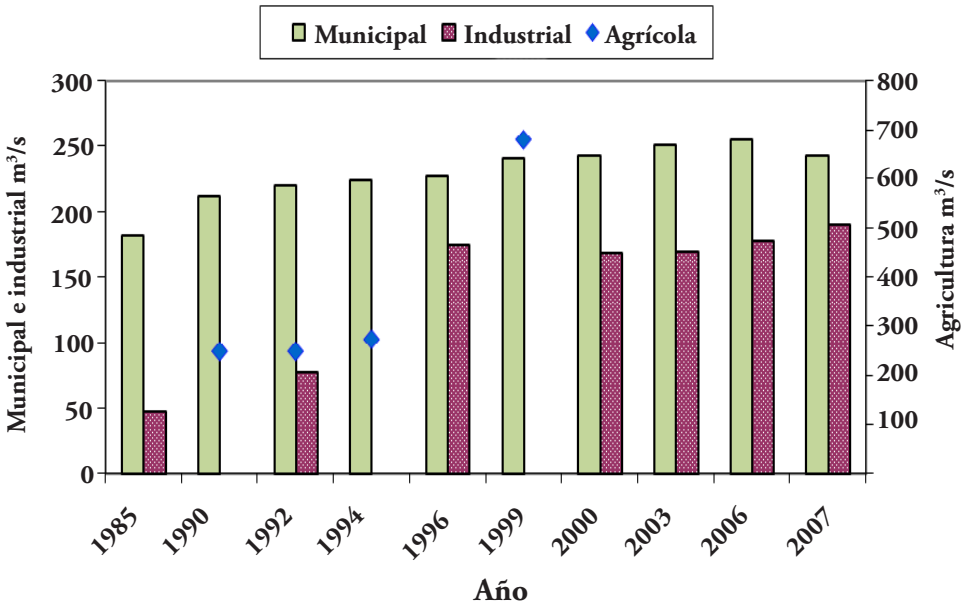


Figura 10. Evaluación de las descargas de aguas residuales totales generadas por los municipios, la industria y la agricultura (con información de Jiménez, 2005; CONAGUA, 2007, y CONAGUA, 2008)

Ante el aumento de las descargas de aguas residuales en el país como resultado del crecimiento poblacional e industrial, la CONAGUA se ha enfocado en promover el saneamiento de las fuentes puntuales de origen municipal. Es importan-

[4] De las que hay información

te reforzar estos esfuerzos ya que, por un lado, la cobertura de alcantarillado sigue siendo limitada (86%) y, por el otro, sólo existe infraestructura de tratamiento para 32.6% del agua colectada. Además, no toda el agua que es tratada cumple con la normatividad correspondiente. Algunos reportes aislados indican que en 1999, cuando el caudal tratado era de 44 m^3/s, 5% del agua tratada cumplía con la norma (Aboites *et al.*, 2008). Cabe señalar que en 2007, para tratar 243 m^3/s de aguas residuales domésticas, se contaba con 1,712 plantas depuradoras en el país, las cuales operaban a 74% de su capacidad instalada.

Respecto de las descargas industriales, la cobertura de tratamiento es de 15.8% del total que se genera (CONAGUA, 2008). Ello a pesar de que la infraestructura de depuración ha crecido considerablemente, ya que el número de plantas depuradoras se triplicó entre 1989 y 1999 e incrementó 47% entre 1999 y 2007. La Figura 11 muestra que el caudal de agua residual no municipal tratada se ha mantenido relativamente constante entre 30 y 40 m^3/s, y que el cumplimiento de la normatividad es alcanzado sólo para 13 m^3/s, es decir, 7% del total de agua residual producida por la industria.

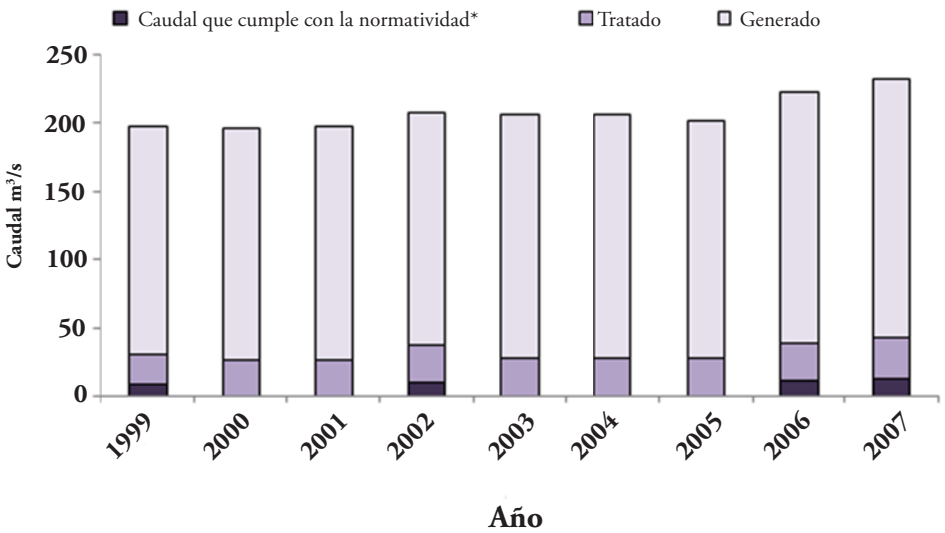


Figura 11. Caudal de aguas residuales industriales generado durante el periodo 1999-2007, fracción tratada y que cumple con la normatividad (con información de Jiménez, 2005; CONAGUA, 2007, y CONAGUA, 2008)
*La información del cumplimiento de la normatividad no es reportada en forma periódica por el gobierno federal

En la Figura 12 se expresa la carga de contaminación orgánica de tipo biodegradable (DBO_5) descargada al ambiente, en el supuesto de que todas las plantas de tratamiento existentes en el país operen a su capacidad de diseño y el caudal producido cumpla con la norma. En la figura se aprecia que en 23 años la carga contaminante descargada por los municipios ha decrecido 16%, mientras que la correspondiente al sector industrial prácticamente se duplicó durante el mismo periodo. Como resultado, la descarga total de contaminación orgánica que recibe el país proveniente de municipios e industria ha aumentado 45% entre 1984 y 2007.

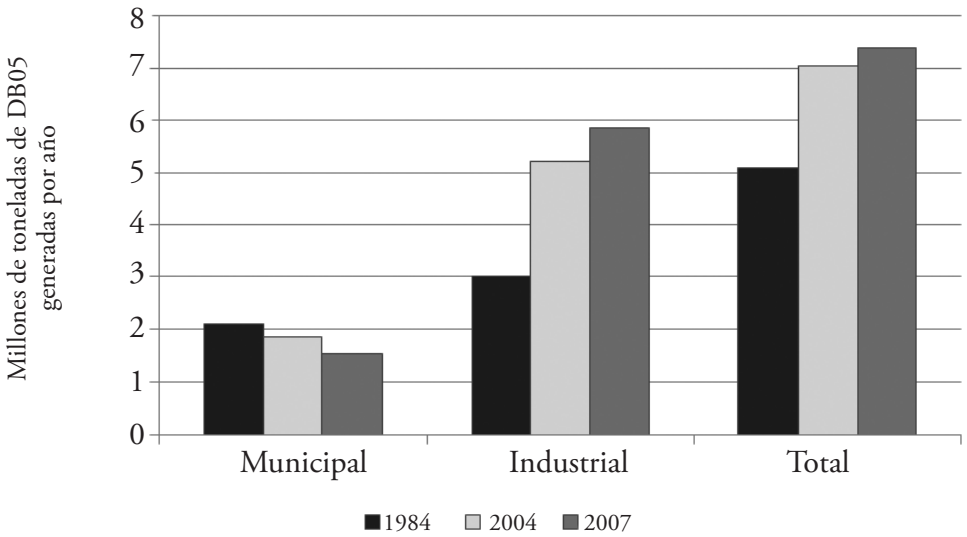


Figura 12 Carga anual de contaminantes medida como DBO_5 descargada al ambiente entre 1984 y 2007 por los municipios y la industria, con tratamiento (con información de Jiménez, 2005 y CONAGUA, 2008)

Por otra parte, además de incrementar el número de plantas y el volumen de agua tratado conforme a la norma, se requiere complementar la infraestructura con otro tipo de instrumentos para controlar la contaminación. Por ejemplo, es necesario establecer una política de incentivos y sanciones para quienes produzcan, usen o descarguen sustancias tóxicas que son recalcitrantes, es decir, que no pueden ser removidos en plantas de tratamiento o que incluso resulten dañinas para la operación de las mismas. Se necesita también promover el manejo integral de las cuencas a través de un programa encaminado a la preservación y mejora-

miento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas bajo las condiciones actuales y con proyecciones futuras.

1.5 Normatividad para prevenir y controlar la contaminación del agua

En México se cuenta con un marco normativo para proteger la calidad del agua desde 1973, cuando la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos estableció las bases para el registro y monitoreo de las descargas de aguas residuales, la caracterización y clasificación de todos los cuerpos de agua en el país y se establecieron metas de calidad. Por desgracia, esto no se llevó a cabo por falta de apoyo económico y voluntad política. Posteriormente, a partir de 1982 se realizaron esfuerzos para establecer una normatividad para cada tipo de descarga, similar a la de los Estados Unidos. Estos esfuerzos contribuyeron muy poco al tratamiento del agua residual y al control de la contaminación. En 1996 se estableció un nuevo marco jurídico para controlar en forma gradual la contaminación y establecer metas de tratamiento en función del reuso del agua tratada o su disposición final. Ha sido gracias a dicha normatividad que la cantidad de agua tratada en el país se duplicó a partir de 1996, a diferencia del comportamiento que venía teniendo durante los siete años anteriores (estimación con base en datos de CONAGUA, 2000 y 2005), y se tendrá un aumento mucho más significativo al tratar un volumen importante del agua residual producida por la Ciudad de México.

Además de esta norma, existen otras que son responsabilidad de la CONAGUA, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y de la Secretaría de Salud. Éstas se refieren a la calidad de los cuerpos de agua y del agua potable. Pero de su aplicación y cumplimiento poco se conoce.

1.6 Conclusiones

El gobierno federal, sin lugar a dudas, realiza una labor loable al compilar año con año información relevante acerca de la calidad del agua en México. Sin embargo, es importante reforzarla y darle una mayor sistematización a las acciones para incidir de forma más rápida en los problemas de calidad de agua. Para evaluar los avances, se considera que los gobiernos federal, municipal y estatal deben generar de manera periódica información detallada y avalada acerca de la calidad del agua en el país, en especial para promover en el ciudadano la conciencia de la necesidad de protegerla. La información de la calidad debe provenir de los tres niveles de gobierno así como de las empresas del agua, y debe ser comparada con datos y resultados obtenidos por instituciones académicas, organizaciones

sociales (ONG) y datos de percepción pública a través de informes que sean prospectivos de los problemas, las mejoras y los retos en materia de calidad del agua. Ello será útil para distinguir de forma clara las acciones concretas, viables y factibles que sirvan para afrontar los problemas de contaminación del agua de manera consensuada. Estas acciones deben llevarnos con el tiempo a usar el agua con confianza para todos los fines requeridos, incluido el consumo directamente del grifo en lugar de la compra de agua embotellada. Así, el usuario podrá dirigir los recursos económicos que ahora destina a la compra de agua de calidad al pago del servicio brindado por el estado, y estos recursos deberán servir para fortalecer el sector y, con ello, la calidad del agua.

Por otra parte, persiste un aspecto que llama poderosamente la atención, el cual es que el ciudadano común parece carecer del derecho a conocer la calidad del agua que el gobierno distribuye como potable en términos de la norma correspondiente. Este derecho -que se manifiesta en el artículo 115 constitucional- pudiese parecer excesivo, ya que en muchos otros países dicha información no se otorga de manera explícita, pero hay que tener en cuenta que en esos países se consume agua de la llave de manera segura desde hace mucho tiempo, lo que es un reflejo de la inversión destinada por el Estado para el control de las fuentes de contaminación, la protección de la calidad del agua de las fuentes superficiales y subterráneas, así como su potabilización adecuada y transporte seguro a los usuarios.

En conclusión, en los últimos 20 años se han notado algunos avances en el tema de la calidad del agua –especialmente en el principio de proporcionar información sistemática-; sin embargo, éstos podrían aún mejorarse. Si bien es cierto que en cierta forma ello se debe a la presión por parte de la ciudadanía de contar con mayor cantidad de agua dejando de lado su calidad, hoy en día estamos en una situación diferente que permite que nos preocupemos por la calidad. Esto es de particular relevancia, pues si no se atiende de manera prioritaria el tema de la calidad, en un futuro cercano no habrá agua en cantidad suficiente para todos los usos, en especial para el consumo humano, o la habrá a un costo que resulte prohibitivo para muchos.

Referencias

Aboites L.; Cifuentes E.; Jiménez B.; Torregrosa, M. L. (2008), Agenda Nacional del Agua, Academia Mexicana de Ciencias, México, D. F., 66 pp.

Alarcón Herrera, M. T.; Martín Domínguez, I. R.; Trejo Vázquez, R.; Rodríguez Dozal, S. (2001). Well water fluoride, and bone fractures in the Guadiana valley of Mexico. *Fluoride*. **34** (2): 139-149.

——, M. T.; Flores, I.; Romero, P.; Martín, I. R.; Trejo, R. (2001). Contenido de arsénico en el agua potable del valle del Guadiana, México. *Ingeniería Hidráulica en México.* **16:** 63-70.

Armienta, M. A.; Rodríguez, R.; Aguayo, A.; Ceniceros, N.; Villaseñor, G.; Cruz, O. (1997). Arsenic contamination of groundwater at Zimapán, Mexico. *Hydrology Journal*. **5** (2): 39-46.

——, M. A.; Rodríguez, R.; Quere, A.; Juárez, F.; Ceniceros, N.; Aguayo, A. (1993). Groundwater pollution with chromium in León Valley, México. *International Journal of Environmental Analytical Chemestry*. **54** (1)**:** 1-13.

Ayla Jay, J.; T. Ford (2001). Water Concentrations, bioaccumulation and human health implications of heavy metals in lake Chapala: the Lerma-Chapala watershed evaluation and management, Hansen, A. M. y M. van Afferden (eds.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001, Cap. 5, pp. 123-136.

Bonilla Petriciolet, A.; Trejo Vázquez, R.; Márquez Algara, C. (2002). Análisis del riesgo para la salud pública ocasionado por la exposición a fluoruros en el estado de Aguascalientes, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Año 18, número 4: 171-177.

Bravo Inclán, L.; Sánchez Chávez, J.; Tomasini Ortiz, C.; Córdova Rodríguez, M. (2008). Trophic state assessment of a high altitude, waterbody, Lake Pátzcuaro, México. *12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management. Khon Kaen University, Thailand; 25-29 August 2008.*

Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Recuperado de http://201.147.97.103/wb/cfp/cfp_calidad_bacteriologica/_rid/321?page=4 Consultado el 5 de octubre de 2009.

CONAGUA (2000). El agua en México: Retos y avances. Comisión Nacional del Agua, México, D. F.

——, (2003). Estadísticas del Agua en México 2003, Comisión Nacional del Agua, México, D. F. 99 pp.

——, (2005). Estadísticas del Agua en México 2005, Comisión Nacional del Agua, México, D. F. 95 pp.

——, (2006). Estadísticas del Agua en México 2006, Comisión Nacional del Agua, México, D. F. 195 pp.

——, (2007). Estadísticas del Agua en México 2007, Comisión Nacional del Agua, México, D. F. 258 pp.

——, (2007). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Comisión Nacional del Agua. México, D. F. 242 pp.

——, (2008). Estadísticas del Agua en México 2008, Comisión Nacional del Agua, México, D. F. 225 pp.

——, (1999). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a diciembre de 1999. Comisión Nacional del Agua. México, D. F.

De Anda Sánchez, J.; Shear, Harvey (2001). Balance de fosfatos en la cuenca del lago de Chapala. XI Congreso Nacional Irrogación. Simposio 9: Contaminación, tratamiento y reuso del agua. Guanajuato, México, del 19 al 21 de septiembre de 2001.

——,, J.; Maniak, U. (2007), Modificaciones en el régimen hidrológico y sus efectos en la acumulación de fósforo y fosfatos en el lago de Chapala, México. *Interciencia.* **32** (2): 100-107 ISSN 0378-1844.

Díaz Barriga, F.; Leyva, R.; Quistián, J.; Loyola Rodríguez, J. P.; Pozos, A.; Grimaldo, M. (1997). Endemic fluorosis in San Luis Potosí, Mexico. IV sources of fluoride exposure. *Flouride*. **30:** 219-222.

Graniel, C. E.; Morris, L. B.; Carrillo Rivera, J. J. (1999). Effects of urbanization on groundwater resources of Merida, Yucatan, Mexico. *Environmental Geology.* **37** (4): 303-312.

Hurtado Jiménez, R.; Gardea Torresdey, J. L. (2006). Arsenic in drinking water in the Los Altos de Jalisco region of México. *Revista Panamericana de Salud Pública*. **20** (4): 236-247.

INEGI-SEMARNAT (1998). Estadísticas del Medio Ambiente México 1997: Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1995-1996. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.

Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y Tecnología. Editorial Limusa, México, D. F., 925 pp.

——, B.; Chávez, A.; Lucario, S.; Maya, C. (2002). Cómo contar con un mejor servicio y uso de agua en cantidad y calidad en la Delegación Coyoacán. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 61 pp.

——, B.; Marín, L. (eds.); D. Morán, O. Escolero y J. Alcocer (coord.) (2005). El agua en México vista desde la Academia. Academia Mexicana de Ciencias. México, D.F.

——, B. (2007). Información y Calidad del Agua. *Revista Trayectorias*, Año IX, 24, mayo-agosto: 45-56.

——, B. (2008). Wastewater risks in the urban water cycle. Chapter in Urban Water security: Managing Risks. Jiménez, B. and J. Rose (eds). 324 pp. *Taylor and Francis Group.*

Leal Asencio M. T.; Bandala, E. R.; Gelover, S.; Pérez, S. (1999). Trihalometanos en agua para consumo humano. *Ingeniería Hidráulica en México,* septiembre-diciembre.

López, Y.; Zamora, M. V. (2007). di-benzo-*p*-dioxinas policloradas y dibenzofuranos en peces de cuatro regiones diferentes de México. *Ciencias Marinas*. **33** (2): 217-227.

Mazari Hiriart, M.; López Vidal, Y.; Ponce de León, S.; Castillo Rojas, G.; Hernández Eugenio, C.; Rojo, F. (2003). Bacteria and disinfection byproducts in water from southern Mexico City. *Archives of Environmental Health.* **58** (4): 233-237.

Muñoz, H.; Armienta, M. A.; Vera, A.; Ceniceros, N. (2004). Nitratos en el valle de Huamantla, Tlaxcala, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. **20** (3): 91-97.

Núñez, M. A; Gamiño, R.; García, G.; Garza, J.; Hernández, J. L.; Cárdenas, M. L.; Martínez, S. J.; Moreno, S. (2005). Análisis de trihalometanos totales en agua potable del área metropolitana de Monterrey, N. L. *Ciencia UANL*. **Vol. III** (3): 358-361.

Rodríguez Dozal, S.; Herrera Alarcón, M. T.; Cifuentes, E.; Barraza, A.; Loyola Rodríguez, J. P.; Sanin, L. H. (2005). Dental fluorosis in rural communities of Chihuahua, Mexico. *Fluoride.* **38** (2): 143-150.

Ryan, M. C. (1989). An investigation of inorganic nitrogen compounds in the groundwater in the valley of Mexico. *Geof Int.* 28 (2): 417-433.

SEMARNAT (2002). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.

Wyatt, C. J.; Fimbres, C.; Romo, L.; Méndez, R. O.; Grijalva, M. (1998). Incidence of heavy metal contamination in water supplies in northern Mexico. *Environmental Research Section A.* **76.** 114-119**.**

11. Visión integral sobre el agua y la salud

Marisa Mazari Hiriart*
Ana Cecilia Espinosa*
Yolanda López Vidal**
René Arredondo Hernández*, ***
Emilio Díaz Torres*, ***
Clementina Equihua Zamora*

Resumen

México tiene que enfrentar el reto de abastecer de agua a su población y de sanear sus aguas residuales. A pesar de que existen métodos confiables para monitorear la calidad del agua, éstos son insuficientes en nuestro país. Como consecuencia de las deficiencias en el monitoreo, la regulación y la escasa comunicación entre las autoridades relacionadas con el manejo del agua, los problemas de salud asociados con la mala calidad del agua son frecuentes en México. Ejemplos de estas enfermedades son las infecciones gastrointestinales, características de países en desarrollo, y que es un asunto aún no resuelto en el país. A la vez, nos enfrentamos con problemas relacionados con compuestos químicos de origen industrial, los cuales son reportados en países desarrollados.

En este capítulo se presentan y analizan los problemas asociados con la calidad del agua en nuestro país y las deficiencias regulatorias, con la definición adecuada de un índice de calidad, que tienen repercusiones en el abasto de un recurso con cierta calidad. Se cubren aspectos sobre los riesgos asociados con la generación de aguas residuales -que contienen ciertos grupos de compuestos tóxicos y microorganismos-, la resistencia de las bacterias a los antibióticos, los compuestos orgánicos rara vez monitoreados, así como disruptores orgánicos, todos ellos con repercusiones en la salud de la población, a corto o largo plazo.

Como una de las respuestas a la deficiente calidad del agua, México es el segundo país consumidor de agua embotellada. Sin embargo, esta solución no es

* Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México
** Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México
*** Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México

viable a largo plazo. Se discute la necesidad imperativa de desarrollar soluciones integrales que consideren aspectos ambientales y sociopolíticos a la vez, con el fin de lograr el abastecimiento de agua de calidad adecuada para diversos usos. Se hace especial hincapié en la necesidad de contar con ecosistemas sanos para tener una población sana. El problema debe ser resuelto de manera creativa, con estrategias adecuadas para la realidad de nuestro país. Entre estas soluciones está el establecimiento de laboratorios actualizados y el personal capacitado para llevar a cabo un monitoreo confiable. Además se debe contar con la legislación y las regulaciones apropiadas para un manejo más adecuado del recurso. Los problemas asociados con la calidad del agua deben ser discutidos en todos los sectores de la población: academia, industria, sociedad y políticos. La Academia Mexicana de Ciencias puede fungir como el medio para lograrlo. Los mexicanos merecen el bienestar que representa vivir en un país con la enorme cantidad de recursos con que cuenta.

Palabras clave:

Agua, salud pública, ambiente, calidad, cantidad, efectos

1. Situación en México: ecosistemas, agua y salud

México tiene frente a sí retos en relación con el abastecimiento de agua y con su saneamiento, ya que existe un déficit tanto en el suministro como en el tratamiento de las aguas residuales y de los residuos sólidos que se generan (CONAGUA, 2009). Además, el monitoreo y control ambiental son insuficientes (COFEPRIS, 2008), lo que repercute en las condiciones ambientales y de salud de la población. A más de un siglo de haberse considerado el papel del agua en la protección de la salud, no hemos resuelto el dilema de su cantidad y calidad relacionado directamente con sus efectos en la salud pública (COFEPRIS, 2008). Esta situación se refleja en las altas tasas de las enfermedades infecciosas gastrointestinales, que se encuentran dentro de las diez principales causas de morbimortalidad en países como México (DGEPI, 2009; WHO, 2009).

Calidad del agua

Las enfermedades de origen hídrico relacionadas con la salud humana siguen siendo tema de preocupación en países en desarrollo. Este aspecto está mejor controlado en países desarrollados, en los cuales los esfuerzos se dirigen actualmente a compuestos de tipo orgánico como derivados de combustibles, antibióticos y disruptores endocrinos. De acuerdo con Gleick (1998), las enfermedades se han clasificado en cuatro grandes categorías: 1) por ingesta en el agua, en las que el patógeno se transmite a través del medio acuático, ya sea porque las excretas pasan al agua y luego a los seres humanos o porque se trate de una transmisión fecal-oral; 2) las que son el resultado de entrar en contacto con agua contaminada que no ha sido desinfectada de manera adecuada; 3) en las que el hospedero de cierto patógeno vive de manera natural parte de su ciclo de vida en el agua y que son transmitidas a través de ojos o piel cuando entran en contacto con el agua, 4) y las que están asociadas con la manera en que el agua es manejada. Por ejemplo, ciertos insectos, que son vectores de enfermedades, aprovechan el agua estancada, la cual es su hábitat natural. Recientemente se dio a conocer información relevante acerca de que el agua es el vehículo de transmisión que causa enfermedades respiratorias. Las enfermedades consideradas en México por las autoridades del agua y de salud se presentan en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de las enfermedades relacionadas con el agua (Modificado de Gleick, 1998, adaptada para México. SS = Secretaría de Salud, CONAGUA = Comisión Nacional del Agua, 2008).

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

La disparidad entre los parámetros considerados por los dos sectores nos lleva a sugerir que la CONAGUA deberá adicionar o bien usar las recomendaciones de la Secretaría de Salud (SS) en términos microbiológicos de manera más adecuada, ya que la SS incluye el criterio del impacto en salud humana, que es fundamental como parámetro del bienestar de los habitantes de este país.

Para entender el papel que juegan las condiciones ambientales en la salud de la población humana, se debe conocer también cuál es el papel de las poblaciones de microorganismos, animales y vegetales que cohabitan en los ecosistemas. La

nueva tendencia de *ecosalud* plantea que, a partir del trabajo multidisciplinario, se logran mantener ecosistemas saludables y gente saludable (Oglethorpe *et al.*, 2009; Boischio *et al.*, 2009). En este sentido, la alteración del agua -componente de los ecosistemas- por contaminación, explotación intensiva, modificación de los sistemas de agua subterránea, etcétera, resulta de gran relevancia para conservar la salud humana.

Para poder determinar el grado de contaminación del sistema acuático es necesario definir en qué nivel se encuentra, en qué concentración o densidad está, así como especificar de qué agente se trata. En México los trabajos orientados a la detección y cuantificación de contaminantes biológicos en el agua son escasos, pero algunos ejemplos se incluyen en el Cuadro 2, en el que se menciona la presencia de microorganismos.

Cuadro 2. Estudios recientes realizados en México sobre la presencia de microorganismos en aguas nacionales.

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

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

El uso del agua en México para diversos fines, también denominado consuntivo de acuerdo con el Registro Público de Derechos del Agua (CONAGUA, 2008), se clasifica en los siguientes tipos:

- agrícola: que incluye además pecuario, acuícola, usos múltiples y otros;
- abastecimiento público: para uso doméstico y público urbano;
- industria autoabastecida: industrial, agroindustrial, servicios, comercio;
- termoeléctricas: plantas generadoras de electricidad, no hidroeléctricas.

En su documento de 2008 la CONAGUA no define los términos público urbano y servicios, ni tampoco múltiples y otros, ni industrial. Estos datos, por lo tanto, no dejan del todo claro la cantidad de agua que se usa ni para qué uso se destina. Tampoco explican el tipo de agua residual que se genera ni el que contiene diversos compuestos o microorganismos ajenos a los sistemas acuáticos que se encuentran en éstos.

Las medidas de calidad del agua se clasifican de diferentes maneras. En la mayoría de los casos se agrupan como características físicas, químicas y biológicas

(Tchobanoglous y Schroeder, 1985; Folliot *et al.*, 2001). Como características físicas podemos considerar las siguientes: turbidez, sólidos, olor, temperatura y color. Las características químicas incluyen en el análisis la presencia de iones específicos como calcio, magnesio o plomo. Existen medidas burdas de las características del agua como son la alcalinidad, la dureza y la conductividad, que también son usadas como medidas generales de la calidad del agua (Tchobanoglous y Schroeder, 1985). Los iones mayores en agua incluyen cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio) y aniones (bicarbonato, cloruros). Muchas de las características químicas están dadas por interacciones entre iones. Los iones menores en agua son cationes, como aluminio, amonio, fierro y manganeso, y aniones, dentro de los que están el flúor y los fosfatos bisulfato, carbonatos e hidróxidos.

Las especies inorgánicas son, principalmente, metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio y zinc, entre otros. Otras especies inorgánicas, como nitrógeno y fósforo en forma de amonio, nitratos y ortofosfatos, son añadidas a los sistemas terrestres por las actividades humanas.

Los compuestos orgánicos pueden ser compuestos de origen natural o sintetizados por los humanos, también denominados compuestos orgánicos sintéticos. Los compuestos orgánicos naturales incluyen proteínas, carbohidratos y lípidos. Es necesario mencionar que, a partir de los años 40, se han desarrollado más de 100,000 compuestos orgánicos sintetizados y actualmente son utilizados de manera amplia. La mayoría de estos compuestos son aromáticos, derivados de combustibles, compuestos organoclorados utilizados como disolventes en la industria y plaguicidas usados en actividades agrícolas. También se incluyen detergentes, así como trihalometanos, subproductos de la desinfección con cloro (Tchobanoglous y Schroeder, 1985). Varios de los contaminantes mencionados tienen efectos sobre la salud, y en algunos otros casos no es clara la relación que pudieran tener con la salud.

En el agua también se encuentra materia orgánica cuya presencia y descomposición se mide para determinar la demanda química y bioquímica de oxígeno y carbono orgánico total. Las características biológicas del agua se relacionan principalmente con las poblaciones de microorganismos acuáticos, los cuales impactan la calidad del agua de manera directa, y el impacto más relevante es la transmisión de enfermedades por organismos patógenos (Tchobanoglous y Schroeder, 1985). Estos microorganismos se asocian con situaciones en las que desechos tanto animales como humanos tratados inadecuadamente o desechos depositados de manera inadecuada se encuentran en proximidad con los cuerpos de agua tanto superficiales como sistemas de agua subterránea (Folliot *et al.*, 2001). Los principales microorganismos en el agua limpia y en agua residual son bacterias, algas, protozoarios, gusanos, rotíferos, crustáceos y virus (Tchobanoglous y Schroeder, 1985).

Indicadores e índices de calidad del agua

Para llevar a cabo la evaluación de la calidad del agua se utilizan mediciones individuales de ciertas variables (como, por ejemplo, la cantidad de oxígeno disuelto y la presencia de coliformes fecales). La suma de varios indicadores es lo que proporciona un *Índice de Calidad del Agua* (ICA). Como lo mencionan Aboites *et al.* (2008), los datos sobre la calidad del agua en México son imprecisos y poco sistemáticos. A lo largo del periodo 1990-2009 se han aplicado varios ICA que, en el pasado, se basaban en 15 parámetros: oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, sólidos suspendidos, coliformes totales, coliformes fecales, nitratos, amonio, fosfato, fenoles, temperatura, alcalinidad, dureza y cloruros. A cada uno de estos parámetros se le asignaba un peso específico y se obtenía una media geométrica para posteriormente asignarle una calificación de 0 a 100, de acuerdo con la concentración o densidad de cada medición (León Vizcaíno, 1991). El número y tipo de parámetros han variado a lo largo de la primera década de 2000 (Aboites *et al.*, 2008). En la actualidad, en lugar de un índice, se reportan sólo tres parámetros -Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales (CONAGUA, 2008)-, lo cual da una idea poco adecuada de la calidad del agua y mucho menos aún de su relación con la salud.

Con base en el ICA, se consideran de tres a cinco categorías que incluyen: excelente, aceptable y contaminada en diversos grados, de levemente a fuertemente contaminada (Aboites *et al.*, 2008). Estos intervalos han cambiado cinco veces durante la última década, por lo que los indicadores e índices no son comparables. Esto ocasiona que exista, por un lado, poca certidumbre en las interpretaciones sobre la calidad del agua y, por otro, poca posibilidad de seguimiento en casos de monitoreo. Estos parámetros permiten reconocer gradientes de calidad del agua que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua con indicios o aportaciones importantes de aguas residuales de tipo municipal, industrial o una mezcla de ambas (CONAGUA, 2008). En el país existen limitaciones financieras para medir los parámetros de calidad. Que el ICA se base en menos parámetros implica un menor costo, pero es una visión incompleta de la calidad real del agua y de los sistemas de tratamiento que debieran usarse para mejorar la situación.

Información disponible sobre agua y salud

México se considera un país con ingresos medios altos, de acuerdo con la clasificación de economías del Banco Mundial (World Bank, 2009), y es, a partir de esta clasificación, que la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) reconoce diversos riesgos mundiales de salud para la población huma-

na. En este sentido, el agua no segura, sanidad e higiene conforman uno de los diez factores que influyen en la salud de la población en México (WHO, 2009). Este mismo factor se ubica entre los cinco principales factores ambientales de riesgo para países con economías como la mexicana (WHO, 2009).

En cuanto a los temas de agua y salud, la instancia gubernamental responsable es la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Secretaría de Salud (SS), respectivamente. Con el fin de analizar la situación con respecto al acceso de agua segura y su relación con la incidencia de enfermedades relacionadas, la CONAGUA publica las "Estadísticas del Agua en México" anualmente y, por otra parte, la SS publica el Boletín Epidemiológico semanalmente. Además, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), que depende de la SS, publica la calidad bacteriológica del agua a partir de las mediciones de cloro residual y bacterias indicadoras.

Un aspecto relevante de la información disponible en el país son las enfermedades que se reportan y que pueden asociarse con la calidad del agua. Al respecto, deben distinguirse las enfermedades de origen hídrico (por ingesta), las enfermedades por contacto con agua, así como las enfermedades producidas por vectores que requieren de agua para completar una parte de su ciclo de vida (Cuadro 1). Sin embargo, para relacionar las enfermedades gastrointestinales como son reportadas por la SS, con los datos de calidad del agua generados por la CONAGUA, nos enfrentamos a los siguientes hechos:

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

4. México es el segundo consumidor de agua embotellada y el primer país consumidor de refrescos embotellados en el mundo (Gleick *et al.*, 2004; INEGI, 2009). Una proporción importante de la población no consume el agua de los sistemas de distribución, independientemente de contar o no con un buen servicio de abastecimiento.

Es indispensable considerar estos hechos, ya que representan factores de confusión que deben ser tomados en cuenta cuando se pretenda relacionar la cobertura de abastecimiento de agua desinfectada con la incidencia de enfermedades gastrointestinales.

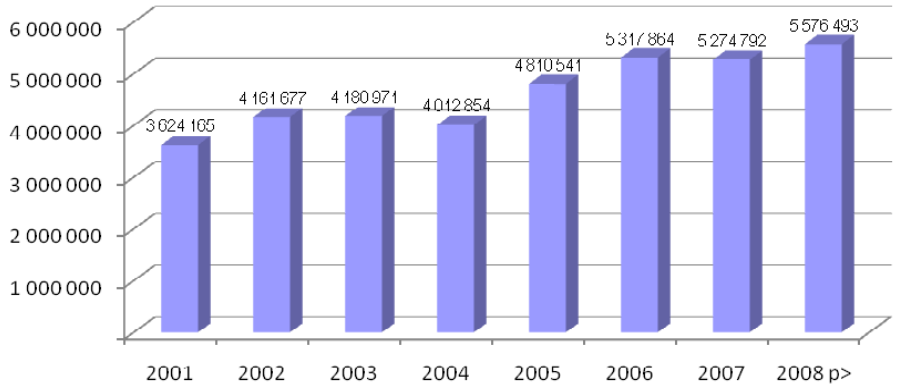


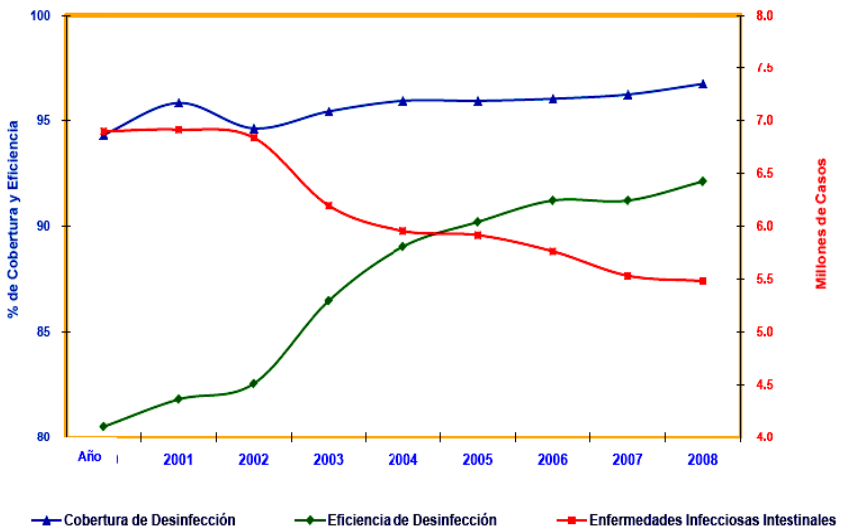
Figura 1. Volumen de ventas de agua embotellada (miles de litros). (Fuente: INEGI, 2008. Encuesta Industrial Mensual, 2001-2008)

La norma oficial mexicana que se refiere a las especificaciones sanitarias del agua embotellada o envasada es la NOM-201-SSA1-2002. La instancia responsable para el cumplimiento de la misma es la SS, a través de la COFEPRIS; sin embargo, no se encontró información oficial acerca de la calidad microbiológica del agua embotellada.

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

La CONAGUA realizó una aproximación para relacionar la cobertura y eficiencia de desinfección de agua con la incidencia de enfermedades infecciosas intestinales para el periodo 2000-2008 (CONAGUA, 2009). Sin embargo, al no contar con información básica sobre agua entubada (no necesariamente potable), agua procedente de la red de distribución ni sobre el consumo de agua embotellada y refrescos, en ese estudio no se fundamentan de manera adecuada las tendencias que presentan las autoridades responsables del manejo del agua (Figura 2).

Las enfermedades que considera la SS como enfermedades infecciosas intestinales, y que la CONAGUA considera de manera concentrada para relacionar la calidad del agua con la incidencia de enfermedades, son las siguientes: amebiasis intestinal, shigelosis, fiebre tifoidea, giardiasis, infecciones intestinales debidas a otros organismos y las mal definidas, intoxicación alimentaria bacteriana, paratifoidea y otras salmonelosis, así como otras infecciones intestinales debidas a protozoarios.



Fuente: Secretaría de Salud y CONAGUA / SGAPDS / Gerencia de Potabilización y Tratamiento.

Figura 2. Cobertura y eficiencia de desinfección frente a incidencia de enfermedades infecciosas intestinales en México, 2000-2008. (Fuente: CONAGUA, 2009)

La incidencia de las enfermedades infecciones intestinales que se reportan en México con respecto a países como Argentina y Chile, que tienen PIB similares, pueden estar relacionadas con la prestación de servicios básicos. Paralelo a esto, los tres países muestran una tendencia hacia la disminución en la incidencia de

este tipo de enfermedades (PAHO, 2010). La UNICEF y WHO (2008) reportan los avances en cobertura de abastecimiento de agua para consumo y de sanidad. A manera de comparación, en el Cuadro 3 se presentan los datos de 2006 correspondientes a México, Argentina y Chile.

Cuadro 3. Porcentajes de coberturas nacionales de abastecimiento de agua y saneamiento del año 2006.

	Agua para consumo %	Saneamiento %
México	95	81
Argentina	95	91
Chile	95	94

En el Cuadro 4 se muestran las enfermedades que se reportan en el Boletín Epidemiológico Nacional, mismas que pueden estar asociadas con el uso y consumo de agua contaminada con heces fecales.

Cuadro 4. Enfermedades asociadas con el agua, reportadas en el Boletín Epidemiológico Nacional de acuerdo con la clasificación de enfermedades de la Organización Mundial de la Salud (CIE 10 Rev, 2007).

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

Reuso del agua

La escasez de agua es un problema común en el mundo, tanto en países desarrollados como en desarrollo, lo que nos está llevando a su reuso y a una mayor

dependencia de fuentes de agua de menor calidad para satisfacer la demanda (Gray, 2008). El reuso de agua puede ser una práctica favorable cuando el agua residual es tratada de manera adecuada hasta lograr que su aprovechamiento no sea de alto riesgo para la salud pública.

Actualmente, en diversas áreas del país existe una dependencia del agua residual tratada o sin tratamiento para actividades productivas como la agricultura; por lo tanto, es indispensable plantear un reuso de bajo riesgo tanto para los productores como para los consumidores de los productos agrícolas. Esto incide directamente en los niveles de tratamiento de las aguas residuales destinadas al reuso.

México es el segundo país en el mundo, después de China, que utiliza agua residual cruda para riego en más de 180,000 hectáreas irrigadas y agua residual tratada en aproximadamente 70,000 hectáreas irrigadas (Jiménez, 2006), lo cual nos lleva a pensar en el riesgo que estas prácticas representan para la salud.

Saneamiento y tratamiento de aguas residuales

El propósito de tratar las aguas residuales es evitar la contaminación de los cuerpos de agua nacionales a los que son vertidas o bien reusar el agua. Sin embargo, si los procesos de tratamiento son deficientes, se incrementa la probabilidad de encontrar microorganismos como virus, algunas bacterias, protozoarios y huevos de helminto, que son tolerantes a los procesos de tratamiento de aguas residuales y que constituyen un riesgo para la salud pública una vez que las aguas son descargadas desde las plantas de tratamiento (Maier *et al.*, 2009). Por lo tanto, conocer la calidad de agua de reuso y monitorear la eficiencia de los procesos de tratamiento, así como aplicar nuevas tecnologías para la desinfección en diversas etapas, favorecerán la descarga y reuso de agua más segura.

Aunque la responsabilidad de la operación de las plantas de tratamiento recae en los gobiernos municipales y estatales, éstos no la consideran una acción prioritaria, por lo que los recursos locales resultan insuficientes para ampliar su cobertura y eficiencia. En muchos casos el apoyo de recursos federales es indispensable tanto para la operación y mantenimiento como para la rehabilitación de las instalaciones. Con el aumento en la demanda de los recursos hídricos, el buen uso y reuso de éstos se convierte en una prioridad nacional. La calidad del agua en todo el país es un tema fundamental de microbiología ambiental, especialmente si se considera que diversos patógenos de origen hídrico continúan emergiendo y que su resistencia a los antibióticos es cada vez mayor.

Una población sana depende de un ambiente saludable. En este contexto el monitoreo ambiental y el uso de indicadores de salud han sido reportados en diferentes partes del mundo. En el contexto de una acelerada dinámica de deterioro

ambiental que impacta la salud humana, la salud ambiental ha sido pobremente definida, escasamente evaluada o cuantificada e incluso ignorada, porque se ha demostrado que existe una estrecha relación entre la salud del ambiente y la del ser humano (Gopalan, 2009).

Recientemente se han reportado una gran variedad de enfermedades emergentes y reemergentes que afectan la salud pública y animal. El aumento en su incidencia se ha asociado con el desarrollo de las sociedades modernas, la movilidad de poblaciones humanas, la degradación, alteración y contaminación de los ecosistemas, así como con la consecuente modificación de los patrones de transmisión de los agentes infecciosos. Algunos ejemplos de microorganismos que han tenido ya un impacto significativo en la salud son los casos de *Escherichia coli* O157:H7, que causa la fiebre entero hemorrágica; el virus de Hepatitis E, que causa hepatitis de transmisión entérica; Norovirus, asociado con diarrea; *Helicobacter pylori,* causante de úlceras estomacales asociadas con cáncer gástrico; *Cyclospora*, causante de eventos diarreicos, así como *Cryptosporidium,* causante de criptosporidiosis (Maier *et al.*, 2009).

Si bien existen reportes de microorganismos de manera aislada para ciertas localidades como resultado de estudios puntuales (Cuadro 2), no existe un monitoreo sistemático y, por lo tanto, los microorganismos pueden estar ausentes de estudios asociados con brotes que no proveen evidencia que permita establecer una relación entre la condición del agua y su riesgo para la salud. Esta combinación de compuestos y microorganismos que afectan los sistemas acuáticos exponen nuestra salud, como seres vivos, a una mezcla simultánea de agentes externos. Aún ignoramos los efectos de muchos de los compuestos en la salud humana, como la resistencia de las bacterias a antibióticos o los disruptores endocrinos, entre otros.

Es necesario tomar en cuenta la diferencia entre países desarrollados y en desarrollo. Por ejemplo, la prevalencia de *Helicobacter pylori* en desarrollo se presenta en los primeros años de vida con una prevalencia mayor de 50%, mientras que en países desarrollados, la prevalencia de infección en niños es usualmente menor de 10% (Graham *et al.*, 1991). Datos específicos de México muestran prevalencia de la infección por *H. pylori* que presenta una seroprevalencia de 20% en niños menores de 1 año y de 50% a los 10 años de edad, así como de más de 80% en los adultos seropositivos a los 25 años de edad (Torres *et al.*, 1998). Además, se ha reportado una gran homología (96-99%) entre los genes rRNA 16S del *H. pylori* humano y ambiental, lo que permite apoyar la idea de que su vía de transmisión es el agua (Mazari Hiriart *et al.*, 2005a).

2. Preocupaciones actuales
Transición epidemiológica

La transición epidemiológica se refiere a las modificaciones de la situación de salud de la población en relación con los cambios demográficos, sociales y económicos, e implican cierta variación en servicios de salud, en hábitos de limpieza y nutrición de la población (Arredondo *et al*., 2003). En esta transición epidemiológica, el perfil de la salud de la población cambia de alta mortalidad por enfermedades infecciosas, desnutrición y problemas perinatales, a un perfil de baja mortalidad por causa de enfermedades degenerativas crónicas, no infecciosas (Arredondo *et al*., 2003; Stevens *et al*., 2008).

El conocimiento de las causas de enfermedad y de mortalidad son aspectos fundamentales para establecer y evaluar programas de salud (Stevens *et al*., 2008). La contribución relativa de las enfermedades sobre la salud poblacional, es decir, de lo que se enferman (morbilidad) y de lo que mueren (mortalidad) los habitantes, así como el cambio espacio-temporal de dichas contribuciones permiten dirigir las acciones para reducir riesgos de una manera eficiente (Arredondo *et al*., 2003).

El análisis de la dinámica de cambio espacio-temporal de la morbilidad y mortalidad permite reconocer situaciones que se presenten en todo el país o en una cierta región y que demanden atención a nivel nacional, regional o incluso local (Stevens *et al*., 2008).

De acuerdo con la información disponible sobre salud, se ha reportado que México está avanzando en su transición epidemiológica porque han disminuido las muertes por enfermedades infecciosas y, en cambio, han aumentado los problemas de salud a causa de infartos, accidentes cerebro-vasculares, sobrepeso, obesidad y diabetes (Stevens *et al*., 2008). Sin embargo, en algunos estados, como Guerrero, Chiapas, Michoacán y Oaxaca, hay un retraso en esta transición epidemiológica, porque sus niveles más altos de mortalidad son por enfermedades infecciosas y desnutrición (Stevens *et al*., 2008).

En relación con los temas ambientales, una preocupación es que en el país no se han resuelto del todo los problemas sanitarios básicos relacionados con enfermedades infecciosas y que enfrentamos un incremento en las enfermedades degenerativas crónicas, asociadas con compuestos derivados de actividades industriales y agrícolas. Esto constituye una situación de país en desarrollo combinada con una de país desarrollado, lo cual trae serios riesgos para la salud de la población tanto a corto como a largo plazo.

Resistencia a antibióticos

Los enterococos son miembros de la microbiota normal del intestino en el humano y los animales. Además, es el patógeno nosocomial (de hospitales) más importante por su gran capacidad de adquirir altos niveles de resistencia a los antibióticos, así como por su capacidad de intercambio genético (Manero, 2006). Los aislamientos de enterococos multirresistentes pueden persistir en los ecosistemas por mucho tiempo. Talebi (2008) describe investigaciones en las que se brinda una de las primeras evidencias de asociación entre los aislados de *Enterococcus faecium* del agua residual y los humanos, porque en la gran mayoría de los aislamientos existen características fenotípicas[1] y genotípicas[2] distintas. Es de destacar el hallazgo de un grupo común en cinco *E. faecalis* de humanos y agua residual, que aunque los agrupan por sus características externas o sus patrones fenotípicos, sus patrones de resistencia antimicrobiana son diferentes y probablemente tienen su origen en una asociación epidemiológica. La estabilidad de *E. faecalis* la hace resistente a la gentamicina[3] en agua residual, y eso le permite sobrevivir y pasar a un agua de mejor calidad, como la que llega a los hospitales (Manero *et al.*, 2006).

Existe una asociación entre las enfermedades infecciosas emergentes (EIE) y las causas que las producen, ya sean biológicas o sociales (Weiss *et al.*, 2004). Para ello, se ha determinado que existe un incremento anual en la zoonosis, y el punto más importante de las EIE se sitúa entre los años 1980 y 1990, que se asocia con el virus de inmunodeficiencia humana. Por mucho, el agente infeccioso en estas EIE son bacterias o ricketsias[4], con 54.3%. Este grupo está típicamente representado por la aparición de cepas resistentes a antibióticos, como por ejemplo, *Staphylococcus aureus,* resistente a vancomicina, y *Mycobacterium tuberculosis,* multirresistente a antibióticos. Por su lado, la proporción atribuida a virus y priones es de tan sólo 25.4% (Jones, 2008), que contrasta fuertemente con lo reportado de 37% a 44% para éstos y de 10% a 30% para bacterias (Cohen, 2000). La mayoría de las EIE son causadas por eventos zoonóticos,[1] o de origen animal, no por eventos humanos, lo que representa un riesgo muy significativo para la salud mundial (Smolinski *et al.*, 2003).

El 20.9% de las EIE son debidas a bacterias con resistencia a uno o más antibióticos. Este porcentaje se incrementó con respecto al tiempo que probablemente está relacionado con un correspondiente incremento en el uso de antibióticos, particularmente en países desarrollados de latitudes altas. En un análisis reciente se mostró que los parámetros como población humana, uso de antibióticos y prácticas agrícolas son importantes determinantes de la distribución espacial de los eventos de EIE, además de condiciones ecológicas o ambientales que podrían

[1] Referente a las enfermedades que se transmiten por animales.

afectar la distribución de patógenos. La densidad de población humana es un elemento común que predice significativa e independientemente todas las categorías. Los eventos de EIE causados por bacterias resistentes a antibióticos son afectados por la densidad de población humana, crecimiento, latitud y precipitación. Por lo que, con base en estas observaciones, en el futuro las investigaciones deberán de realizarse en los sitios que presenten los riesgos arriba señalados, ya que serán estas regiones las que tengan una mayor probabilidad de presentar nuevas EIE causadas por bacterias.

Compuestos sintéticos orgánicos

No ha sido evaluado, salvo en sitios y eventos puntuales, el problema que representa el incremento en el uso de compuestos sintéticos orgánicos, generados artificialmente por el hombre, como residuos de plaguicidas (fumigantes, fungicidas, insecticidas, herbicidas, entre otros), residuos tanto líquidos como sólidos que contienen componentes persistentes, como disolventes producidos por actividades industriales, así como derivados de la industria petrolera con compuestos de tipo aromático, como subproductos de combustibles.

La importancia de estos compuestos estriba en que tienen efectos en la salud pública que aún no han sido valorados ni cuantificados, y cuyas concentraciones generalmente son del orden de partes por billón (ppb) equivalente a microgramos por litro (µg/L), y partes por trillón (ppt) o nano gramos por litro (ng/L). Se están llevando a cabo investigaciones en el mundo para mostrar los daños que pueden llegar a causar estos compuestos en hígado, riñón, sistema nervioso central, sistema reproductivo, y ya se sabe que algunos son carcinogénicos. La gravedad del problema es que, en general, ocasionan daños irreversibles a la salud.

En particular, el agua proveniente de fuentes difusas, como lo es el agua de retorno agrícola que se infiltra en cuerpos de agua superficiales y acuíferos en los cuales no se evalúa la presencia de nutrientes ni plaguicidas, puede llegar a los sistemas de los cuales se abastece a la población. Cuanto más tecnificada sea una región (*i. e.*, distritos de riego, zonas con invernaderos), se puede esperar, en principio, un mayor uso de este tipo de agroquímicos.

Trihalometanos

Con el uso de los métodos tradicionales de desinfección con cloro en aguas que tienen un alto contenido de materia orgánica, se han generado nuevos problemas en su calidad, por ejemplo, por la formación de compuestos orgánicos clorados, denominados trihalometanos (THM), que incluyen cloroformo, bromoformo, dibromoclorometano y bromodiclorometano (US EPA, 1998). Se ha reportado que estos compuestos son cancerígenos en animales de laboratorio (Dunnick

y Melnick, 1993). Con base en estudios epidemiológicos, se sugiere que existe una asociación entre la exposición al agua clorada con el cáncer de vejiga, recto y colon en humanos (Cantor *et al.*, 1998; Hildesheim *et al.*, 1998). Además, se sabe que la concentración permisible de la suma de estos cuatro compuestos tiene efectos adversos en el sistema reproductivo (Betts, 1998).

La Directiva Europea (98/83/CEE) estableció que para el 25 de diciembre de 2008 la concentración máxima permitida de trihalometanos es de100 mg/L, mientras que para nuestro país, la NOM-127-SSA1-1994 de agua para uso y consumo humano estipula una concentración total de 200 mg/L (DOF, 2000). En Argentina, el Código Alimentario Argentino (Ley 18.284, 2007) señala que el límite permisible es de 100 mg/L, que la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés) recomienda una concentración máxima de 100 mg/L (US EPA, 2000). De acuerdo con estos índices, cabe preguntarse si, aun cuando es el método más económico y difundido, la desinfección con cloro realmente representa la panacea de la desinfección, o si debemos pensar en aplicar y financiar métodos alternativos, como la radiación con luz ultravioleta o la ozonificación, que son más costosos pero más seguros, o debemos generar otras opciones.

Disruptores endocrinos

De la gran cantidad de substancias químicas que se vierten en el agua, se ha detectado un grupo de compuestos denominados disruptores endocrinos (DE). En la actualidad se estima que aproximadamente 100,000 substancias son sospechosas de comportase como DE. Éstos provienen de productos y subproductos farmacéuticos e industriales, como medicamentos, envases para alimentos y bebidas, recubrimientos de productos enlatados, productos para la higiene personal (champús, jabones, pastas dentales, desodorantes, cosméticos), productos para limpieza en el hogar (limpiadores de pisos y de vidrios, suavizantes de ropa y detergentes), entre otros (Itria *et al.*, 2002; Gibson *et al.,* 2007).

En los últimos 50 años, los compuestos químicos sintéticos han adquirido gran importancia por las consecuencias que producen en el medio ambiente, de tal manera que es poco probable encontrar un ecosistema en el que no esté presente alguno de estos numerosos DE (Colborn *et al.*, 1993). Estos compuestos son de diversa naturaleza química, y entre los más conocidos se encuentran medicamentos hormonales, plaguicidas, dioxinas, compuestos fenólicos, disolventes, ftalatos y bifeniles policlorados (BPC). Todos los disruptores endocrinos tienen la capacidad de alterar los procesos hormonales de los seres vivos, y debido tanto a su estructura como a su composición química, tienden a acumularse principalmente en el tejido adiposo, además de que intervienen en los procesos metabó-

licos. Los DE son considerados asimismo compuestos que causan problemas de intersexualidad, teratogénesis y carcinogénesis (Guillette *et al.*, 1994; Guillette, 1995; Folmar *et al.*, 1996).

México todavía no cuenta con datos sobre la presencia de DE, por lo que menos aún cuenta con información para determinar la procedencia para establecer una norma, o al menos un programa preventivo, que regule el uso de estas substancias en ningún tipo de ecosistema terrestre o acuático. En 2002 la Unión Europea elaboró una lista de 550 substancias con sospecha de capacidad efectiva, potencial o insuficientemente documentada de causar disrupciones endocrinas (www.istas.net/ma/decops/2002). En México se están realizando estudios sobre este tipo de compuestos por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM, en la zona de Distrito de Riego 03 Tula, Hidalgo, que recibe aguas residuales de la Ciudad de México y que son reutilizadas para riego (Jiménez *et al.*, en preparación), y por parte del Instituto de Ecología de la UNAM, en Xochimilco (Díaz, 2009).

3. Agua: visión actual y futura

Existen deficiencias y falta de integración en la información disponible sobre agua, saneamiento y salud, lo que brinda una visión parcial de la problemática. Es necesario integrar esfuerzos para contar con propuestas de solución holística y no sesgadas, hasta donde sea posible, o para resolver problemas urgentes. Existe información escasa y monitoreo deficiente tanto en salud pública como en la calidad del agua, lo que aún no ha permitido realizar asociaciones entre éstas.

Con el fin de mejorar la disponibilidad de los recursos hídricos, hay que utilizar un conjunto de soluciones que tomen en consideración aspectos geográficos, ecológicos, ambientales, tecnológicos-ingenieriles, sociales y políticos, así como los servicios de abastecimiento y distribución de agua, y que vayan de manera paralela al mejoramiento de servicios de salud y a la conservación de ecosistemas sanos. Para lograr una visión más completa, es urgente el monitoreo de la calidad del agua, después de decidir los parámetros y dónde y con qué frecuencia es necesario medirlos, además de definir el monitoreo específico necesario por región, de acuerdo con las actividades productivas y la densidad poblacional de las diferentes zonas del país.

La disponibilidad del agua está cambiando y ya existen regiones con escasez de agua; la calidad del agua para los diversos usos se ha deteriorado, y cada vez tenemos un mayor número de eventos extremos y desastres relacionados con el recurso. La situación actual implica un cambio de actitud con respecto al uso del recurso agua en todos los sectores de la población. Esto significa que los usuarios debemos reducir de manera racional su consumo y reusar el agua para diversas

actividades, y que, en la medida de lo posible, la industria la recicle. De manera urgente, debe llevarse a cabo un uso eficiente y adecuado en el manejo del agua, tanto en zonas urbanas como rurales.

Debe tenerse en cuenta que las poblaciones necesitan agua de cierta calidad para diversos usos, y la relación del agua con los posibles efectos en la salud humana. Ante esta problemática, el trabajo interdisciplinario es fundamental para plantear soluciones creativas y estrategias nuevas.

4. A manera de conclusiones

Desde el punto de vista microbiológico, relacionado directamente con el saneamiento básico, los parámetros que se consideran como la base para determinar si el uso de agua proveniente de una fuente específica es seguro o no son deficientes. El monitoreo de bacterias, en especial coliformes, que son indicadoras de la posible presencia de materia fecal en el agua, es poco específico, ya que no permite saber si está presente otro tipo de microorganismos, como virus o parásitos de mayor tamaño, y si existe resistencia de éstos a los sistemas de tratamiento y desinfección. Ésta es una visión parcial y obsoleta de la calidad microbiológica del agua.

En la actualidad es necesario considerar una serie de riesgos adicionales, que incluyan el mayor número de habitantes que generan un mayor caudal de aguas residuales y para las que no existe capacidad de tratamiento en el país. Además, es evidente el creciente uso de substancias y generación de residuos de compuestos sintéticos orgánicos, de los cuales se sabe que producen efectos irreversibles en la salud humana, pero como no han sido evaluados, se desconocen sus niveles y efectos en México. La evaluación de este tipo de compuestos implicará utilizar nuevos métodos de detección y análisis. Es imperativo modernizar los laboratorios del país, para que estén en posibilidad de elaborar pruebas más específicas, así como capacitar y actualizar al personal. Asimismo, es imperativo el uso de herramientas que de forma sencilla permitan evaluar los riesgos a la salud.

Es necesario pensar en sistemas de tratamiento innovadores en combinación con sistemas de diferente tipo pero de efectividad probada.

En México le seguimos apostando a las soluciones tecnológicas para cuya aplicación no existen ni existirán suficientes recursos financieros. Requerimos de soluciones concretas y prácticas para la evaluación de la calidad del agua. También necesitamos que se actualicen las normas y las leyes asociadas con el agua y sus diversos usos, así como las relacionadas con el vertimiento de aguas residuales que están siendo reusadas. Además, es preponderante que existan sanciones que se apliquen específicamente para la solución de los problemas en el mismo sector.

Sabemos que se trata de una modificación paulatina, pero ésta debe acelerarse, porque los problemas nos están rebasando.

Desde el punto de vista científico y tecnológico, así como su contraparte costo-beneficio, debe tenerse una visión a largo plazo. Además, es preponderante considerar la contraparte social, económica y política. Asimismo, es necesario concientizar a la sociedad de que la problemática del agua es problema de todos y que la solución también es asunto de todos los sectores. Es importante preguntarnos qué le dejaremos a las siguientes generaciones en cuanto a la disponibilidad y calidad del agua, un recurso que resulta indispensable para nuestra vida diaria.

Es fundamental reconocer que en las dos últimas décadas no hemos avanzado en los temas relacionados con el agua y la salud al ritmo que la problemática lo requiere. Es necesario actualizar diferentes aspectos y actuar a la brevedad en respuesta a ella. Esto es, desde el desarrollo de un monitoreo basado en los parámetros más adecuados tanto en agua como en aspectos relacionados con la salud, así como en la aplicación de la tecnología, la actualización legislativa y normativa, hasta un cambio de actitud de la población.

A través de la Academia Mexicana de Ciencias, proponemos abrir la discusión sobre estos temas y entablar una relación entre los laboratorios responsables del monitoreo tanto ambiental como de salud, los tomadores de decisiones y las áreas técnicas de universidades y centros de investigación, para unir esfuerzos por el bien de nuestra sociedad. Además, se podrá promover un mejor cumplimiento de la legislación y normatividad, ya que esto representa parte de la solución a esta serie de problemas ambientales y de salud pública, que resulta fundamental resolver para el bienestar de la sociedad mexicana de hoy y del futuro.

Referencias

Código Alimentario Argentino. http://www.anmat.gov.ar/codigoa/Capitulo_XII_Agua_2007-05.pdf

COFEPRIS (2008). Agua de calidad bacteriológica. http://201.147.97.103/wb/cfp/cfp_calidad_bacteriologica/_rid/321?page=4

Cohen, M. L. (2000). Changing patterns of infectious disease. *Nature* 406, 762-767.

Comisión Nacional del Agua (2009). Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. SEMARNAT. México, D. F.

Chaidez, C.; Soto, M.; Martínez, C. & Keswick, B. (2008). Drinking water microbiological survey of the Northwestern State of Sinaloa, Mexico. *Journal of Water and Health* 6(1): 125-129.

Dirección General de Epidemiología (DGEPI) (2009). Principales causas de morbilidad. Secretaría de Salud. http://www.dgepi.salud.gob.mx/boletin/morbilidad/princ_causas/nacional/00Principales51.XLS

Dunnick, J. K. & Melnick, R. L. (1993). Assessment of the carcinogenic potential of chlorinated water: experimental studies of chlorine, chloramine, and trihalomethanes. *J. Nat. Cancer Inst. 85*: 817-822.

Espinosa, A. C.; Arias, C. F.; Sánchez Colón, S. & Mazari Hiriart, M. (2009). Comparative study of enteric viruses, coliphages and indicator bacteria for evaluating water quality in a tropical high-altitude system. *Environ Health* 8(1): 49-59.

Espinosa, E. J. (2009). Contaminación biológica de las fuentes de suministro del Valle de Tula. Tesis de Maestría. Instituto de Ingeniería, UNAM.

Gleick, P. H. (1998). The World´s Water 1998-1999. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press. Washington, D. C.

——, P. H.; Cain, N. L.; Haasz, D.; Henges-Jeck, Ch.; Hunt, C.; Kiparsky, M.; Moench, M.; Palaniappan, M.; Srinivasan, V. & Wolff, G. H. (2004). The world´s water. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press. Washington, D. C.: 362.

Graham, D. Y.; Malaty, H. M.; Evans, D. G.; Evans, D. J.; Klein, P. D. & Adam, E. (1991). Epidemiology of *Helicobacter pylori* in an asymptomatic population of the United States. *Gastroenterology* 100: 1495.

Gray, N. F. (200). Drinking Water Quality. Problems and Solutions. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 2nd ed.: 520 pp.

Hernández Morga, J.; León Félix, J.; Peraza Garay, F.; Gil Salas, B. G. & Chaidez, C. (2009). Detection and characterization of hepatitis A virus and Norovirus in estuarine water samples using ultrafiltration – RT-PCR integrated methods. *J Appl Microbiol* 106(5): 1579-1590.

Hildesheim, M. E.; Cantor, K. P.; Lynch, C. F.; Dosemici, J. L.; Alavanja, M. & Craun, G. (1998). Drinking Water Source and Chlorination Byproducts II. Risk of Colon and Rectal Cancers. *Epidemiology 9* (1): 29-35.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2009). Encuesta Industrial Mensual. México, D. F.

International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICID). 10th Revision Version for 2007. WHO. http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/

Jiménez, B. (2006). Irrigation in Developing Countries Using Wastewater. *Int Rev for Environ Strategies* 6(2): 229-250.

Jones, K. E.; Patel, N. G.; Levy, M. A.; Storeygard, A.; Balk, D.; Gittlman, J. L. & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging Infectious Diseases. *Letters. Nature* 451: 990-995.

León Vizcaíno, L. F. (1991). Índice de Calidad del Agua (I.C.A.), *Informe Técnico* SH-9101/01, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México.

López Vidal, Y.; Amieva Fernández, R. I.; Castillo Rojas, G. y Mazari Hiriart, M. (2006). *Enterococcus*: un marcador de contaminación de agua en múltiples fuentes. Hortillonnages et Chinampas: quelle gestion et quel devenir pour ces espaces fragiles et menacés. Colloque Franque-Mexicain. Amiens, France 15-16 juin.

Maier, R., Pepper, I. L. & Gerba, C. P. (2009). *Environmental Microbiology.* Academic Press. China.

Manero, A.; Vilanova, X.; Cerdá-Cuéllar, M. & Blanch, A. R. (2006). Vancomycin- and erythromycin-resistant enterococci in a pig farm and its environment. *Environ Microb* 8:667-674.

Maya, C.; Salgado Velázquez, G. y Jiménez Cisneros, B. (2000). "Frecuencia y variación estacional de los géneros de huevos de helminto más comúnmente encontrados en aguas residuales de México". XII Congreso Nacional 2000 Ciencia y Conciencia, "Compromiso Nacional con el Medio Ambiente", Año 1, No. 1, Tomo I. 704-713 pp. FEMISCA. Morelia, Michoacán.

Mazari Hiriart, M.; Cruz Bello, G.; Bojórquez Tapia, L. A.; Juárez Marusich, L.; Alcantar López, G.; Marín, L. E. y Soto Galera, E. (2006). Groundwater Vulnerability Assessment for Organic Compounds: Fuzzy Multicriteria Approach for Mexico City. *Environmental Management* 37(3): 410-421.

—— Hiriart, M.; López Vidal, Y. & Calva, J. J. (2001a). *Helicobacter pylori* in water systems for human use in Mexico City. *Wat Sci Technol* 43(12): 93-99.

—— Hiriart, M.; López Vidal, Y.; Castillo Rojas, G.; Ponce de León, S. & Cravioto, A. (2001b). *Helicobacter pylori* and other enteric bacteria in freshwater environments in Mexico City. *Arch Med Res* 32: 458-467.

—— Hiriart, M.; López Vidal, Y.; Ponce de León, S.; Calva, J. J.; Rojo Callejas, F. & Castillo Rojas, G. (2005ª). Longitudinal study of microbial diversity and seasonality in the Mexico City metropolitan area water supply system. *Appl Environ Microbiol* 71(9): 5129-5137.

—— Hiriart, M.; López Vidal, Y.; Islas Macías, P.; Pérez Ortiz, G.; Amieva Fernández, R. I. y Espinosa García, A. C. (2005b). Informe Técnico Final Proyecto Calidad del Agua en el Lago de Valle de Bravo. UNAM-Pro-Cuenca. México, D. F.

Oglethorpe, J.; Honzak, C. & Margoluis C. (2008). Healthy people, healthy ecosystems: A manual for integrating health and family planning into conservation projects. World Wildlife Fund, Washington, D. C.

PAHO (2009). Vigilancia en salud pública en las Américas. Sistemas Nacionales de Vigilancia Epidemiológica y de Información Estadística www.paho.org/Spanish/DD/AIS/vigilancia-sp.htm

Smolinski, M. S.; Hamburg, M. A. y Lederberg, J. (2003). Microbial Threats to Health: Emergence, Detection, and Response. National Academies Press, Washington, D. C.

Stevens, G.; Dias, R. H.; Thomas, K. J. A.; Rivera, J. A.; Carvalho, N.; Barquera, S.; Hill, K. & Ezzati, M. (2008). Characterizing the epidemiological transition in Mexico: National and subnational burden of diseases, injuries and risk factors. *Plos Medicine* 5(6): 900-910.

Talebi, M.; Rahimi, F.; Katouli, M. R. & Mollby, R. (2008). Pourshafie MRE-pidemiological Link Between Wastewater and Human Vancomycin-Resistant Enterococcus faecium Isolates. *Current Microbiol* 56:468-73.

Tchobanoglous, G. & Schroeder, E. D. (1985). *Water Quality.* Addison-Wesley Publ. Co. Reading, Massachusetts: 768.

Torres, J.; Leal Herrera, Y. & Pérez Pérez, G. (1998). A community-based seroepidemiology study of *Helicobacter pylori* infection in Mexico. *J. Infection Diseases* 178: 1089.

UNICEF and World Health Organization (2008). Progress on drinking water and sanitation. UNICEF, New York and WHO, Ginebra, Suiza.

US Environmental Protection Agency (2000). *Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable.* US EPA Documento 815-F-00-007.

http://EPA Ground Water Drinking Water Estndares Reglamento Nacional Primario de Agua Potable.

US Environmental Protection Agency (2004). Estimated Per Capita Water Ingestion and Body Weight in the United States–An Update. EPA-822-R-00-001.

Weiss, R. A. & McMichael, A. J. (2004). Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nature Med* 10: S70-S76.

World Bank (2009). Data and Statistics. Country Classification. (http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/0,,contentMDK:20420458~menuPK:64133156~pagePK:64133150~piPK:64133175~theSitePK:239419,00.html)

World Health Organization (WHO) (2009). Global Health Risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. WHO Press. Ginebra, Suiza.

12. Procesos políticos e ideas en torno a la naturaleza del agua: un debate en construcción en el orden internacional

Alex Ricardo Caldera Ortega *
María Luisa Torregrosa y Armentia*

Resumen

El artículo aborda la disputa por los significados en torno a la naturaleza del agua: por un lado el agua como bien económico y en el otro extremo como un derecho humano. Asimismo se hace una revisión de la emergencia de la propuesta de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) y cómo se posicionó como un paradigma aceptado por la mayoría de los actores internacionales, y se explora la manera en cómo subyacen, en las diferentes propuestas de la GIRH, las diferentes visiones sobre la naturaleza del agua que compiten en el subsistema de política hídrica. Por último, se hace una reflexión sobre los efectos de este proceso para el caso mexicano, con la intención manifiesta de motivar en el lector una discusión crítica del proceso político que entraña el diseño de la política hídrica en el país y de sus pobres resultados al tratar de superar la crisis del agua.

Palabras clave:

Crisis del agua, valor del agua, gestión integral, política hídrica.

* Alex Ricardo Caldera Ortega es profesor-investigador de la Universidad de Guanajuato, Campus León, y María Luisa Torregrosa es profesora-investigadora de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México.

1. Introducción

La intención del capítulo es hacer una breve revisión del proceso político por el cual ciertos valores, creencias y orientaciones en torno a la crisis del agua se han convertido en visiones competitivas por parte de los actores relevantes en el orden internacional para estructurar una política hídrica mundial que busca incidir en el orden local. El centro de atención, por un lado, es la disputa por los significados en torno a la naturaleza del agua, la cual se debate entre una visión del agua como bien económico y otra que concibe el recurso vital como un derecho humano. Por otro lado, se trata de una revisión de cómo la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) se posicionó como un paradigma aceptado por la mayoría de los actores internacionales, pero que lejos de ser un mero instrumento técnico para un manejo más eficiente y sostenible del agua en las cuencas, está impregnado por el conjunto de ideas que subyacen en cada una de la visiones que sobre la naturaleza del agua compiten en el subsistema de la política hídrica.[1]

El medio para este análisis es una revisión del conjunto de ideas expresadas en discursos y plasmadas en documentos que han sido producto de cumbres, conferencia y foros internacionales —oficiales y no— que van desde la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano de Estocolmo de1972, hasta el V Foro Mundial del Agua de Estambul,, celebrado en 2009.

Por último, se hace una reflexión sobre los efectos de este proceso para el caso mexicano, con la intención manifiesta de motivar en el lector una discusión crítica del proceso político que entraña el diseño de la política hídrica en el país y de sus pobres resultados al tratar de superar la crisis del agua.

2. Las ideas en torno a la GIRH

En la última década se ha insistido en el mundo de los tomadores de decisiones que la actual crisis del agua es, ante todo, una crisis de gobernanza.[2] Se coincide que más que un problema técnico o natural, asegurar agua para el futuro es una cuestión de instituciones, involucramiento de más actores y una gestión efectiva.

[1] Un sistema político se caracteriza por fragmentarse en una variedad de subsistemas de políticas, los cuales en este sentido estarían haciendo referencia a los ámbitos sectoriales (*i. e.,* gestión del agua, protección del medio ambiente, reforma educativa, seguridad pública, etcétera) donde se desarrollan las políticas públicas. Cada subsistema de política en lo individual está formado por el grupo de actores, públicos y privados, que interactúan de forma regular en la formulación e implementación de dichas políticas (Sabatier P. A. y H. C. Jenkins-Smith, 1999: 119).

[2] La crisis del agua hace referencia a "carencias en relación al acceso al agua y a los servicios de saneamiento, a la extendida degradación y agotamiento de los ecosistemas acuáticos y acuíferos, a los daños y riesgos relacionados con el uso y gestión del agua en diferentes áreas de actividad"(Castro, E. *et al*., 2006: 234).

Se trata de una fragmentación en la administración del agua a través de medios y sectores que normalmente chocan en sus lógicas e intereses, y que condenan el uso irracional de los recursos hídricos pero sin dar posibilidades de establecer objetivos coordinados para revertir esta tendencia.[3]

Si bien la idea de la GIRH aparece formalmente hasta las cumbres de Dublín y Río en 1992, en términos contemporáneos las bases del concepto la encontramos tanto en el sistema de confederaciones hidrográficas que desde 1926 adoptó España para organizar el manejo del agua a partir de la consideración básica de la cuenca de los ríos,[4] como por supuesto en el caso de la Autoridad del Valle del Tennessee (TVA, por sus siglas en inglés), la cual, con el espíritu de la planeación racional comprehensiva, integró bajo una sola autoridad el manejo de una cuenca para el desarrollo regional.[5]

Recientemente se ha hecho manifiesto un consenso entre las principales agencias internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Banco Mundial (BM), la *Global Water Partnership* (GWP) o el *World Water Council* (WWC), que promueven la idea de que en las experiencias locales exitosas, es decir, aquellas que han podido revertir la tendencia de la sobreexplotación, se encuentra un denominador común: diseños institucionales en los que han participado los usuarios y en los que ampliamente están representados sus intereses y preferencias. En esta perspectiva, 'las buenas prácticas' se identifican con la implementación de una estructura de manejo de los sistemas hídricos (lagos, ríos o acuíferos) apegados al paradigma de la GIRH.[6]

---

[3] Ver Agenda 21, artículo 18. Además, Peña, H. y M. Solanes (2003).

[4] En Valencia, España, desde el siglo X encontramos tribunales del agua en los que los diferentes usuarios involucrados se reunían a deliberar en torno a asuntos de los ríos (Rahaman, M. M. y O. Varis, 2005: 15).

[5] Sin embargo, experiencias como la española -la cual se vio afectada sin duda durante el periodo franquista al reducir o extinguir mecanismos participativos en el proceso de toma de decisiones y que sólo se puede retomar hasta después de la década de los ochenta en el periodo de transición y lucha por las autonomías- o la misma de la TVA fueron imposibles de reproducir en un mundo invadido por la inestabilidad política y la crisis económica. México tuvo un intento con la adopción de una política de desarrollo regional basada en las llamadas comisiones de cuencas hidrográficas durante los años 40 del siglo pasado, pero las condiciones políticas del sistema presidencialista mexicano y la presencia de cacicazgos regionales hicieron abortar la intención hacia los años 70. Para el caso mexicano, ver Barkin, D. y T. King (1986).

[6] *Integrated Water Resources Management* (IWRM). La definición de GIRH que generalmente es utilizada es la de la GWP, que la define como "un proceso que promueve el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales" (Rogers, P. y A. W. Hall, 2003).

Ligado al anterior, los temas relativos a la gobernanza del agua han ganado la atención de estas organizaciones y han sido uno de los tópicos más significativos de las cumbres internacionales que abordan el tema de la sustentabilidad del medio ambiente y el desarrollo sostenible.[7]

Desde este punto de vista, la crisis del agua parece que puede ser solucionada con la construcción o adopción de instituciones que partan de una base que reconozca los límites físicos de la cuenca, la integración del agua con otros recursos de la naturaleza y la consideración total de usos sociales con la intención de generar un bien común y la armonía entre el desarrollo de la sociedad y la preservación del sistema natural. Hasta aquí el manejo general del concepto parece totalmente neutral.

Sin embargo, de acuerdo con un análisis crítico en el que se reconozca a las propias instituciones como producto de un intricado juego de poder y, de acuerdo con Castro *et al.* (2006: 232-4), para quienes el desarrollo de la institucionalidad del agua no sólo está determinado por lo ecológico, tecnológico, social, económico y cultural, sino que depende y forma parte de procesos fundamentalmente políticos, el estudio de la construcción de la gobernanza en torno al agua pasa por el análisis histórico de los procesos en los que participan una variedad de agentes, quienes portan una serie de intereses estructurados a partir de valores y creencias acerca de las causas de la crisis de escasez del agua y los instrumentos o caminos más efectivos para hacer frente a estos problemas.

Lo anterior también quiere decir que los procesos políticos en torno a la gobernanza del agua refieren al ejercicio del poder, y pueden ser mejor entendidos si se remiten (sin reducirlos a ello) a un proceso de confrontación entre proyectos políticos rivales y actores con capacidades de poder e influencia diferentes (ibíd.). El logro del consenso y la promoción de la cooperación en el proceso de toma de decisiones políticas sólo es posible si se reconoce primero esta confrontación y este diferencial.

En el campo académico ubicamos cada vez más a quien reconoce estos procesos.[8] Por ejemplo, Mukhtarov, F. (2007) identifica la aceptación del concepto GIRH a partir de las siguientes razones. Primero, el concepto está totalmente definido en términos muy generales, por lo que facilita su aplicación a cualquier realidad, aunque en términos prácticos esto resulte difícil. Segundo, ligado al

[7] La expresión que refiere que "la actual crisis del agua es una crisis de gobernanza" quiere decir que los problemas relativos al acceso al agua y a los servicios de saneamiento, la degradación y agotamiento de los ecosistemas acuáticos y acuíferos, o los daños y riesgos relacionados se remiten a deficiencias en la gestión del recurso, las instituciones para la toma de decisiones, la resolución de conflictos y la coordinación entre los actores involucrados para generar acción (Peña H. y M. Solanes, 2003).

[8] Un buen ejemplo de ellos es el libro de Soares, D.; S. Vargas, y M. R. Nuño (ed.) (2008).

proceso de globalización, el concepto ha logrado viajar y se ha convertido en verdaderamente mundial a través de la promoción de las más poderosas organizaciones internacionales. La transferencia de esta visión se ha logrado en múltiples niveles, lo que va ligado a la complejidad que trata de explicar. Y tercero, de alguna manera las ideas y políticas bajo el paradigma de la GIRH han sido transferidas mucho antes de que la comunidad estudiosa de las ciencias sociales hayan podido demostrar empíricamente sus resultados (Mukhtarov, F., 2007: 211).

El reconocimiento de la disputa a partir de proyectos políticos defendidos en la construcción de las instituciones del agua se debe dar en los diferentes órdenes de interacción entre actores protagonistas del debate, diseño y adopción de las políticas que a fin de cuentas se implementan para hacer frente a los principales problemas relativos a la escasez, la distribución, la calidad y el aprovechamiento del agua. En este sentido, la misma adopción del paradigma GIRH desde los foros internacionales en los que se ha promovido de inicio —para después ser aplicadas en cada país— refleja el disenso por los significados y los intereses.

Desde 1972, con la Conferencia sobre el Medio Humano de la Naciones Unidas de Estocolmo, hasta 2009, con el V Foro Mundial del Agua de Estambulla GIRH se convirtió en la idea dominante dentro de un red de política pública que incluye desde los organismos internacionales promotores, la academia desde diferentes frentes, gobiernos (nacionales, regionales y locales), legislaturas, tribunales, partidos políticos, organizaciones de la sociedad civil, así como a los propios usuarios del agua. Sin embargo, la maduración y expansión de este paradigma en la gestión del agua no ha estado ajena de la disputa por los significados, las visiones del mundo y los entendimientos en torno a básicamente dos subconjuntos de ideas: la naturaleza del bien agua —como bien económico o derecho humano— y el alcance de la descentralización y la participación social en la toma de decisiones.

3. El agua a la agenda internacional y el debate en torno a su naturaleza

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Agua de Mar del Plata, Argentina, en 1977 -primera reunión que tuvo en el centro de su atención la crisis del agua-, se encuentra enmarcada por la preocupación ambiental surgida en el orden internacional a partir de Estocolmo, cinco años atrás, y las discusiones en torno a la relación desarrollo económico-pobreza-sustentabilidad.[9] El reclamo de los países

[9] La importancia de Estocolmo 1972 radica en el inicio del debate en torno a los asuntos medioambientales —sus problemas y soluciones— que posteriormente se puede identificar en las discusiones en torno a cómo superar la crisis del agua. Una excelente revisión de estos antecedentes está en Naína Pierri (2004).

pobres y el espíritu que se había podido incrustar en la Declaración de Estocolmo hizo que la participación de estos países en Mar del Plata fuera nutrida (Rahaman, M. M. *et al.*, 2005: 16).

Su objetivo fue evaluar el estado de los recursos hídricos a la luz de las necesidades socioeconómicas del planeta, particularmente para tratar de evitar una crisis del agua mundial antes del final del siglo XX. De manera significativa, la Declaración de Mar del Plata reconoció que "todo hombre tiene igual derecho al acceso al agua potable, en cantidad y calidad suficientes como para cubrir sus necesidades" (Ferrari, S., 2004). Se aprobó además un Plan de Acción que se podría decir que es un primer intento para introducir la idea de integración en la gestión del agua y en el que se consideraron varios aspectos, entre los que están la evaluación de usos y eficiencia de cada uno de ellos; riesgos naturales; salud y control de la contaminación; políticas, planeación y administración; formación profesional, educación, investigación e información pública, y cooperación regional e internacional (Rahaman, M.M. *et al.*, 2005).

Se logró además que el periodo de 1980 a 1990 fuera declarado la Década Internacional de Suministro de Agua y Saneamiento. Si bien esta década fue clave en lo que respecta a la aplicación de los principios de Mar del Plata, poco a poco el agua desapareció de las agendas internacionales, tanto que el Informe de la Comisión Brundtland apenas si abordó la cuestión de agua.

No es sino hasta la Cumbre Mundial a favor de la Infancia de Nueva York y la Consulta Global sobre Agua Segura y Saneamiento para la Década de los Noventa de Nueva Delhi, -ambas realizadas en 1990-, que se vuelve a tocar el tema expresamente. La Declaración de la primera manifiesta que una prioridad de los países debería ser proveer agua limpia a todas las comunidades, principalmente a los niños, quienes deberán también tener acceso universal al saneamiento, mientras que el documento de Nueva Delhi dice que "tanto el agua segura, como las maneras apropiadas para la disposición de desechos… deberían de ser el centro de un manejo integral de los recursos hídricos" (UNESCO, s/f).

Los discursos y compromisos firmados en estas cumbres no mostraron, a principio de los 90, ningún avance en el terreno de los hechos. La crisis económica de los 80, que muchos de los países en vías de desarrollo experimentaron, se entremezclaba con situaciones políticas de inestabilidad y procesos de cambio. Por otro lado, el giro en el modelo de desarrollo desde los países desarrollados, motivada por la crisis fiscal del Estado de finales de los 70, y la llegada de gobiernos neoconservadores facilitaron la instalación del modelo de economía de mercado (llamado 'neoliberal'), que llamaba a reducir la demanda de servicios públicos y el apoyo a los países subdesarrollados.

Bajo este nuevo espíritu, en 1992 se celebró la Conferencia Internacional sobre Agua y Medioambiente en Dublín, que significó el momento clave del

cambio en la orientación de las políticas hídricas en el mundo. Quince años después de Mar del Plata, el agua volvió a ser tema central de una convocatoria internacional. La Conferencia de Dublín fue concebida como una reunión preparatoria de la Conferencia Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU realizada ese mismo año en Río de Janeiro; en ella debía diseñarse el plan de acción concreto que la Agenda 21 habría de incluir a partir de los trabajos de esa reunión.

Así como Estocolmo 1972 lo haría con el tema general de la relación desarrollo económico-cuidado del medio ambiente, los resultados de Dublín marcarían tanto el debate como las acciones futuras en materia de agua. La base de discusión se centra en una serie de principios que enseguida se presentan (ibíd.):

> Principio 1: El agua dulce es un recurso vulnerable y finito para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
>
> Principio 2: El desarrollo y manejo del agua debe estar basado en un enfoque participativo que involucre a usuarios, planificadores y realizadores de política en todos los niveles.
>
> Principio 3: La mujer desempeña un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua.
>
> Principio 4: El agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocido como un bien económico.

Como podría esperarse, el cuarto principio fue el más debatido entre especialistas, funcionarios e involucrados en general después de hacer público los resultados de la reunión. Se acusó a la Conferencia de Dublín de haber soslayado lo avanzado en Mar del Plata y de no haber reconocido las características propias de inequidad y desigualdad de los países en desarrollo. Incluso se debe decir que hubo una falta de participación activa de estos países en los resultados de la reunión. Los profesionales de los países subdesarrollados criticaron el cuarto principio con el argumento de que ninguna iniciativa de desarrollo en materia hídrica puede ser sostenible si el agua es considerada un bien económico sin reconocer primero la inequidad y la pobreza surgida alrededor de ella (Rahaman, M.M. *et al.*, 2005).

Los expertos -principalmente economistas neoclásicos, apegados a la posición propuesta en Dublín-Río, que ven en el agua un bien económico-, contraargumentaron que de no ser así se estaría destinando inevitablemente el recurso a su agotamiento futuro, pues no había incentivos para su cuidado y conservación (Llop, A.; M. Paulet, y R. Speziali de Carvalho, 2007).

Para algunos analistas, Río 1992 fue un retroceso respecto de Estocolmo 1972 (Perri, N., 2004:66). Por ejemplo, se reforzó el papel de instituciones como el BM, al cual le adjudicaron la gestión de fondos especiales para el medio ambiente, incluido el sector agua; asimismo se acusó a la reunión de Dublín-Río 1992 de no plantear alternativas para obtener un financiamiento que no fuera a través del sector privado, participación pública-privada o el incremento de las deudas externas de los países pobres.

Por otro lado, trascendente también de esta última reunión, fue la consideración de un modelo integral en la gestión del agua, claramente manifiesta, en su plan de acción: El manejo del desarrollo del recurso agua debe acelerar la provisión de comida, agua para consumo y saneamiento; debe permitir la protección contra desastres naturales otorgando información; evitar el desperdicio de agua a través de su conservación y reuso; procurar el desarrollo urbano sostenible; modernizar las tecnologías y las instituciones que permitan ahorrar agua en la producción agrícola a través de la irrigación; desarrollo de programas de protección de los ecosistemas acuáticos; manejar, planear y generar mecanismos de acuerdo y resolución de conflicto a nivel de cuenca, subcuenca (río, lago) o acuífero (UNESCO, s/f).

Con esta base, la Agenda 21, producto de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo de Río, planteó en su sección 2, capítulo 18 que "La gestión holística del agua dulce... y la integración de planes y programas sectoriales de agua en el marco de la política económica y social, son de suma importancia para la acción tanto en la década de los noventa como más allá". Asimismo, la Declaración de Río subrayó una nueva oportunidad para generar una nueva gobernanza del agua a nivel internacional "creando nuevos niveles de cooperación entre Estados y sectores clave de la sociedad y las personas" (ibíd.).

Con esto se estaba asumiendo la promoción activa de la GIRH por parte de la ONU y organismos asociados como el instrumento más adecuado no sólo para la planeación, programación y conciliación de intereses, sino para la conservación del recurso agua y en general del ambiente, pero a su vez otros actores vieron una oportunidad en este cambio de paradigma propicio para introducir la promoción de sus propios valores, los cuales lograron afianzarse en estas declaraciones oficiales internacionales.

4. Del reconocimiento del derecho al agua limpia y el saneamiento a la presión para una mayor participación de los privados en el sector agua

En 1996 se crearon dos de los instrumentos más significativos en el entramado institucional internacional actual que han servido tanto para la promoción de la

GIRH como de los valores contenidos en Dublín-Río 1992. Por un lado, a iniciativa del BM, del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (SIDA, por sus siglas en inglés), se instaló el *Global Water Partnership* (GWP), que debería desde entonces encabezar los esfuerzos de diseminación y apoyo a la aplicación de las políticas de la GIRH en el mundo (Mukhtarov, F. G., 2007). Por otro lado, y por iniciativa de varios gobiernos, organizaciones internacionales y empresas privadas, se creó el *World Water Council* (WWC), con la misión de "promover el conocimiento, construir compromiso político y fomentar la acción sobre temas críticos del agua en todos los niveles incluyendo los niveles más altos de toma de decisiones".[10]

El WWC fue el medio para preparar los análisis y los estudios que dirigirían la discusión en torno al I Foro Mundial del Agua que se organizó en Marruecos en 1997. Este primer foro fue todavía consecuente con lo que otras conferencias internacionales auspiciadas por la ONU plantearon y donde se identifica claramente una orientación en pro del derecho al agua limpia y saneamiento como condición *sine qua non* para la superación de la pobreza. Dichos planteamientos, en definitiva, se vieron sintetizados en la Declaración de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas de 2000, en la que se aborda el tema y se propone reducir para el año 2015 a la mitad las personas que en ese año no tenían acceso sostenible al agua ni al saneamiento.[11]

---

[10] Desde 1994, en el 8° Congreso Mundial del Agua organizado en el Cairo por la *International Water Resources Association* (IWRA), se convocó a la creación del WWC con el fin de iniciar un entramado institucional que permitiera unir los esfuerzos fragmentados e ineficientes en la gestión del agua. La constitución legal del WWC se dio en Marsella, Francia, en junio de 1996. La IWRA es una organización no gubernamental que pretende la cooperación en materia de desarrollo académico para la estructuración de un foro mundial para la discusión de problemas hídricos fundada en 1972. Sin embargo, la iniciativa de la creación del WWC incluye la participación en primera instancia del Banco Mundial, la ONU (a través del PNUD, la UNESCO, la FAO y el PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial, el Gobierno de Egipto, Canadá y empresas como la francesa Suez Lyonnaise des Eaux (ver David, H. y E. Lobina, 2006: 292, y Bryce, S., 2001).

[11] Las reuniones a las que se hace referencia son las siguientes: Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Población y Desarrollo de El Cairo (1994), Conferencia Ministerial sobre Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental de Noordwijk, Holanda (1994), Cuarta Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Mujer de Beijing (1995), Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social de Copenhague (1995), Cumbre Mundial sobre la Alimentación de Roma (1996) y Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II) de Estambul (1996). En cada una de ellas se coincidió en la premisa de que el desarrollo Sostenible se logra a través del combate a la pobreza, asegurando agua limpia y saneamiento a los más pobres a través de una gestión adecuada (ver UNESCO [s/f]).

Particularmente, la Declaración del Foro de Marruecos 1997 hizo un llamado a iniciar una "Revolución Azul" para asegurar la sustentabilidad de los recursos hídricos del planeta y básicamente recomienda

> […] reconocer la necesidad humana básica de tener acceso a agua potable y saneamiento, a fin de establecer mecanismos eficaces para la gestión de aguas compartidas, para apoyar y preservar los ecosistemas, fomentar el uso eficiente del agua, abordar cuestiones de equidad de género en el uso del agua y fomentar la colaboración entre los miembros de la sociedad civil y los gobiernos (WWC, 1997).

Sin embargo, para 2000, al celebrarse el II Foro Mundial del Agua en La Haya, Países Bajos, el espíritu parece cambiar. La posición de la ONU con respecto a la GWP y el WWC parece separarse, y éstos, mediante un discurso ambiguo, promueven una visión en definitiva más apegada a la idea del agua como bien económico.

La Declaración Ministerial de La Haya hace un llamado a todos las organizaciones, públicas y privadas, a involucrase en una 'gestión integrada de los recursos hídricos' para "asegurar que toda persona tenga acceso a agua segura a un precio alcanzable" (WWC y CNA 2006). La GIRH se plantea como "el camino por el cual el agua pueda reflejar todos los valores económicos, sociales, ambientales y culturales para todos los usos y alcanzar el precio que refleje el costo de su provisión" (Bryce, S., 2001).

Asimismo, las empresas mundiales representadas en el Foro elaboraron un documento en el que se planteaba lo siguiente: "El agua es un bien económico y su valor económico debe ser reconocido en la asignación de la escasez del agua entre usos competitivos. Si bien esto no debe impedir que las personas satisfagan sus necesidades básicas a precios asequibles, el precio del agua debe estar a un nivel que incentive su conservación y su uso racional".[12]

A partir de estos planteamientos, se tratará de materializar en acuerdos concretos el principio del agua como bien económico. A condición de definir bien los mercados y los derechos de propiedad, según este discurso, se podrían establecer las oportunidades a las personas y en general a los países para utilizar de manera más eficiente el agua (Muñoz Velga, J. M., 2000).

Por su parte, la visión alternativa, apoyada en los planteamientos propuestos por las reuniones anteriores auspiciadas por la ONU e influenciada a la vez por el pensamiento ecodesarrollista, hizo presencia en La Haya, pero sin resultados influyentes en el momento. En términos de antecedentes, en 1998 había apare-

[12] Entre las empresas representadas en el Segundo Foro Mundial del Agua de La Haya 2000 y promotoras del documento citado destacan Nestlé, Unilever, Heineken, Suez Lyonnaise des Eaux, Vivendi división Agua e ITT Industries (WWC y CNA, 2006).

cido un documento llamado *Manifiesto del Agua* elaborado y firmado por el ex mandatario de Portugal Mario Soares y el eurodiputado Riccardo Petrella, junto con 23 personalidades agrupadas en el llamado Grupo Lisboa, el cual resumía bien los principios básicos de la posición que ve en el agua, fundamentalmente, "un bien vital patrimonial común de la humanidad" (Ferrari, S., 2004). Se planteaba en este documento que del agua dependen la salud individual y colectiva, así como la agricultura, la industria y la vida doméstica; el agua pertenece más a "la economía de bienes comunes y de la riqueza compartida que a la economía de la acumulación privada e individual […]". Por tal razón, "[…] el acceso al agua es un derecho fundamental, inalienable, individual y colectivo y es la base ética de una 'buena' sociedad humana y de una 'buena' economía".[13]

El grupo identificado con esta posición participó en La Haya 2000 bajo el estandarte conocido como Proyecto Planeta Azul, e insistió en que el agua fuera reconocida como un derecho humano universal. Bajo este principio, se pretendía que fuera reconocido que los gobiernos eran los principales responsables de que "todos los seres humanos pudiesen acceder al agua, independientemente de que ello reportase un beneficio económico" (Barlow, M. y T. Clarke, 2004: 134).

Al final, como ya se venía dando, la posición de las empresas patrocinadoras del II Foro Mundial del Agua impuso la visión del agua como bien económico, en la que la Conferencia Ministerial ratificó que el agua era una "necesidad" básica (sin mencionar que se tratara de un "derecho"), de manera tal que el mercado, a través de la iniciativa privada, es considerado la mejor herramienta para suministrar el agua de manera eficaz y sobre todo más eficiente.

En el mundo de las ideas, se trataba de una disputa por lo menos latente desde Dublín 1992, pero para entonces empieza a adquirir forma en documentos que pretenden ser vinculatorios, en organizaciones promotoras de cada una de las visiones, pero más concretamente empieza a materializarse incluso en enfrentamientos públicos concretos en los casos de privatización de servicios públicos. El caso más significativo, sin duda, fue el de Cochabamba, Bolivia, en 2000. Este hecho es quizá el más emblemático de los últimos tiempos, por su dimensión y por haber obligado a dar marcha atrás a la transnacional estadounidense *Bechtel Enterprises*. Pero el enfrentamiento y los resultados han sido diversos en Argentina, México, Perú, Honduras, El Salvador o Brasil.

Los partidarios de la posición del agua como derecho humano empiezan a dar forma a un movimiento mundial estructurado a partir de organizaciones como el Colectivo Mundial por el Agua, Red Parlamentos para el Agua, Tribunal Mundial del Agua, y la organización de foros alternativos o sociales del agua.

[13] Movimientos como el del Grupo Lisboa es apoyado incluso por instancias como el Instituto del Agua de Portugal, la Fundación Calouste Gulbelkian de Lisboa, la Generalitat Valenciana, Ciudad de las Artes y las Ciencias y la Universidad Politécnica de Valencia (*ibíd.*).

En 2001, previo a la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible Río+10 de Johannesburgo, el gobierno de Alemania y la ONU convocaron a la Conferencia Internacional sobre Agua Dulce en Bonn. Los resultados del II Foro Mundial del Agua de La Haya en realidad aportaban poco a la visión que la propia ONU venía promoviendo en torno a dirigir la atención en superar la pobreza como principal medio para conseguir el desarrollo sostenible. De hecho, los puntos clave de la reunión de Bonn ponían como prioridad "satisfacer las necesidades de seguridad del agua a los pobres" (Gobierno Federal de Alemania, 2007). Los temas de gobernanza, financiamiento y desarrollo de capacidades fueron los temas centrales de la reunión. Los participantes en esta ocasión fueron esencialmente ministros representantes de varias partes del mundo y un conjunto plural de *stakeholders* o grupos de interés relacionados con el agua.[14]

Los resultados de Bonn 2001 muestran cierta diferencia con respecto de La Haya 2000, pues en esta ocasión se plantea en la Declaración Ministerial que la responsabilidad principal para garantizar la ordenación sostenible y equitativa de los recursos hídricos compete esencialmente a los gobiernos. La Declaración Ministerial destacó, además, la necesidad de asumir compromisos concretos para alcanzar la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio: reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso al agua para consumo humano o que no puedan costeárselo.[15] Pero con el fin de ser inclusivos con las visiones competitivas de la naturaleza del agua, se dice que ésta es a la vez "un bien económico y un bien social que debe distribuirse en primer lugar para satisfacer necesidades humanas básicas" (Gobierno Federal de Alemania, 2007). En este sentido se insta al sector privado a que se sume al gobierno y a la sociedad civil para contribuir con la dotación de servicios de abastecimiento y de saneamiento a las poblaciones no atendidas, así como para fortalecer las capacidades de inversión y gestión. Aunque se plantea claramente que en caso de existir la prestación de servicios privados ésta no debe llevar aparejada la propiedad priva-

[14] Los participantes de esta reunión definieron la meta general de la Conferencia de la manera siguiente: "Identificar soluciones concretas y prácticas a la crisis del agua. Enfatizaron las medidas necesarias por realizar en las áreas gubernamental y financiera, así como la elaboración de estrategias para mejorar la formación de capacidades en todos los niveles" (Gobierno Federal de Alemania, 2007: 21).

[15] El término utilizado en inglés es *safe water,* que nosotros hemos traducido como agua para consumo humano, ya que utilizar el término de potable es complicado pues si bien, legalmente, la norma de agua potable establece con claridad los parámetros que se deben cumplir para lograr dicha calidad, rara vez se miden todos los parámetros, y de los pocos que se miden, no hay información pública, por ello, siendo realistas, el término que consideramos pertinente es agua para consumo humano (Jiménez, B. y M. L. Torregrosa, 2007).

da de los recursos hídricos, en este sentido se insta a generar marcos regulatorios y de vigilancia eficaces (Gobierno Federal de Alemania, 2007: 4).

Por su parte, el documento *Conclusiones de los Diálogos entre Multiinvolucrados* de la reunión de Bonn, es decir, los resultados de las reuniones de especialistas, organizaciones sociales y representantes de usuarios, aunque muestra optimismo para conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio, también se desprende de éste un sentido de frustración por la falta de vinculación entre la retórica de las conferencias y declaraciones sobre el agua y la realidad de los hechos que han acaecido después de las últimas reuniones. Una preocupación manifiesta por parte de los participantes y expresada en este documento es la privatización de los recursos hídricos y los servicios relacionados, y en este sentido hubo un pronunciamiento de adhesión clara a la propiedad pública del agua. En relación a esto, también se hizo manifiesta la preocupación por las prácticas de las instituciones financieras internacionales que tienden a marginar a las autoridades locales, las comunidades y los países en desarrollo si no asumen asociaciones públicas-privadas o privatizaciones de los recursos hídricos y los servicios conexos (Hales, D., 2001).

Además, en general se coincidió en que la descentralización es la clave para un manejo sostenible y más adecuado, en el que las comunidades deben tener una participación activa. Para ello también se insta a crear nuevas organizaciones de cuenca para facilitar los procesos de negociación, información, participación activa y resolución de conflictos, así como la adopción de reglamentaciones eficaces que sean transparentes y fáciles de vigilar (Gobierno Federal de Alemania, 2007: 7).

Claramente, todas estas ideas tuvieron un impacto muy importante en Johannesburgo 2002, pues se consideró a la GIRH como la herramienta más importante para alcanzar la sustentabilidad, sobre todo de los países en vías de desarrollo. En esta última reunión se instó a los países desarrollados y organizaciones donantes a ser los principales promotores de esta visión. Incluso se propuso como meta el 2005 para implementar esta forma de manejo del agua en las principales cuencas identificadas como las más críticas del mundo a través de estrategias nacionales y regionales, planes y programas de gestión integral, mejoramiento de la eficiencia en todos los usos, promoción de participaciones tanto públicas como privadas o en asociación para el financiamiento, y desarrollo de políticas y programas con perspectiva de género, así como con incentivar la participación de todos los involucrados en el tema en varios niveles del proceso de toma de decisiones, manejo y operación, y el mejoramiento de la educación y el combate a la corrupción. El diagnóstico político para los países en vías de desarrollo era alentador, ya que muchos de ellos estaban entrando en fases de estabilidad democrática, después de dos décadas de transición política, lo que facilitaba el

establecimiento de sistemas de gestión hídrica con altos niveles de autogobierno entre las comunidades (Rahaman, M. M. y O. Varis, 2005: 17-18).

Con estos resultados, en noviembre de ese mismo año (2002), el Comité de las Naciones Unidas sobre Derechos Económicos y Culturales adoptó la Observación General 15 sobre el Derecho al Agua (Langford, M. y A. Khalfan, 2006). Esta observación reafirma y desarrolla el derecho humano al agua amparado en el artículo 11, párrafo primero, sobre el derecho a un nivel de vida adecuado (en el que se subraya "incluso alimentación, vestido y vivienda") del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de 1966. La palabra 'incluso' es la que justificó la interpretación del Comité para incluir el agua como derecho humano, el cual —dice— se encuadra claramente en "la categoría de las garantías indispensables para asegurar un nivel de vida adecuado, ya que es una de las condiciones más fundamentales para la sobrevivencia".[16]

La reacción a Bonn-Johannesburgo y a la Observación General 15 de la ONU se dio en 2003, en el III Foro Mundial del Agua de Kioto, Japón. La Declaración Ministerial de la reunión promovida por la GWP, el WWC y las empresas trasnacionales patrocinadoras dice hacer suya todos y cada uno de los planteamiento de Johannesburgo 2002,[17] desde la promoción de la GIRH como mejor instrumento para la gestión sostenible del agua,

> […] hasta la necesidad de una búsqueda de beneficios equitativos, priorizando la política pro-pobre y con perspectiva de género, facilitar la participación de involucrados, promoción de la buena gobernanza y la transparencia, construcción de capacidades humanas e institucionales, desarrollo de nuevos mecanismos de participación pública-privada, promoción de la iniciativas de manejo de cuenca transfronterizos y apoyo a la investigación, sin embargo no hay ninguna mención al derecho humano al agua (WWC, 2003).

En este documento se insiste en considerar ambiguamente al agua como 'un bien económico, como un bien social'. En la Declaración Ministerial se cita primero la Conferencia sobre Financiamiento de Monterrey, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible e incluso los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU, pero no así la referida Observación 15. El agua, más que un derecho en sí misma, dice esta Declaración, "es una fuerza que conduce al desarrollo sostenible, incluida la integralidad medioambiental y la erradicación de la pobreza y el hambre, indispensable para la salud humana y el bienestar" (ibíd.).

---

[16] Este derecho además lo enmarca, según el artículo doce de esta Observación, en el derecho a la salud (Langford, M. y A. Khalfan, 2006: 35).

[17] La Declaración Ministerial de Kioto también se compromete con el cumplimiento de las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio para 2015, así como con el logro de la implementación del enfoque GIRH para 2005, tal y como se había planteado en Johannesburgo 2002.

Lo más que se llegó a declarar en los discursos de Kioto fue lo expresado por Jacques Chirac, presidente de Francia, al decir:

> Por su naturaleza misma, el agua es un bien público. Nadie puede reclamar la propiedad sobre ella. Corresponde a la comunidad definir las reglas para asegurar el suministro y el saneamiento adecuados, junto con las regla para limitar el desperdicio en un espíritu de justicia social, prudente economía y respeto por el ambiente (WWC y CNA 2006).[18]

Uno de los temas centrales en Kioto fue el financiamiento de los servicios de agua y saneamiento. Un documento previo a la reunión, el Informe Camdessus preparado ex profeso para ser discutido en el III Foro Mundial del Agua, plantea que la principal alternativa son los fondos privados internacionales o, en su caso, la participación pública-privada.[19] Sin embargo, se hace énfasis en que estas inversiones deben ir acompañadas de un "mejoramiento del control gubernamental y de marcos que protejan los intereses públicos, con particular énfasis en la protección de los intereses de los más pobres" (WWC, 2003).

De manera paralela a Kioto 2003, en Florencia, Italia, se celebró el Primer Foro Alternativo Mundial del Agua. En éste se acusó al Informe Camdessus de incentivar a los organismos internacionales donantes para que se financiara al sector agua en los países en vías de desarrollo presionando y condicionando el financiamiento a la liberalización de los servicios hídricos, es decir, que la obtención de créditos se logrará sólo con el prerrequisito de que se privatice a los sectores de actividad para los cuales se ha solicitado ese apoyo externo (Ferrari, S., 2004).

Las contrapropuestas en este periodo sucedieron de manera abrumadora. Primero, el Foro Alternativo de Florencia se declaró a favor de "otra política mundial y local del agua" y de buscar, en primera instancia, la manera de asegurar el derecho al agua de 8 mil millones de personas que habitarán el plantea para 2020. Para ello plantearon cuatro principios fundadores: garantizar el agua a cada individuo para uso doméstico en por lo menos 40 litros/día (cantidad apenas suficiente para cocinar, beber y algo de aseo personal, pero no para asegurar un desarrollo económico o un estatus social), recurso al que, además, debe asegurársele su calidad; el agua debe ser considerada un bien común que pertenece a toda la humanidad y a la naturaleza y seres vivos del planeta; es obligación de la

---

[18] El discurso del presidente francés Jacques Chirac en el III Foro Mundial del Agua en Kioto, Japón, 16 de marzo de 2003, también está disponible en http://www.riob.org/wwf/chirac.htm (29 de enero de 2008).

[19] Se le llamó así a este informe sobre financiación del sector agua porque lo elaboró Michel Camdessus, antiguo director del Fondo Monetario Internacional (Llop, A.; M. Paulet, y R. Speziali de Carvalho, 2007:9).

colectividad pública asegurar el financiamiento de las inversiones necesarias para alcanzar el lema "agua potable para todos"; los ciudadanos deben participar, sobre bases tanto representativas como directas, en la definición e implementación de la política del agua, desde el nivel local hasta el mundial (Ferrari , S., 2004).

Con este ánimo, en 2004 se celebró el primer Foro Mundial de los Pueblos por el Agua (*People's World Water Forum*) en Nueva Delhi, en los márgenes de la Conferencia Ministerial de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Más de 300 representantes de diferentes movimientos de base y Organizaciones no Gubernamentales (ONG) provenientes de todo el mundo se dieron cita en esta reunión. Los temas abarcaron los derechos indígenas, el enfoque del derecho humano al agua, las privatizaciones, el agotamiento de los acuíferos, las desviaciones de los ríos, el manejo ecológico y comunitario del agua, entre otros temas que hasta entonces habían estado fuera de las conferencias internacionales y de los discursos oficiales. Ese mismo año se organizó el Cuarto Foro Social Mundial en Mumbai, en el cual hubo una sección dedicada al agua. Inmediatamente después, en 2005, se celebró en Ginebra el Segundo Foro Alternativo Mundial del Agua. El objetivo en este Foro fue aprobar un plan de acción para la implementación, en el ámbito del mayor número de países posible, del derecho al agua.[20]

La consideración de la GIRH por estos movimientos fue positiva, pero se aclara que "el manejo y el control deben ser garantizados por instancias públicas, con legitimidad democrática y que se conduzcan con principios democráticos" (Spiller, I., 2006: 147).

El IV Foro Mundial del Agua realizado en México en 2006 logró convertirse en un espacio más o menos plural, y de alguna manera sintetizó la discusión de las varias perspectivas. Bajo el lema "Acciones locales para un reto global", el evento congregó a más de 20 mil participantes que pudieron ser parte de un intenso debate en torno a la crisis de agua mundial, y en el que sin duda se identifican cada una de las visiones revisadas en reuniones internacionales anteriores —oficiales y no— en torno a la naturaleza del agua y la conveniencia de la GIRH para el desarrollo sostenible.

A diferencia de Kioto, en México 2006 la disputa del agua como bien económico *versus* derecho humano fue discutida de manera explícita en mucho de los paneles. Dos de los discursos inaugurales sorprenden por reconocer abiertamente la concepción del agua como derecho humano; por ejemplo, el presidente de

[20] Este plan de acción incluía los siguientes puntos: que el agua no se rija por leyes del comercio o del mercado; que quede excluida de todo acuerdo comercial regional o multilateral, y que se exima de la presión privatizadora de las instituciones financieras internacionales. Además se incluye la consideración de que a nivel mundial se tome en cuenta "la dimensión global del ciclo hidrológico, que impida la enajenación privada del recurso, y que se establezca la responsabilidad colectiva" (Spiller, I., 2006: 147).

México, Vicente Fox Quezada, dijo: "el agua es sobre todo un derecho humano al que nadie puede renunciar" y que "es nuestra obligación moral y práctica asegurar que a nadie se le niegue su derecho al vital líquido";[21] y por su parte, el presidente del WWC, Loïc Fauchon, mencionó: "el derecho al agua es un elemento indispensable a la dignidad humana" y agregó: "grabemos este derecho en la constitución de cada nación, imprimamos este derecho en la fachada de cada lugar nacional y municipal y escribamos este derecho en los cuadernos de nuestros niños de todas las escuelas" (WWC y CNA, 2006: 98).

De manera oficial, se organizaron dentro del IV Foro tres sesiones temáticas que abordaron el tema,[22] incluso algunos de los participantes en este foro lo hicieron a la vez en el Foro Internacional en Defensa del Agua, paralelo al Foro oficial, convocado por la Coalición de Organizaciones Mexicanas en Defensa del Agua.[23] Por parte de los participantes de la sociedad civil, académicos y usuarios en general se coincidió en que el derecho humano al agua encuentra dificultades para ser implementado en las legislaciones locales, esencialmente, por falta de recursos financieros, pero principalmente por falta de voluntad política por parte de los gobernantes. Se subraya además que asignar el derecho al agua sólo reduciría marginalmente la disponibilidad de todos los demás usos.[24]

Se logró un consenso sobre el derecho humano al agua entre varios actores clave que asistieron y se vieron representados; tal es el caso de los alcaldes de ciudades, las iglesias, la coalición de mujeres o diferentes ONG e incluso legisladores.

---

[21] Está por demás decir que no sorprende lo vacío de este discurso, porque la política seguida durante el gobierno de Vicente Fox demostró en los hechos la posición contraria.

[22] Los tres foros temáticos fueron: "Asegurando el derecho al agua: del nivel local al global, perspectivas de la sociedad civil", "Derecho al agua: qué significa y cómo implementarlo", "Derecho humano al agua", los cuales fueron organizados por Proyecto Planeta Azul, Coalición de Justicia del Agua, Amigos del Derecho al Agua, Cruz Verde Internacional, Academia Francesa del Agua, Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal, Centro Mexicano de Derecho Ambiental y Casa y Ciudad, A.C. México (WWC y CNA, 2006).

[23] Este foro alternativo fue considerado por ONG, sindicatos y movimientos sociales mexicanos como una reivindicación del país, especialmente después de los resultados presentados tanto en la Conferencia de financiación para el desarrollo de Monterrey en 2002 y la Quinta Conferencia Ministerial de la OMC celebrada en Cancún en 2003 (Spiller, I., 2006: 148).

[24] Incluso, Pedro Arrojo, presidente de la Fundación para una Nueva Cultura del Agua de España, consideró que el agua cuando es usada para fines económicos sí debe tener un costo, pero cuando se usa para consumo humano, el costo puede manejarse de varias maneras y proporciones, a través de impuestos y subsidios cruzados o tarifas socialmente sensibles (WWC y CNA, 2006: 96).

Cuadro 1. Ejemplo de posicionamientos a favor del Derecho Humano al Agua, participantes del IV Foro Mundial del Agua, México, 2006

Organización	Posición
Comité de UCLG sobre Manejo Local del Agua y Saneamiento (Declaración de los gobiernos locales sobre el agua)	"Todos los seres humanos tienen el derecho al agua, en la cantidad y cantidad requeridos para satisfacer sus necesidades esenciales, así como al saneamiento, un factor clave en la salud humana y la preservación de los ecosistemas".
Declaración de Interfaith (Iglesias Cristianas Estadounidenses)	"El acceso a agua segura, limpia y asequible para uso personal y doméstico es un derecho humano básico".
Contribución de la Santa Sede al IV Foro Mundial del Agua	"El agua no es solamente una necesidad básica. Es un elemento esencial, irremplazable para asegurar la continuidad de la vida. El agua está intrínsecamente vinculada a los derechos humanos fundamentales, como el derecho a la vida, alimentos y la salud. El acceso al agua es un derecho humano básico".
Declaración Conjunta de los Movimientos en Defensa del Agua	"El agua en todas sus formas es un bien común y el acceso al agua es un derecho humano fundamental e inalienable".
Declaración de la Coalición de Mujeres	"El derecho humano al agua debe implementarse y ejecutarse por todos los involucrados a todos los niveles".

Elaboración propia a partir de WWC y CNA (2006: 105).

Aun y con todo esto, la Declaración Ministerial no logró consenso para sumarse a esta posición. La razón que dieron algunos países fue que esto "obligaría a reformar varias legislaciones locales y los organismos internacionales a crear nuevos instrumentos legales" (WWC y CNA, 2006: 98). La discusión fue intensa entre los ministros asistentes, pero sólo se logró dicho reconocimiento en los anexos de la sesión de trabajo y en la Declaración Complementaria de la propia Declaración Ministerial firmada solamente por cuatro países de América Latina: Cuba, Venezuela, Uruguay y Bolivia.

En cuanto a la GIRH como instrumento eficaz de desarrollo sostenible, se asintió que ésta debe servir principalmente para superar la pobreza y facultar a los ciudadanos para la toma de decisiones en todos los niveles de la gestión. Al

no existir fórmulas universales para la mejor gestión del agua, cada problema de crisis de agua en la cuenca, subcuenca o acuífero debe encontrar soluciones discutidas y consensadas a ese nivel. Mayor descentralización y mayor participación pública son la clave para un adecuado funcionamiento de la GIRH, aunque se insistió en el papel relevante del gobierno central para implementar el enfoque. Los objetivos normativos, políticos y técnicos deben ser "equidad social, cohesión social, práctica democrática, unidad nacional, conservación de la paz y desarrollo sostenible" (ibíd.).

Dichos objetivos, se dice, tienen gran relevancia para el diseño de políticas hídricas, la planificación del desarrollo y la cooperación internacional. Se llama a que los planes de la GIRH reconozcan la diversidad social, cultural, así como la pluralidad política para poder establecer las estructuras necesarias para "una gobernanza democrática e igualitaria". Se llama además, de manera urgente, a colocar el desarrollo sostenible en el centro de los objetivos de la GIRH, "alineando consideraciones sobre la protección ambiental, desarrollo social y económico en el manejo del agua, sin olvidar los medios socio-políticos, financieros y tecnológicos para lograr esta meta" (ibíd.).

Tres años después, en marzo de 2009, se celebró el V Foro Mundial del Agua en Estambul, Turquía. El lema en esta ocasión fue "Conciliar las Diferencias por el Agua", sin duda motivado por las disputas descritas a lo largo de este análisis. El formato del foro incluso reflejó la intención de los organizadores por tratar de generar nuevos 'acuerdos' al respecto.

Esta vez se le dio un lugar muy importante a un componente llamado "Proceso Político".[25] Dicho componente, dentro del foro, consistió en las reuniones de cuatro grupos políticos: Jefes de Estado, Ministros, Legisladores y Autoridades locales electas. El tema común fue "Estrategias de Adaptación del Manejo del Agua frente a los retos Globales, incluyendo el Cambio y la Variabilidad Climáticos". El objetivo fue preparar una agenda política mundial del agua, en la que se previeran orientaciones para los Gobiernos, se les llamara a 'actuar' y se hiciera presión específica para lograr los Objetivos del Milenio. Se dijo que se trataba de añadir una perspectiva política a los esfuerzos dentro del foro, pero se aclaraba que esta intención era "evitando presionar a los Gobiernos a asumir compromisos que no podrán cumplir" (WWC, 2008).

La discusión más controversial fue de nuevo en torno a la posibilidad de reconocer el derecho humano al agua. Mientras que los documentos de legisladores y

[25] Los otros dos componentes del foro fueron un Proceso Temático (discusión en torno a 6 temas, 22 tópicos) y un Proceso Regional (reuniones por regiones previas al foro: África, Américas, Europa, región árabe, Mediterráneo y Turquía y sus alrededores). Estos otros componentes alimentan al Proceso Político con recomendaciones de políticas como insumo para el debate (WWC, 2008).

autoridades locales aceptaron abiertamente este derecho, la declaración ministerial sólo se conformó con mencionar que "Nosotros reconocemos las discusiones dentro del sistema de la ONU con respecto a los derechos humanos y el acceso al agua potable segura y saneamiento. Nosotros reconocemos que el acceso al agua potable segura y saneamiento es una necesidad humana básica" (WWC y Cancillería de Turquía, 2009).

De nuevo, sólo en el anexo se dio el reconocimiento del agua como derecho humano; sin embargo, éste fue firmado ahora por 25 países, entre los que están Bolivia, Chile, Cuba, Ecuador, España, Guatemala, Honduras, Panamá, Paraguay, Uruguay, Venezuela, Suiza, Benin, Camerún, Chad, Etiopía, Marruecos, Namibia, Níger, Nigeria, Senegal y Sudáfrica, así como Bangladesh, los Emiratos Árabes Unidos y Sri Lanka, los cuales se comprometieron a realizar las acciones necesarias para la implementación progresiva de ese derecho (Reflejo Social, 2009). En este caso México no firmó.

Como avance significativo se calificó tanto el reporte acerca de que 32 constituciones nacionales reconocen ya este derecho en el mundo, como el compromiso de la ONU para llevar a cabo próximamente una evaluación profunda de las implicaciones del agua como derecho humano en términos institucionales, políticos, económicos y sociales (WWC, 2009).

De manera paralela, también se volvió a reunir el Foro Social organizado por el movimiento mundial por la defensa del agua. En éste se reafirmaron todos los principios y compromisos expresados en la declaración de la Ciudad de México 2006: la afirmación del agua como un elemento básico de toda la vida en el planeta, como un derecho fundamental e inalienable; la insistencia en que la solidaridad entre las generaciones presentes y futuras debe garantizarse; el rechazo a todas las formas de privatización; declaración en torno a que el manejo y control del agua debe ser público, social, cooperativo, participativo, equitativo y sin ánimo de lucro, así como el llamado al manejo democrático y sostenible de los ecosistemas y a preservar la integridad del ciclo del agua a través de la protección y manejo adecuado de las cuencas y el ambiente (Foro Social del Agua, 2009).

Además se hizo un llamado para que el próximo Foro Mundial del Agua sea organizado por la ONU y ya no por el WWC y los intereses privados de las empresas trasnacionales. El hecho de que altos funcionarios de la ONU estuvieran presentes en la reunión oficial de ese año, manifiesta la misma declaración alternativa, es un hecho importante y se convierte en señal de que algo está cambiando (ibíd.).

La hegemonía de la visión del agua como bien económico presenta signos de que está cediendo frente a la del agua como derecho humano en el debate internacional y, como puede apreciarse, esta transformación se está dando de manera

creciente. Sin embargo, la historia de este proceso se está escribiendo en estos momentos.

5. Las ideas y el cambio institucional: una reflexión desde México

Lo que identificamos en el proceso político descrito con anterioridad es básicamente una disputa por establecer la filosofía pública dominante en la política hídrica mundial. Como se ha podido observar a lo largo de esta revisión, el núcleo de valores y creencias expresado en ideas por los actores internacionales ha girado en torno a la naturaleza del agua y sus servicios y está sintetizado en dos visiones contrapuestas: el agua como bien económico o como derecho humano.

Esto ha dotado de contenido a las consideraciones de los actores con respecto a las mejores estrategias, instrumentos y mecanismos para lograr el desarrollo (lo que incluye la superación de la pobreza y el crecimiento económico) y la sostenibilidad del recurso mismo. El debate primario deriva en un debate 'secundario' en torno a los instrumentos que regulan la asignación de derechos -instrumentos que tratan de resolver las controversias y los conflictos entre usuarios- o definen los criterios del diseño de las políticas o los planes operativos, es decir, las reglas de decisión. En este nivel se encuentra la discusión en torno a la utilidad y conveniencia de la GIRH. Hay coincidencias entre la mayoría de los actores en cuanto a que la gestión de las cuencas es la más adecuada para lograr mejores objetivos de desarrollo y conservación del medio ambiente, pero las diferencias y diputas están determinadas por las visiones centrales en torno a la naturaleza del agua. La GIRH, en este sentido, más que ser una discusión meramente técnica, es esencialmente política a partir de los fines que se le atribuyen. La disputa en este segundo nivel está en torno a la descentralización del proceso de toma de decisiones e intervención de instancias locales de gobierno frente a la administración centralizada y el alcance de la participación social.

Así, la adopción del paradigma de la GIRH ante este planteamiento se presenta como un entramado institucional al que se le da contenido esencialmente a partir del conjunto de valores, creencias y orientaciones sociales que los actores imprimen en su acción política al participar en su implementación. Es decir, no es un proceso neutral.

Por un lado, la coalición de actores que comparte la visión del agua como bien económico ve en la GIRH el mejor instrumento para crear mercados de agua, donde actores de usos competitivos buscan la asignación más eficiente del recurso escaso. Los derechos de propiedad sobre el agua deben ser preferentemente privados o la gestión de los servicios conexos debe ser manejada bajo premisas de mercado. El manejo de la cuenca permite el cuidado del agua en recurso

considerado un bien productivo para el desarrollo de la región. La gestión de la cuenca se ve como un espacio en el que se pueden crear condiciones de 'buena gobernanza', es decir, esquemas de cooperación y asociación tripartitas (Estado, mercado y sociedad civil), con la incorporación de mecanismos de mercado y la participación de la sociedad para atacar la crisis del agua y producir futuros deseados.[26] El gobierno central debe procurar el control de las asignaciones, así como de los principios y lineamentos de política que deben ser implementados en la cuenca, donde los involucrados, esencialmente usuarios, participan de manera complementaria.[27]

Por otro lado, la coalición de actores que conceptualiza el agua como bien social o derecho humano acepta de manera amplia el concepto de la GIRH pero la promueve principalmente como un medio en el que la propiedad pública del bien se materializa en la cuenca, subcuenca o acuífero, y que bajo los principios de equidad y justicia social la asignación del agua se destina, en primera instancia, para cubrir necesidades básicas humanas, aliviar las condiciones de pobreza, conservar el medio ambiente, cubrir el uso comunitario, y no es sólo un insumo más para el desarrollo general de la cuenca. El cuidado del medio ambiente de la cuenca parte de un compromiso intergeneracional para las sociedades futuras. El manejo de la cuenca debe estar garantizado por instancias públicas, principalmente a nivel de gobierno regional y local, que gocen de amplia legitimidad democrática y se conduzcan bajo principios democráticos.[28] El gobierno local junto con la comunidad deben ser los responsables del manejo y gestión del agua.[29] Esto último pretende que los esquemas de gobernanza del agua no exclu-

[26] Para Castro y colaboradores "dicha 'versión idealizada' de la gobernanza presenta al estado, el mercado y la 'sociedad civil' como 'socios' igualitarios, con capacidades similares, como formando parte de un juego de interacción simétrico, cuando en la realidad lo que se verifica es la existencia de enormes asimetrías de poder y conocimiento que contradicen el postulado central de la versión idealizada". Se puede verificar en la realidad que la sociedad en los esquemas de liberalización y desregulación es la que más encuentra dificultad en su función de "socios"en el sistema de gobernanza de este tipo (Castro *et al.*, 2006: 241).

[27] En el caso particular de México, con un proceso de descentralización relativamente reciente, encontramos importantes obstáculos para la delimitación y consolidación de las funciones, responsabilidades y jurisdicción de los diferentes niveles de decisión en relación al recurso. Por ejemplo, por un lado tenemos un poder federal, gobiernos estatales y gobiernos municipales; asimismo enfrentamos, por un lado, una división política en la que operan estos tres niveles de poder y, por el otro, un manejo regional o de cuenca en el que, además de los criterios hidrológicos de cómo considerar las aguas superficiales y subterráneas que lo conforman, se confrontan poderes reales, desiguales y confrontados que constituyen grandes obstáculos para una verdadera gestión integrada de los recursos hídricos en el país.

[28] Spiller, I. (2006:147).

[29] En el caso particular de México, esta posibilidad se complica por los grandes niveles de

yan ni debiliten a la sociedad civil —como de hecho sucede en la mayoría de las estructuras de gobierno de cuenca actuales—, ya que no se procuran mecanismos adecuados de control, transparencia, acceso a la información y deliberación pública que efectivamente tengan incidencia en el proceso de toma de decisiones. Una razón más para justificar las instituciones y mecanismos de gobernanza en la gestión del agua es a partir del hecho de que los usuarios más afectados por la crisis del agua no reaccionan en forma automática a las situaciones conflictivas y negativas de la cuenca (Dourojeanni, A., 2002: 5). La clave es garantizar la centralidad de la sociedad en el proceso de gobernanza, antes que la del propio Estado o los agentes económicos.

Cuadro 2. Configuración como tipos ideales de los proyectos políticos defendidos por los actores en el proceso de gobernanza del agua

Agua como bien económico	Agua como derecho humano
El agua es un bien económico y el mercado el mejor instrumento para la asignación eficiente.	El agua es un derecho universal e inalienable, constitutivo de la dignidad humana, su asignación debe estar gobernada por principios de equidad y justicia social.
Se deben solucionar los problemas de asignación entre usos competitivos, procurando el cuidado de los recursos naturales en tanto bienes económicos escasos.	Se deben solucionar los problemas de inequidad en el acceso al agua, superación de la pobreza y asegurar la sustentabilidad del los recursos naturales en un compromiso intergeneracional.

desigualdad e inequidad social, política, económica y cultural de la población. En este sentido, tendríamos que pensar en el modelo de la GIRH como un punto de llegada y no como punto de partida, pues una gestión del recurso de este tipo implica la preexistencia de una ciudadanía consolidada en pleno ejercicio de sus derechos y obligaciones, igualdad en el acceso oportunidades y recursos, una cultura política democrática, entre otras, situación que en el país está muy lejos de ser. Sería conveniente pensar en un modelo de GIRH que implique una construcción de "abajo hacia arriba"y no exclusivamente de "arriba hacia abajo", es decir, hay que recuperar las experiencias obtenidas en el país en la microcuenca, la localidad, la comunidad, la cuales ya han tomado en sus manos la resolución de los problemas que se les presentan y han involucrado a las autoridades correspondientes para la solución conjunta de los mismos. Sería importante contar con políticas públicas que incentivaran y generalizaran estas experiencias.

Agua como bien económico	Agua como derecho humano
La GIRH es un medio para estructurar eficientemente los mercados del agua e introduce incentivos para el cuidado del medio ambiente.	La GIRH es un medio que permite la participación democrática y la asignación justa del agua. La GIRH además trasparenta y sanciona las posibles acciones oportunistas de los actores.
La participación se da en asociaciones públicas-privadas. Existen mercados de agua en la cuenca. Son necesarios los derechos de propiedad (privada) sobre el agua.	La sociedad civil asegura participación y control democrático sobre el manejo del agua. Debe asegurarse la propiedad pública del agua.

Fuente: Caldera Ortega, A. R. (2009).

No pretendemos con esto proponer un planteamiento maniqueo, sino simplemente proponemos un análisis que identifique los proyectos políticos que guían el diseño institucional y la formulación de políticas que finalmente se verifican en el orden nacional, incluso local.

En términos analíticos, los proyectos políticos se toman como 'tipos ideales' de lo que defienden los actores en un momento determinado, a partir de su concepción de la naturaleza del agua, del entendimiento que se tenga del origen o causas de los problemas, así como de las soluciones y sus estrategias que se planteen como las más adecuadas para superar la crisis de escasez o degradación de los cuerpos acuáticos. La observación tanto de los proyectos políticos defendidos por cada conjunto de actores y de las asimetrías de poder en el desarrollo institucional como del desempeño de las políticas públicas se convierte en básica para un buen entendimiento del proceso de gobernanza del agua.

El estudio de realidades nacionales, como la mexicana, verifica efectivamente una reconfiguración de las orientaciones de política y el diseño de instituciones del agua. El Estado ha cedido centralidad en el espacio público, pero no a favor de la sociedad, sino básicamente a favor de actores privados mercantiles. Esto se ve reflejado en el hecho mismo de que el diseño institucional que ha intentado introducir esquemas participativos y de GIRH, tanto en lo nacional como en lo local, han sido más bien limitativos de la participación y del alcance de la descentralización en la toma de decisiones, y sin posibilidades de construir condiciones propicias para que los actores se autocomprometan con acciones radicales para frenar la crisis del agua que se vive en el país.

Por ejemplo, la participación social que según la Comisión Nacional del Agua (CNA) es uno de los ejes fundamentales del diseño de la política hídrica en México, no logra articularse con resultados efectivos de disminución de la demanda del recurso. Los Consejos de Cuenca, Consejos Técnicos de Aguas Subterráneas, Comités y Comisiones de Cuenca o Consejos Directivos o Consultivos de los organismos operadores del servicio de agua potable y alcantarillado no tienen ni la representatividad ni la vinculación suficiente con todos los usuarios que no participan; no logran convertirse en instrumentos efectivos de rendición de cuentas, y mucho menos ejercen contrapeso a los actores poderosos que influyen de manera efectiva en la formulación de decisiones y que tienden a privatizar los beneficios. Estos órganos de 'representación' tampoco llegan a convertirse aún en interfaces Estado-sociedad, donde los intercambios entre actores de ambas esferas sean equitativos, útiles y vinculantes con el fin de generar compromisos con acciones efectivas para disminuir las extracciones o la emisión de contaminantes.[30]

El modelo de gestión mercantil-ambiental que el gobierno federal ha asumido,[31] a través de la CNA, insiste en que uno de sus objetivos es transferir cada vez más responsabilidades a la sociedad. Sin embargo, el proceso de descentralización seguido en México ha sido acotado y limitado. El llamado proceso de descentralización en la política hídrica mexicana del país ha incluido, primero, la sesión de la responsabilidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a estados y municipios —o esencialmente a los segundos—, pero la autoridad federal conserva la mayor capacidad para invertir en la materia; segundo, la transferencia de los distritos de riego a los usuarios incluyó efectos no deseados (o como dirían los economistas, 'externalidades negativas') en los que pocos privados han concentrado beneficios y ganancias a costa de una mayoría de campesinos sin capacidades efectivas para sobrevivir en el mercado, y en tercer lugar, a pesar de que el proceso general de cambio institucional en el sector agua en México fue influenciado por el paradigma de la GIRH, éste se convirtió más en un discurso de buenas intenciones que en una realidad materializada a través de las instituciones creadas hasta el momento. Incluso, hay quien ha dicho que el

[30] La idea de interfaces de intercambio Estado-sociedad, como se le ha dado en llamar a los espacios de representación ciudadana vinculadas a una o varias dependencias gubernamentales pertenecientes a algún sector específicos de la política pública (o incluso a actividades de órganos autónomos del Estado), en donde se dan interacciones que van desde el intercambio de información hasta el establecer relaciones a partir de decisiones vinculantes de uno y otro lado, es un campo de investigación en México que tiene cada vez mayor presencia y ha aportado ya mucho material para el entendimiento de los mecanismos de rendición de cuentas 'transversal' y social (ver Insunza Vera, E., 2006).

[31] La idea de llamar "mercantil-ambiental"al periodo que se inaugura con la creación de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en 1989 es de Luis Aboites (2009).

proceso general de descentralización que dice encabezar la CNA es más bien, en sí mismo, "una paradoja", ya que éste ha demandado mayor centralización en el control sobre la gestión del agua a través del diseño de un conjunto complejo de mecanismos, instrumentos y habilidades políticas en el orden nacional.[32]

Es claro que los pobres resultados obtenidos al hacer frente a la crisis del agua en el país se deben a un diseño de política hídrica en el que básicamente se reproduce la concentración de poder, a la pobre institucionalidad para incentivar la participación de la mayoría de los usuarios, así como a una tendencia a favorecer patrones de comportamiento de influencia y negociación entre la élite, y a marginar la cooperación entre los posibles interesados. En suma, los principales problemas en México siguen siendo centralización, participación social acotada y beneficios distribuidos de manera selectiva.

[32] Margaret Wilder y Patricia Romero Lankao hacen referencia al término "paradojas de la descentralización"en una forma irónica en su trabajo (ver Wilder, M. y P. Romero Lankao, 2006: 1993, nota 2).

Referencias

Aboites Aguilar, Luis (2009). La decadencia de agua de la nación. Estudio sobre desigualdad social y cambio político en México, México, Distrito Federal, El Colegio de México.

Barkin, David y Timothy King (1986). Desarrollo económico regional: enfoque por cuencas hidrológicas en México, México, Siglo XXI.

Barlow, Maude y Tony Clarke (2004). Oro Azul: Las multinacionales y el robo organizado del agua, Barcelona, Paidós.

Bryce, Susan (2001). "The Privatization of Water", en *Nexus Magazine* 8, no. 3.

Caldera Ortega, Alex R. Gobernanza y sustentabilidad: Desarrollo institucional y procesos políticos en torno al agua subterránea en México: Los casos del valle de León y del valle de Aguascalientes (2009). Tesis presentada para obtener el título de Doctor en Investigación en Ciencias Sociales con Mención en Ciencia Política de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-Sede México.

Castro, Esteban; M. L. Torregrosa; A. Allen; R. Gómez; J. Vera, y K. Kloster (2006). "Desarrollo Institucional y Procesos Políticos", *Perspectiva Trasversal del IV Foro Mundial del Agua, Documento Base núm. 2*, México, Comisión Nacional del Agua, World Water Council, 2006.

Dourojeanni, Axel (2002). *¿Quién gobierna a quién en la gestión del agua?*, Chile, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, 2002.

Ferrari , Sergio (2004). "La sed, ¿necesidad o lujo? el agua, ¿bien público o mercadería?", en *Revista Electrónica: ALAI, América Latina En Movimiento*. Disponible en http://alainet.org/active/6266&lang=es (10 de marzo de 2008).

Foro Social del Agua (2009). *Declaración de Estambul*, marzo de 2009. Disponible en http://www.comda.org.mx/files/documentos/DECLARACION-DEESTAMBULMZO2009.pdf (3 de junio de 2009).

Gobierno Federal de Alemania (2007). *Declaración Ministerial. Las claves de Bonn. Recomendaciones de Acción*, en Conferencia Internacional de Agua Dulce, Bonn, 3-7 de diciembre.

Hall, David y Emanuelle Lobina (2006). "Agua, privatización y ciudadanía", en Varios (coord..), *La gota de la vida: "Hacia una gestión Sostenible y democrática del agua"*, México, Fundación Heinrich Böll: 266-309.

Hales, David (2001). Conclusions of the Multi-Stakeholder Dialogues, Documento presentado en la Conferencia Internacional de Agua Dulce en Bonn, Alemania, 2001.

Insunza Vera, Ernesto (2006). "El reto de la confluencia. Las interfaces societales en el contexto de la transición política mexicana (dos casos para la reflexión)", en Evelina Dagnino, Alberto J. Olvera y Aldo Panfichi, *La disputa por la construcción democrática en América Latina*, México, Fondo de Cultura Económica.

Jiménez, B. y M. L Torregrosa (2007). "Water services in Mexico: Are they a public priority?", en *Journal of comparative social welfare,* vol. 23, num. 2, October: 155-165.

Langford, Malcom y Ashfad Khalfan (2006). "Introducción al agua como derecho humano", en Varios (coord..), *La gota de la vida: "Hacia una gestión Sostenible y democrática del agua"*, México, Fundación Heinrich Böll.

Llop, Armando; Manuel Paulet, y Rodrigo Speziali de Carvalho (2007). El Rol de la Economía en la Gestión del Agua. Documento presentado en el Sexto Diálogo Interamericano Sobre La Gestión del Agua, Guatemala, 12-17 de agosto de 2007. Disponible en http://pacificosur.rirh.net/ADVF/documentos/tg3_tbd_esp.pdf (25 de noviembre de 2008).

Mukhtarov, Farhad G. (2007). "Integrated Water Resources Management From a Policy Transfer Perspective", en *Basin Water Management*: 210-225.

Muñoz Velga, José Miguel (2000). "Hacia una política mundial del agua", en *Levante, el Mercantil Valenciano*, 22.

Peña, Humberto y Miguel Solanes (2003). *Effective Water Governance in the Americas: A Key Issue*. Documento presentado en el III Foro Mundial de Agua, Kioto, Japón, Global Water Partnership.

Pierri, Naína (2004). "Historia del concepto de desarrollo sostenible", en Naína Pierri y Guillermo Foladori (coord.), *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el Desarrollo Sustentable.* México, Universidad Autónoma de Zacatecas, Miguel Ángel Porrúa.

Rahaman, Muhammad Mizanur y Olli Varis (2005). "Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges", en *Sustainability: Science, Practice, and Policy* 1, no. 1: 15-21.

Reflejo Social (2009). *V Foro Mundial del Agua de Estambul; Agua. Un derecho humano para algunos*. Disponible en http://www.reflejosocial.com/ecologia/v-foro-mundial-del-agua-de-estambul-agua-un-derecho-humano-para-algunos/ (3 de junio de 2009).

Rogers, Peter y Alan W. Hall (2003). *Effective Water Governance*, Tec Background Papers, no. 7, Suecia, Global Water Partnership.

Sabatier Paul A. y Hank C. Jenkins-Smith (1999). "The Advocacy Coalition Framework. An Assessment", en Paul A. Sabatier (Ed.), *Theories of the Policy Process, San Francisco*, Westview Press.

Soares, Denise; Sergio Vargas, y María Rosa Nuño (ed.) (2008). *La gestión de recursos hídricos: realidades y perspectivas*, tomo 1, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua y Universidad de Guadalajara.

Spiller, Ingrid (2006). "Por el derecho al agua: la sociedad civil internacional, sus temas y estrategias", en Varios (coord.), *La gota de la vida: "Hacia una gestión sustentable y democrática del agua"*, México, Fundación Heinrich Böll: 142-49.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (s/f). *Milestones: 1972-2006: from Stockholm to Mexico*, World Water Assessment Programme for development, capacity building and the environment, ONU. Disponible en http://www.unesco.org/water/wwap/milestones/index.shtml#top (Disponible el 14 de diciembre de 2008).

World Water Council (WWC) (2009). *V Foro Mundial del Agua: Lo más destacado de Estambul. 16-22 de marzo.* Documento de divulgación. Disponible en http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/World_Water_Forum/WWF5/5th_Forum_Highlights_Spanish.pdf (3 de junio de 2009).

_____(2008). *V Foro Mundial del Agua: El Proceso Político*, Documento previo. Disponible en http://www.worldwaterforum5.org/fileadmin/WWF5/Library/Publications/politicalprocess_SP.pdf (29 de mayo de 2009).

_____(2003). *Declaración Ministerial*, III Foro Mundial del Agua, Kioto, Japón.

_____(1997). *Marrakech Declaration,* Documento disponible en *www.ielrc.org/content/e9712.pdf (12 de septiembre de 2008).*

WWC y Cancillería de Turquía (2009). *Declaración Ministerial de V Foro Mundial del Agua*, *Draft*, 4 de octubre. Disponible en http://www.minagua.gov.bo/documentos/declaracion_ministerial_esp.pdf/ (29 de mayo de 2009).

World Water Council (WWC) y Comisión Nacional del Agua (CNA), "Síntesis del Foro", *Documentos y Resultados del Foro*, México 2006, IV Foro Mundial del Agua, CD-ROM, 2006.

Wilder, Margaret y Patricia Romero Lankao (2006). "Paradoxes of Decentralization: Water Reform and Social Implications in Mexico", en *World Development*, Vol. 34, No. 11: 1977-1995.

13. Agua, desarrollo económico y desarrollo humano

José Luis Montesillo Cedillo* , **
Carlos Roberto Fonseca Ortiz***

Resumen

En el presente trabajo se analiza la relación existente entre disponibilidad natural de agua y desarrollo económico y desarrollo humano, cuantificados por medio del Índice de Desarrollo Humano (IDH). Primero se estudia la relación entre las variables mencionadas en los países considerados de desarrollo humano alto, y luego se presenta el caso de México con información de los estados. Con base en la evidencia obtenida, se concluye que en los países de desarrollo humano alto la disponibilidad natural de agua no tiene relación, cuantificada por el coeficiente de correlación de Pearso, con el desarrollo económico y humano. Después se presentan los resultados obtenidos para México. Los principales resultados son los siguientes: i) las mayores concesiones de uso de agua las ostentan los estados que tienen las más bajas disponibilidades naturales de agua, que a su vez son los menos densamente poblados y registran la más baja productividad del agua tanto en la información agregada como en la de los sectores agrícola e industrial; ii) los estados que tienen las menores concesiones tienen las mayores disponibilidades y son los más productivos en los usos del agua; iii) los estados que tienen los mayores niveles de disponibilidad natural de agua son los menos desarrollados y registran los más bajos índices de desarrollo humano, y iv) los estados que tienen las mayores concesiones reciben la mayor parte del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) para obras hidráulicas. En suma, con base en información de

* Agradecimientos: Este trabajo es producto del proyecto de investigación con Clave 2727/2008U financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México.

** Instituto de Estudios sobre la Universidad, Universidad Autónoma del Estado de México, jlmonte@prodigy.net.mx

*** Maestría en Ciencias del Agua, Centro Interamericano del Recurso Agua, Universidad Autónoma del Estado de México

los estados, la evidencia nos permite decir que la disponibilidad natural de agua no tiene relación alguna con el desarrollo económico y humano.

Palabras clave:

Índice de Desarrollo Humano (IDH), disponibilidad natural, precipitación pluvial media anual, producto interno bruto (PIB).

Introducción

Cuando se escribe en torno al agua, siempre se le relaciona con el bienestar y el desarrollo; siempre se pretende conservar y sanear toda el agua del país, y también siempre se propone llevar agua a los que no la tienen (Programa Nacional Hídrico. 2007-2012: 7, 8, 9 y 15), porque se da por sentado que el agua implica desarrollo económico y humano. Sin embargo, esto no ha sido probado ni demostrado.

Por otro lado, hay abundancia de afirmaciones o declaraciones y una aceptación generalizada, hasta en el ámbito académico, respecto de que el agua es factor de desarrollo económico, social y humano. Así, en el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 (PNH) se dice que "el adecuado manejo y preservación del agua cobra un papel fundamental, dada su importancia en el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación de la riqueza ecológica de nuestro país" (PNH, agosto de 2007: 15). No obstante, es necesario probar dichas afirmaciones para pasar del contexto declarativo al científico, sobre todo porque la evidencia señala que la abundancia de agua convive con los mayores índices de pobreza, atraso económico y muy poco desarrollo humano, como podremos ver en el presente trabajo.

Con la finalidad de confirmar que los resultados obtenidos para México no son un caso particular, se presenta, en primer lugar, un análisis de la relación que tienen la disponibilidad natural de agua con el desarrollo económico y el desarrollo humano, cuantificados por medio del Índice de Desarrollo Humano (IDH), en los países considerados de desarrollo humano alto, de acuerdo con la clasificación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Si bien los resultados para el caso de los países de desarrollo humano alto nos permiten concluir que no existe relación, cuantificada por el coeficiente de correlación de Pearso, entre la disponibilidad natural de agua y el desarrollo económico y humano, se obtienen los mismos resultados para el caso de los países de desarrollo humano medio y bajo, según la clasificación del PNUD, sólo que por razones de espacio lo remitimos a una nota al pie de página.

De esta manera, en la primera parte se presenta el análisis de la relación entre agua y Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en unidades de poder adquisitivo (PPA) en dólares de Estados Unidos de América (US$), así como entre agua e IDH, en los países considerados de desarrollo humano alto. Lo hallado nos habilita para decir que no hay relación entre agua y las variables mencionadas, pues los países que registran el mayor PIB per cápita en unidades de PPA en US$ tienen los más bajos niveles de disponibilidad natural de agua. Tales son los casos de Qatar, Luxemburgo y Noruega, entre otros.

Una vez analizada la relación entre agua y PIB y entre agua y desarrollo humano en los países considerados de desarrollo humano alto, pasamos al caso mexicano. Para empezar, comparamos los niveles de precipitación pluvial con los volúmenes de agua concesionada por entidad federativa y encontramos una relación inversa entre dichas variables, esto es, a mayor concesión, menor disponibilidad natural representada por la precipitación pluvial media anual.

Después proporcionamos una taxonomía hidroeconómica de México: comparamos la precipitación con el volumen concesionado de agua en los estados y se concluye que los mayores volúmenes de concesión los ostentan los estados que registran los menores niveles de precipitación y la menor densidad poblacional, y que son, además, los que hacen los menores aportes al PIB nacional.

Se analiza la productividad del agua en el Sector 11 de la economía, que incluye agricultura, ganadería, aprovechamientos forestales, pesca y caza, y se concluye que los estados en los que la productividad del agua es menor son aquellos que tienen los mayores volúmenes concesionados de agua para dicho uso.

Posteriormente, se estima la productividad del agua en la industria y los servicios en los estados y, al igual que para el caso del Sector 11, los menos productivos son los que tienen las mayores concesiones de agua, a saber, Sinaloa y Sonora, entre otros.

En seguida, analizamos la relación entre precipitación y volumen de agua concesionado con el desarrollo humano en los estados. Uno de los resultados más destacables es que la disponibilidad natural de agua tiene una relación negativa con el IDH y que el volumen concesionado no tiene relación alguna con el IDH. Además, el PEF para Programas Hidráulicos se concentra en los estados que tienen más agua concesionada y menor densidad poblacional.

Por último, se presentan las conclusiones y algunas sugerencias.

Agua y desarrollo humano en los países con desarrollo humano alto

En la Tabla 1, los datos están ordenados en forma descendente –de mayor a menor– con base en el PIB[1] per cápita en unidades de Paridad de

[1] El Producto Interno Bruto (PIB) es el valor a precios de mercado de los bienes y servicios que produce una economía en un periodo de tiempo dado (Barro, R., *et al.*, 1997: 36-45). A precios de mercado implica que no considera los bienes y servicios que se producen, pero que no pasan por el mercado. Para un estudio detallado y formal de este tipo de producción, véase los Sistemas de Cuentas Nacionales de México. Cuentas por Sectores Institucionales (INEGI, 1999, Tomo I). *El PIB no mide directamente las cosas que hacen que la vida merezca la pena, pero sí mide nuestra capacidad para conseguir los elementos que hacen que merezca la pena* (Makiw, 1998: 449). Acerca de las limitaciones del PIB y del PIB per cápita como medidas de bienestar, véase

Poder Adquisitivo (PPA) en dólares de los Estados Unidos de América (US$)[2].

Qatar registra el PIB per cápita en PPA en US$ más alto de los países considerados; sin embargo, tiene el último lugar, entre otros países, por su nivel de precipitación, y la posición 31 en cuanto a su IDH[3], según la clasificación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El primer lugar en precipitación pluvial lo tiene Domínica, el cual ocupa el lugar 81 en cuanto al PIB per cápita en PPA en US$, y el lugar 70 por su IDH.

Noruega registra el primer lugar en cuanto a IDH se refiere; el cuarto en PIB per cápita en PPA en US$, y el 71 por su nivel de precipitación.

De la situación de Qatar, Domínica y Noruega –todos considerados de desarrollo humano alto, según el PNUD– y de toda la información de la Tabla 1, se desprende que a menor nivel de precipitación, mayor PIB per cápita en PPA en US$ y mayor IDH. Esto es, a mayores niveles de precipitación, menor PIB per cápita en PPA en US$ y menor IDH. En efecto, así lo confirma el coeficiente de correlación simple de Pearson para los países considerados en la Tabla 1, pues

---

Nussbaum, M. y Amartya Sen (1998), La calidad de vida. Fondo de Cultura Económica. México, p. 588. El PIB es relevante con las atenuantes mencionadas, pero un crecimiento permanente del PIB facilita un mayor desarrollo humano y con ello un mayor desarrollo económico. De manera resumida, un mayor PIB potencia el Índice de Desarrollo Humano (IDH), y un mayor IDH apoya un PIB en permanente crecimiento.

El PIB per cápita es el resultado de dividir el PIB total, ya sea nacional o estatal, entre la población total correspondiente. Es necesario tener presente que PIB per cápita no implica ingreso disponible y que es un indicador que no refleja el bienestar de la población, sólo nos proporciona una idea general de la producción por habitante.

[2] El PIB per cápita en dólares de paridad de poder adquisitivo (PPA en US$) es una medida de la capacidad de compra, y consiste en calcular los precios de los bienes en diferentes países, convertidos a una moneda común, en este caso, el dólar de los Estados Unidos de América. Así, el PIB per cápita de cada país en su moneda local es convertida a una moneda común para facilitar la comparación entre países (Barro, R. *et al.*, *op. cit.*: 240-245).

[3] El Índice de Desarrollo Humano (IDH) está conformado por tres componentes o dimensiones, a saber: i) esperanza de vida al nacer, el cual tipifica la capacidad de contar con una vida larga y saludable; ii) alfabetismo, que es la capacidad de adquirir conocimientos de los adultos y la asistencia a la escuela de niños y jóvenes de entres 6 y 24 años, y iii) Producto Interno Bruto (PIB) per cápita ajustado al poder adquisitivo del dólar de los Estados Unidos de América. Cada uno de los componentes del IDH varía entre 0 y 1, al igual que el promedio de las tres dimensiones del IDH. Un valor de 1, de este último, es el valor máximo posible del IDH. La esperanza de vida al nacer y el alfabetismo están relacionadas directamente, ya que mientras más educación o escolarización tiene un país o estado, mayor es el ingreso per cápita, la esperanza de vida al nacer y la salud. En suma, mayor índice de desarrollo humano (IDH), además de un mayor sentido de la libertad y de su ejercicio mediante la participación consciente en la toma de decisiones colectivas o sociales o nacionales (Sen. A., y Bernardo Kliksberg, 2007: 53-78).

entre precipitación y PIB per cápita en PPA en US$ es -0.268, y entre precipitación e IDH es -0.286.

Debemos tener presente que la correlación no implica causalidad. De ahí que el análisis de la información de la Tabla 1 sólo permite decir que no existe relación entre precipitación pluvial o disponibilidad natural de agua y PIB per cápita en PPA en US$ e IDH. En suma, la información disponible no nos permite confirmar la creencia en afirmaciones no científicas de que el agua implica desarrollo o que el desarrollo económico y el humano se dan en función de la disponibilidad de agua, porque la evidencia apunta a que no es así.

En síntesis, la disponibilidad de agua derivada de los mayores niveles de precipitación está presente en los países con el menor PIB per cápita en PPA en US$ y con los menores niveles del IDH[4]. A su vez, la menor disponibilidad natural de agua está presente en los países que registran el PIB per cápita en PPA en US$ y el IDH más altos.

Por lo tanto, se puede concluir que la disponibilidad natural de agua no tiene relación con el desarrollo económico y humano que han logrado los países considerados de desarrollo humano alto.

Tabla 1. PIB per cápita en PPA US$, precipitación pluvial e IDH por país.

País	PIB per cápita en PPA USA $ 2005*	Tasa de precipitación (mm/año) 2005**	IDH, 2006***
Qatar	85868	100	0,910
Luxemburgo	82306	900	0,960
Noruega	53451	1 100	0,971
Singapur	51142	2 500	0,944
Brunei	50117	2 700	0,920
Estados Unidos	46859	700	0,956
Hong Kong	43811	n.d	0,944

[4] Los países considerados de desarrollo humano alto, según el PNUD, son los que tienen un IDH superior a 0.800. Si bien, por razones de espacio, no incluimos los 176 países considerados en el PNUD, sus coeficientes de correlación entre precipitación y PIB per cápita en PPA en US$ es -0.136, y entre precipitación e IDH es 0.029; este último indica que no existe relación entre las variables mencionadas.

País	PIB per cápita en PPA USA $ 2005*	Tasa de precipitación (mm/año) 2005**	IDH, 2006***
Suiza	42783	1 500	0,960
Irlanda	42539	1 100	0,965
Países Bajos	40431	800	0,964
Islandia	40025	1 000	0,969
Kuwait	39850	100	0,916
Austria	39634	1 100	0,955
Canadá	39183	500	0,966
Emiratos Árabes Unidos	38830	100	0,903
Australia	37299	500	0,970
Dinamarca	37266	700	0,955
Suecia	37245	600	0,963
Reino Unido	36523	1 200	0,947
Bélgica	36235	800	0,953
Finlandia	36217	500	0,959
Alemania	35442	700	0,947
Bahrein	34605	100	0,895
Francia	34208	900	0,961
Japón	34100	1 700	0,960
España	30621	600	0,955

País	PIB per cápita en PPA USA $ 2005*	Tasa de precipitación (mm/año) 2005**	IDH, 2006***
Italia	30581	800	0,951
Grecia	30535	700	0,942
Chipre	29830	500	0,914
Eslovenia	29472	1 200	0,929
Israel	28206	400	0,935
Corea del Sur	27647	1 100	0,937
Bahamas	27394	1 300	0,856
Nueva Zelanda	2706	1 700	0,950
República Checa	25395	700	0,903
Omán	24153	100	0,846
Arabia Saudita	23834	100	0,843
Malta	23760	400	0,902
Portugal	22190	900	0,909
Eslovaquia	22040	800	0,880
Seychelles	21910	2 000	0,845
Trinidad y Tobago	20723	1 800	0,837
Estonia	20259	600	0,883
Antigua y Barbuda	19572	2 400	0,868
Hungría	19499	600	0,879

País	PIB per cápita en PPA USA $ 2005*	Tasa de precipitación (mm/año) 2005**	IDH, 2006***
Barbados	19026	2 100	0,903
Lituania	18946	700	0,870
Croacia	18545	1 100	0,871
Polonia	17482	600	0,880
Letonia	17071	600	0,866
Rusia	15922	500	0,817
México	14560	800	0,854
Libia	14533	100	0,847
Chile	14510	700	0,878
Argentina	14412	600	0,866
San Cristóbal y Nieves	14169	2 100	0,838
Malasia	14072	2 900	0,829
Uruguay	13297	1 300	0,865
Turquía	13138	600	0,806
Líbano	13032	700	0,803
Venezuela	12785	1 900	0,844
Rumania	12580	600	0,837
Bulgaria	12341	600	0,840
Bielorrusia	12291	600	0,826

País	PIB per cápita en PPA USA $ 2005*	Tasa de precipitación (mm/año) 2005**	IDH, 2006***
Mauricio	11992	2 000	0,804
Kazajistn	11416	200	0,804
Panamá	11343	2 700	0,840
Montenegro	11092	n.d	0,834
Granada	10843	1 500	0,813
Santa Lucía	10819	2 300	0,821
Costa Rica	10752	2 900	0,854
Brasil	10326	1 800	0,813

Fuente: * World Economic Outlook Database, Fondo Monetario Internacional (abril de 2009). ** FAO-AQUASTAT, 2005. ** *PNUD. Informe sobre desarrollo humano 2008.

Desarrollo económico y disponibilidad de agua en México

De acuerdo con la información del Fondo Monetario Internacional (FMI), México tiene un PIB per cápita en PPA en US$ de 14,560, monto que lo ubica en el lugar 55 de 176 países. A la vez, ocupa el lugar 55 por su nivel de IDH. Sin embargo, ocupa el lugar 95 por su nivel de precipitación pluvial.

No obstante los datos anteriores de la información agregada respecto del PIB per cápita, IDH y nivel de precipitación de México, un análisis desagregado nos revelará que la disponibilidad natural de agua está relacionada con los más bajos niveles de desarrollo económico y humano, cuantificado por el PIB per cápita y por el IDH, respectivamente, por entidad federativa, al igual que en los países de desarrollo humano alto, en los que México está incluido, como ya quedó demostrado líneas arriba.

Con base en lo que el PIB permite conseguir, veremos que los estados de la República Mexicana que registran un mayor PIB per cápita tienen un mayor IDH, lo cual los ubican en los niveles más altos de desarrollo humano, y que la disponibilidad natural de agua no tiene ninguna relación con dichas variables, porque la información disponible señala, agregada por estado, que la abundancia

de agua convive con los más bajos niveles de ingreso per cápita y los menores niveles de desarrollo humano.

Disponibilidad natural de agua o precipitación pluvial, volúmenes concesionados de usos del agua y densidad poblacional por entidad federativa

En México, de acuerdo con la información de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se registra una precipitación pluvial media de 760 mm, la cual da lugar a una disponibilidad natural media anual de 458,100 millones de metros cúbicos (Mm^3) (CONAGUA, Estadísticas del Agua en México. 2008: 24).

El volumen total de agua concesionado para usos consuntivos en los Estados Unidos Mexicanos es de 78.9 miles de Mm^3, equivalente a 17.23% de la disponibilidad natural media, cantidad que ejerce un grado de presión moderado en los recursos hídricos del país (CONAGUA, Estadísticas del Agua en México. 2008: 54).

Del total del volumen de agua concesionado para usos consuntivos, 76.72% se destina al uso agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA); 14.13%, al uso público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA; 3.97%, a la industria, agroindustria, servicios y comercio de la clasificación del REPDA, y 5.18%, al total concesionado para generación de energía eléctrica, sin contar hidroelectricidad (CONAGUA, Estadísticas del Agua en México. 2008: 56).

Tabla 2. Precipitación pluvial, volumen concesionado y densidad poblacional por entidad Federativa de México.

Entidad federativa	Precipitación pluvial normal mensual por entidad federativa, periodo de 1971-2000 *	Volumen total concesionado, 2007 (millones de metros cúbicos) **	Densidad poblacional, 2007 ***
Total Nacional	759.6	78949.6	54
Aguascalientes	512.5	625.3	299
Baja California	175.7	3104.7	42
Baja California Sur	161.0	399.3	7
Campeche	1336.8	619	15
Coahuila de Zaragoza	379.0	1940	17

Entidad federativa	Precipitación pluvial normal mensual por entidad federativa, periodo de 1971-2000 *	Volumen total concesionado, 2007 (millones de metros cúbicos) **	Densidad poblacional, 2007 ***
Colima	946.4	1550.7	105
Chiapas	1763.9	1676.8	61
Chihuahua	462.0	5148.4	14
Distrito Federal	937.4	1122.5	5905
Durango	570.6	1558.8	13
Guanajuato	596.8	4059.2	164
Guerrero	1195.0	4259.6	49
Hidalgo	831.8	2336.7	115
Jalisco	893.1	3663.5	88
México	850.6	2751.7	650
Michoacán de Ocampo	911.1	5068.9	68
Morelos	981.4	1233.6	339
Nayarit	1185.8	1186.6	35
Nuevo León	584.5	2017.7	68
Oaxaca	1181.8	1087.7	38
Puebla	1034.1	2491.9	162
Querétaro de Arteaga	724.4	1019	143
Quintana Roo	1234.4	459.8	32
San Luis Potosí	692.5	1333.3	40
Sinaloa	730.1	9164.3	46
Sonora	421.2	7394.2	14
Tabasco	2102.0	395.2	82

Entidad federativa	Precipitación pluvial normal mensual por entidad federativa, periodo de 1971-2000 *	Volumen total concesionado, 2007 (millones de metros cúbicos) **	Densidad poblacional, 2007 ***
Tamaulipas	763.6	3775.7	39
Tlaxcala	700.0	283.8	278
Veracruz	1610.6	4591.7	101
Yucatán	1066.6	1102.7	50
Zacatecas	460.8	1427.5	18

Fuente * CONAGUA, 2008, Estadísticas del agua en México, edición 2008. P. 28. ** P. 58. *** P. 18.

La infiltración, principal fuente de recarga de recursos hídricos renovables subterráneos, depende en gran medida de la precipitación, de igual manera que los procesos superficiales como la escorrentía y evapotranspiración. Es por ello que la disponibilidad hídrica, a pesar de ser conformada por las aguas superficiales y subterráneas, puede ser representada por la precipitación media anual.

De la observación de la información de la Tabla 2 se concluye que el nivel de precipitación pluvial normal mensual por entidad federativa y el volumen total concesionado están relacionados de manera inversa, pues a menor precipitación o disponibilidad natural, mayor volumen concesionado, y que el volumen total concesionado está concentrado en los estados que registran la menor densidad poblacional.

La estimación de los coeficientes de correlación simple o de Pearson se muestra en la Tabla 3. Dichos coeficientes confirman que la relación existente entre precipitación, volúmenes concesionados y densidad población es inversa, en el sentido de que a mayor precipitación, menor concesión, y a mayor concesión, menor densidad poblacional. Estos resultados tienen consecuencias negativas en cuanto al ingreso per cápita e IDH se refiere, como veremos más adelante.

Tabla 3. Coeficientes de correlación simple o de Pearson.

	Precipitación	**Concesión**	**Densidad Poblacional**
Precipitación	1	-0.184	0.028
Concesión		1	-0.131
Densidad Poblacional			1

Fuente: Elaboración propia con base en la información de la Tabla 2.

De la información de la Tabla 2 se desprende que en Tabasco se registra el mayor nivel de precipitación pluvial media anual, y que el volumen total concesionado de usos de agua apenas representa 0.50% del total del volumen concesionado respecto del total nacional.

Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Michoacán y Veracruz concentran 39.74% del volumen total concesionado de usos del agua del país, y son estados que albergan apenas 18.72% de la población del país, según información de la Tabla 4.

Taxonomía hidroeconómica de México

Los estados que contribuyen más al PIB nacional son el Distrito Federal, con 18.27%; el Estado de México, con 9.14%; Nuevo León, con 7.56%, y Jalisco, con 6.69%.

Los estados que contribuyen menos al PIB nacional son Tlaxcala, con 0.56%; Baja California Sur, con 0.56%; Colima, con 0.54%, y Zacatecas, con 0.75%.

De acuerdo con la información de la Tabla 4, los estados más poblados de la República Mexicana son el Estado de México, con 13.56%; el Distrito Federal, con 8.45%; Veracruz, con 6.89, y Jalisco, con 6.54%.

Los estados menos poblados de la Federación Mexicana son Baja California Sur, con 0.50% de la población total; Colima, con 0.55%; Campeche, con 0.73%, y Nayarit, con 0.92%.

En la Tabla 4 se observa que los estados en los que el PIB per cápita es más alto son Campeche, el Distrito Federal, Nuevo León y Coahuila.

Los estados con el menor PIB per cápita son Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Zacatecas. Los tres primeros registran niveles de precipitación de los más altos de México, pero además, como se observa en la Tabla 3, tienen bajos volúmenes de concesión de usos de agua respecto de los estados que tienen una situación inversa, como Sinaloa, Sonora y Jalisco, sólo por mencionar algunos.

El 41.66% del PIB nacional es producido por el Distrito Federal, el Estado de México, Nuevo León y Jalisco de manera conjunta; albergan 32.62% de la población nacional y apenas ostentan 12.11% del volumen total concesionado de agua del país, de acuerdo con la información de las Tablas 3 y 4.

Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Michoacán y Veracruz aportan 14.80% del PIB nacional; albergan 18.72% de la población del país, y concentran 39.74% del volumen total concesionado de usos del agua del país, lo cual se desprende de las Tablas 3 y 4.

Tabla 4. PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos en pesos de 2003, población total y PIB per cápita, PIB del Sector 11, PIB total menos PIB del sector 11 y 22 e IDH por entidad federativa.

Entidad Federativa	PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos (millones de pesos de 2003)	Población total 2005*	PIB per cápita promedio de 2003-2007 en valores básicos por entidad federativa, (millones de pesos de 2003)	PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos del Sector 11 (millones de pesos de 2003)	PIB total menos el PIB de los sectores 11 y 22 promedio de 2003-2007 en valores básicos (millones de pesos de 2003)
Total Nacional	7 749 984.0	103 263 388	75050.65	298508.2	7346142
Aguascalientes	84 470.0	1 065 416	79283.59	3470	80562
Baja California	237 896.2	2 844 469	83634.66	7980.2	224920.8
Baja California Sur	43 767.0	512 170	85454.05	2360.8	40534.8
Campeche	341 047.0	754 730	451879.48	2177.6	338155
Coahuila	256 369.0	2 495 200	102744.87	7326.2	244949.2
Colima	41 838.2	567 996	73659.32	2981.4	36828.6
Chiapas	144 250.2	4 293 459	33597.67	13974.4	125307.2
Chihuahua	261 036.6	3 241 444	80530.96	15182.2	242485
Distrito Federal	1 415 588.4	8 720 916	162321.07	1098.8	1407019
Durango	99 108.8	1 509 117	65673.37	12457.8	84282
Guanajuato	307 674.6	4 893 812	62870.13	13612.2	290701.4
Guerrero	123 951.4	3 115 202	39789.2	8025	111012.2

Entidad Federativa	PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos (millones de pesos de 2003)	Población total 2005*	PIB per cápita promedio de 2003-2007 en valores básicos por entidad federativa, (millones de pesos de 2003)	PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos del Sector 11 (millones de pesos de 2003)	PIB total menos el PIB de los sectores 11 y 22 promedio de 2003-2007 en valores básicos (millones de pesos de 2003)
Hidalgo	110 913.4	2 345 514	47287.46	5837.4	101772
Jalisco	518 630.6	6 752 113	76810.12	34158.8	480281.2
México	707 987.4	14 007 495	50543.47	13268.4	686138.6
Michoacán	189 755.0	3 966 073	47844.56	18416.4	168635.6
Morelos	94 798.0	1 612 899	58774.91	3790	90027.4
Nayarit	47 747.0	949 684	50276.72	4736.2	41840.6
Nuevo León	586 170.6	4 199 292	139587.96	4844	573901.8
Oaxaca	120 683.2	3 506 821	34413.85	11099.2	108113
Puebla	266 712.2	5 383 133	49545.91	12471.2	251946.4
Querétaro	134 008.8	1 598 139	83853.03	4206.2	128279.2
Quintana Roo	113 127.6	1 135 309	99644.77	1012.4	110857.8
S. L P.	140 663.2	2 410 414	58356.45	6739.8	131166.4
Sinaloa	158 349.2	2 608 442	60706.43	20033.2	135021.2
Sonora	189 555.4	2 394 861	79150.9	16039.6	170507.4
Tabasco	190 640.8	1 989 969	95800.89	4227.8	185991.8

Entidad Federativa	PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos (millones de pesos de 2003)	Población total 2005*	PIB per cápita promedio de 2003-2007 en valores básicos por entidad federativa, (millones de pesos de 2003)	PIB promedio de 2003-2007 en valores básicos del Sector 11 (millones de pesos de 2003)	PIB total menos el PIB de los sectores 11 y 22 promedio de 2003-2007 en valores básicos (millones de pesos de 2003)
Tamaulipas	264 761.2	3 024 238	87546.42	10090.2	247819.2
Tlaxcala	43 721.2	1 068 207	40929.52	1893.6	41522.6
Veracruz	347 884.6	7 110 214	48927.44	23171.4	312758.4
Yucatán	107 869.2	1 818 948	59303.07	4766.4	101120
Zacatecas	57807.4	1 367 692	42266.39	5860	51715

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2003-2007. Base 2003: 54. * Estimaciones del CONAPO con base en el II Conteo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2005 (IV Trimestre).

El menor volumen total concesionado de agua se encuentra en los estados que aportan más a la producción nacional y que además registran la mayor densidad poblacional, a saber, el Distrito Federal y el Estado de México.

En suma, la mayor densidad poblacional y los mayores aportes al PIB nacional se registran en los estados de la República Mexicana que tienen los menores volúmenes de agua concesionada. Por lo tanto, la información disponible no ratifica las afirmaciones en el sentido de que el agua es fuente de riqueza o que con agua todo, sin agua nada, pues la evidencia confirma que con agua nada o casi nada, y que con poca agua todo, esto en el mejor de los casos. Porque los coeficientes de correlación que se muestran en la Tabla 5 indican que no existe relación estadística entre agua, ya sea pluvial o concesionada, y economía y densidad poblacional en los estados.

Tabla 5. Coeficientes de correlación simple o de Pearson.

	Precipitación	Concesión	Densidad Poblacional
Pib	0.096	0.054	0.82

Fuente: elaboración propia con base en la información de las Tablas 2 y 4.

El único coeficiente de correlación relevante en la Tabla 5 es el de la densidad poblacional y el PIB; sin embargo, éste no es objeto de nuestro estudio.

Productividad del agua en México en los estados

Los volúmenes concesionados por sector usuario por entidad federativa se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Volúmenes de agua concesionados por sector usuario y por entidad federativa.

Entidad Federativa	Volumen total concesionado, 2007 (millones de metros cúbicos) ++	Volumen concesionado para uso agrícola, 2007 (millones de metros cúbicos +*	Abastecimiento público, 2007 (millones de metros cúbicos)+**	Industria autoabastecida sin termoeléctrica, 2007 (millones de metros cúbicos) + ***	Termoeléctricas +****
Total Nacional	78949.6	60571.9	11158	3133.4	4086.2
Aguascalientes	625.3	495	118.9	11.4	0
Baja California	3104.7	2563.7	265.9	79.9	195.1
Baja California Sur	399.3	325.7	61.5	8.2	3.9
Campeche	619	476.8	125.4	16.8	0
Coahuila de Zaragoza	1940	1606.3	185.3	73.5	74.9
Colima	1550.7	1561	61.5	24.4	3.8

Entidad Federativa	Volumen total concesionado, 2007 (millones de metros cúbicos) ++	Volumen concesiona-do para uso agrícola, 2007 (millones de metros cúbicos +*	Abastecimiento público, 2007 (millones de metros cúbicos)+**	Industria autoabastecida sin termoeléctrica, 2007 (millones de metros cúbicos) + ***	Termoeléctricas +****
Chiapas	1676.8	1385.9	261.5	29.4	0
Chihuahua	5148.4	4593	476.1	51.7	27.6
Distrito Federal	1122.5	1.3	1089.8	31.5	0
Durango	1558.8	1375.1	153.5	18.8	11.5
Guanajuato	4059.2	3395.6	578.1	56	20.5
Guerrero	4259.6	837.9	287	12.5	3122.1
Hidalgo	2336.7	2019.7	168	66.4	82.6
Jalisco	3663.5	2815	717.7	130.7	0.1
México	2751.7	1250	1338.4	156.4	6.9
Michoacán	5068.9	4606.6	271.9	142.2	48.2
Morelos	1233.6	916.1	258.5	59	0
Nayarit	1186.6	1025.9	105	55.7	0
Nuevo León	2017.7	1421.7	511.7	79.9	4.4
Oaxaca	1087.7	847.8	200.8	39.1	0
Puebla	2491.9	1989	382.8	113.6	6.5
Querétaro	1019	660.3	291.7	61.3	5.7

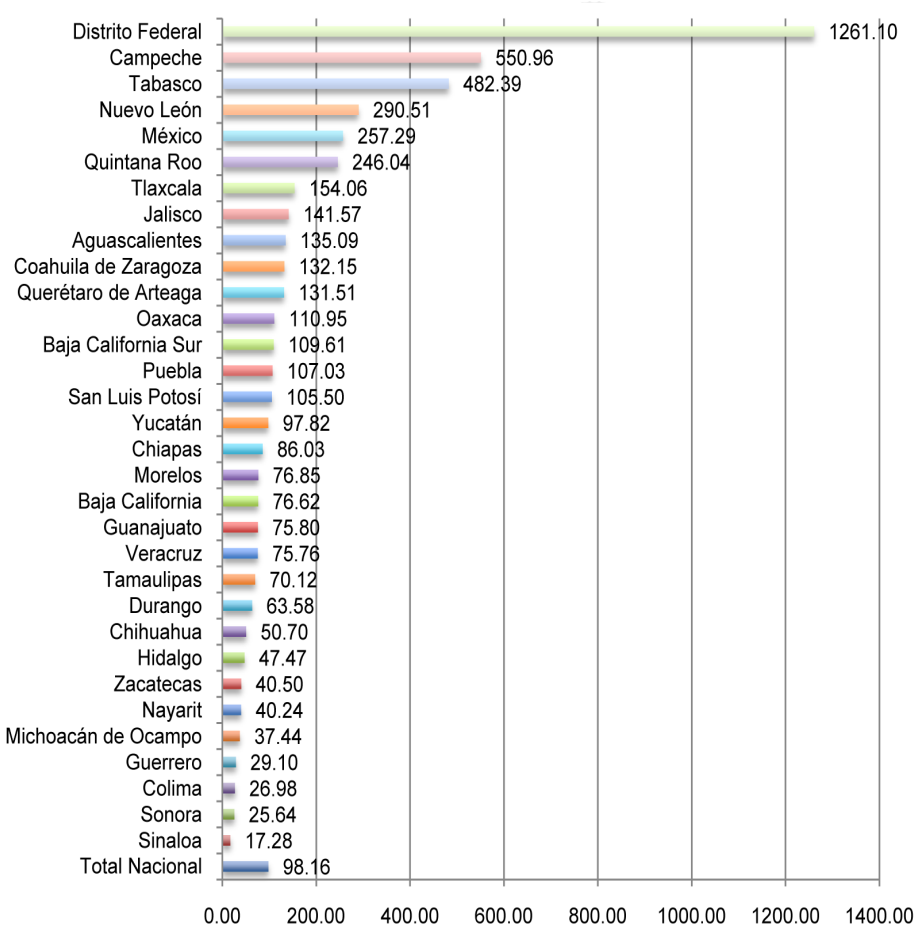
Entidad Federativa	Volumen total concesionado, 2007 (millones de metros cúbicos) ++	Volumen concesiona-do para uso agrícola, 2007 (millones de metros cúbicos +*	Abastecimiento público, 2007 (millones de metros cúbicos)+**	Industria autoabastecida sin termoeléctrica, 2007 (millones de metros cúbicos) + ***	Termoeléctricas +****
Quintana Roo	459.8	93	91.1	275.6	0
San Luis Potosí	1333.3	1092.3	170.8	29.2	41
Sinaloa	9164.3	8608.4	509.6	46.4	0
Sonora	7394.2	6361.6	954.6	78	0
Tabasco	395.2	153.5	182.8	58.9	0
Tamaulipas	3775.7	3300.2	317.7	103.7	54
Tlaxcala	283.8	178.9	85.5	19.4	0
Veracruz	4591.7	2504.7	568.5	1150.6	367.9
Yucatán	1102.7	814.5	245.1	33.6	9.5
Zacatecas	1427.5	1295.5	112.5	19.5	0

Fuente: CONAGUA, 2008, Estadísticas del Agua en México, P. 58. +* Nota: incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA. +** Incluye los rubros de público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA. +*** Incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA. +**** Se incluye el volumen total concesionado para generación de energía eléctrica sin contar hidroelectricidad.

Para elaborar la Gráfica 1, referente a la productividad del agua, se utilizó la información de las Tablas 4 y 6.

La Gráfica 1 muestra la productividad del agua, que es el resultado de dividir el PIB total estatal promedio de 2003-2007 en valores básicos, en pesos de 2003, entre el volumen total concesionado de agua por estado, en pesos de 2003 por metro cúbico de agua.

El Distrito Federal es el más productivo, pues produce 1,261.1 pesos de 2003 por metro cúbico de agua; seguido por Campeche, 551.0; Tabasco, 482.4, Nuevo León, 290.5, y el Estado de México, 257.3.



Gráfica 1. Productividad del agua en valores básicos en pesos de 2003 por metro cúbico de agua concesionada, 2007.
Fuente: Elaboración propia con base en la información de las Tablas 4 y 6.

Sinaloa es el estado en el que el agua es menos productiva, pues apenas produce 17.3 pesos de 2003 por metro cúbico de agua, esto es, 7,189.6% menos productiva que el Distrito Federal; seguido por Sonora, 25.6; Colima, 27.0, y Guerrero, 29.1.

Cabe destacar que Tabasco ocupa el tercer lugar del país por su productividad del agua y, como ya se apuntó, es el que registra el mayor nivel de precipitación pluvial media anual. De lo cual, se puede inferir que la disponibilidad natural de agua o su escasez nada tienen que ver con la productividad de ella ni con el volumen concesionado. Así lo confirman Campeche y Quintana Roo, por sus niveles registrados de precipitación, por su volumen de agua concesionada y por su productividad del agua, o Sonora o Zacatecas.

Campeche ocupa el cuarto lugar del país por su valor de precipitación pluvial normal mensual, según consta en la Tabla 2, pero por su volumen de concesiones tiene la posición 28, y ocupa el segundo lugar en productividad del agua.

Quintana Roo, por su parte, ocupa el quinto lugar por el volumen de precipitación pluvial normal mensual, según consta en la Tabla 2, pero por su volumen de concesiones tiene la posición 29, y su productividad del agua lo coloca en el sexto lugar.

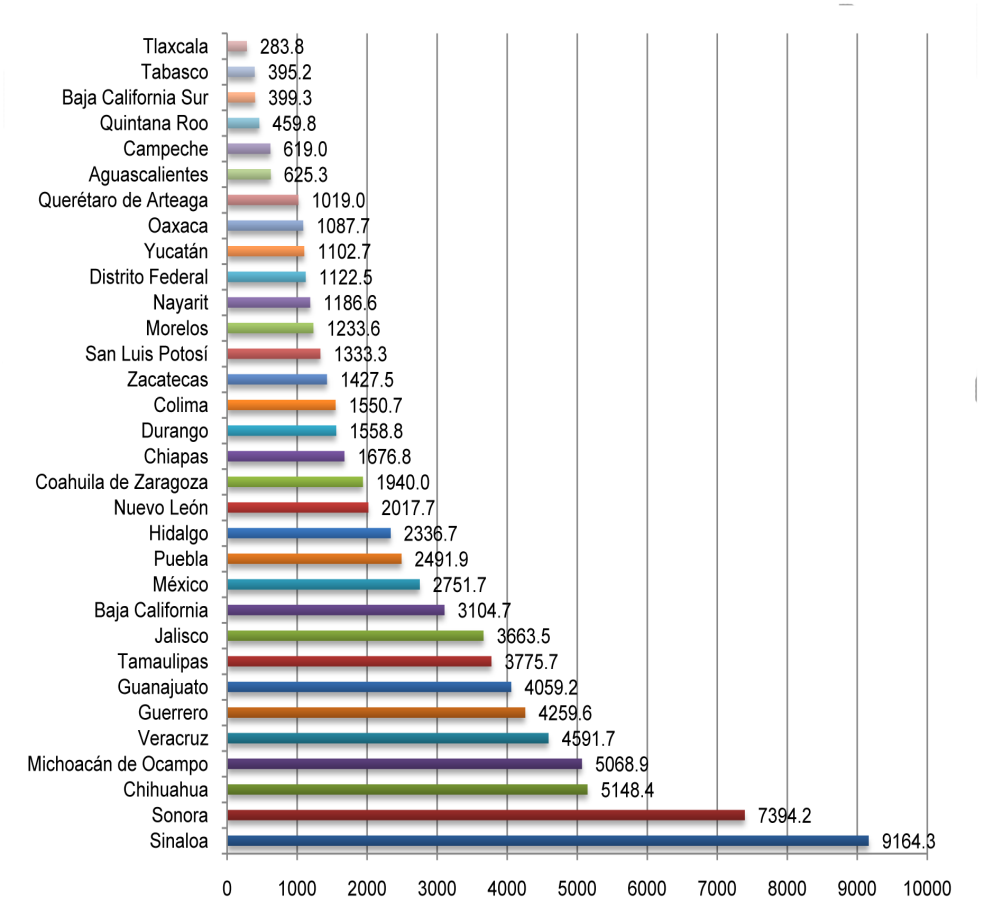
Por su parte, Sonora y Zacatecas, por los niveles de precipitación pluvial normal mensual y de acuerdo con la información de la Tabla 2, tienen el lugar 29 y 28, respectivamente, en el contexto nacional; por sus volumen de concesiones, los lugares 2 y 19, y por su productividad, los lugares 31 y 26, respectivamente.

Así, los casos de Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Sonora y Zacatecas confirman que la disponibilidad natural de agua o su escasez nada tienen que ver con la productividad de ella ni con el volumen concesionado, por supuesto, con base en la Tabla 2 y la Gráfica 1, ambas con información de los estados..

En la Gráfica 2 se observa el volumen de agua concesionado por entidad federativa, y al compararla con la Gráfica 1, se concluye que los estados en los que el agua es menos productiva son los que registran los mayores volúmenes concesionados de agua, como Sinaloa, Sonora y Michoacán, entre otros.

En suma, en términos generales, y con base en la información agregada por estado, la productividad del agua es inversa al volumen concesionado que tiene cada estado del país. Esto es, a mayor concesión, menor productividad.

Si bien en términos generales y con base en la información agregada por estado la productividad del agua es inversa al volumen concesionado, es necesario el análisis, por sector económico, conforme a los sistemas de contabilidad nacional. Sin embargo, la información disponible acerca de las concesiones de agua sólo nos permite el estudio de la productividad del agua en el sector 11, y de otro, muy agregado, conformado por el resto de los sectores económicos sin incluir el sector 11 ni la producción de hidroelectricidad.



Gráfica 2. Volumen total concesionado, 2007 (Mm^3)
Fuente: Elaboración propia con base en la información de la Tabla 6.

De la incompatibilidad de la información disponible de los usos del agua con los sistemas de contabilidad nacional, se desprende la sugerencia de incluir los usos del agua en los sistemas de contabilidad nacional conforme a la metodología de estos últimos, pues está aceptada mundialmente.

Productividad del agua en el Sector 11 de la economía

El sector 11 de la economía, de acuerdo con los sistemas de contabilidad nacional, incluye agricultura, ganadería, aprovechamientos forestales, pesca y caza (INEGI, 2003-2007: 160). Por otro lado, de acuerdo con el REPDA, el volumen

concesionado para uso agrícola incluye los siguientes usos: agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros. Se consideran estas características de la información disponible para cuantificar la productividad del agua en el sector agrícola en los estados.

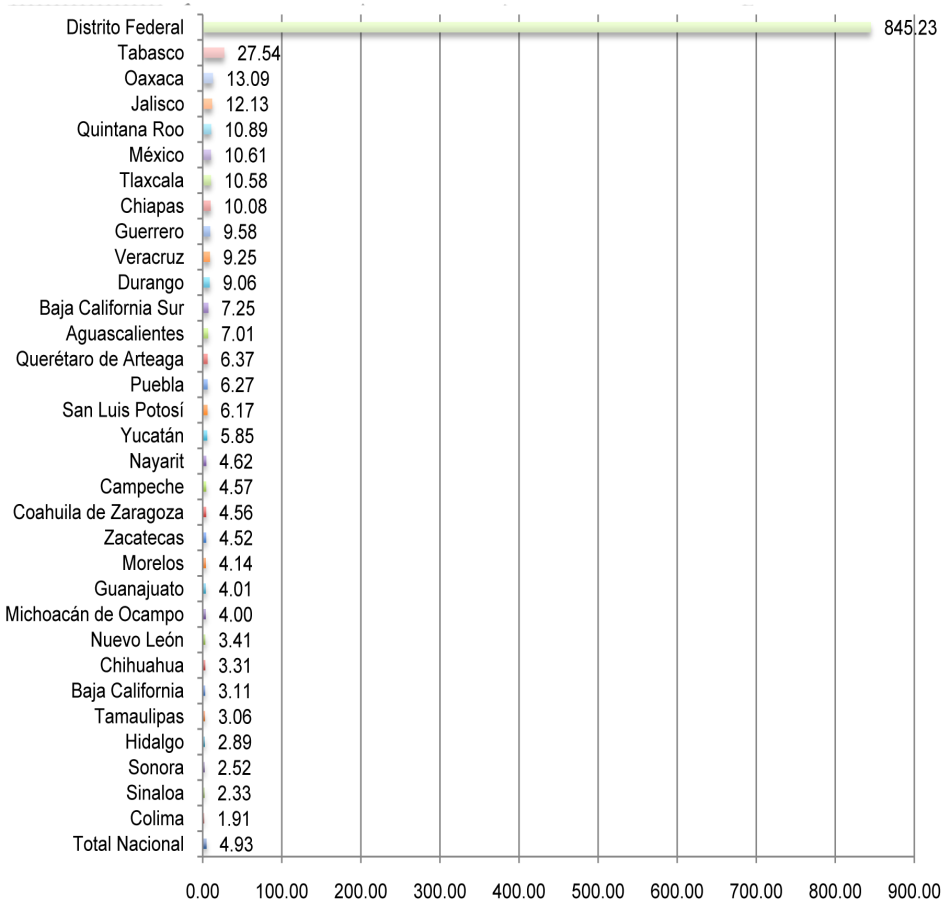
La productividad del agua en el sector 11 de la economía mexicana se muestra en la Gráfica 3. De los resultados obtenidos, se concluye que la productividad del agua en el sector 11 es, al igual que cuando se considera el PIB total por entidad federativa, inversa a los volúmenes concesionados, pues es menos productiva en los estados que tienen los mayores volúmenes de concesión, como son Colima, Sinaloa, Sonora, Hidalgo, Tamaulipas, etcétera.

Los estados en los que el agua concesionada para uso agrícola es más productiva son, como se puede observar en la Gráfica 3, el Distrito Federal, Tabasco, Oaxaca, Jalisco, Quintana Roo, el Estado de México, etcétera, que son los estados con los menores volúmenes de concesión para uso agrícola, al igual que en las concesiones totales.

La productividad del agua en el sector 11 de la economía en los estados es inversa a los volúmenes de concesión. Esto es, a menor concesión, mayor productividad, y a mayor concesión, menor productividad, al menos de acuerdo con la información de los estados disponible.

Por otro lado, destaca que Tabasco y Oaxaca ocupen el segundo y el tercer lugar, respectivamente, en productividad del agua en el sector 11 de la economía, pues registran los más altos niveles de precipitación pluvial media anual. De esto, y de sus volúmenes de agua concesionada, se puede inferir que los niveles de disponibilidad, natural o concesionada, nada tienen que ver con su productividad tanto en la información agregada como en el sector 11 de la economía mexicana.

Tabasco y Oaxaca registran los niveles más altos de precipitación, según consta en la Tabla 2, entre los estados de la República Mexicana, y figuran entre los más productivos en el sector 11 de la economía en cuanto a agua se refiere.



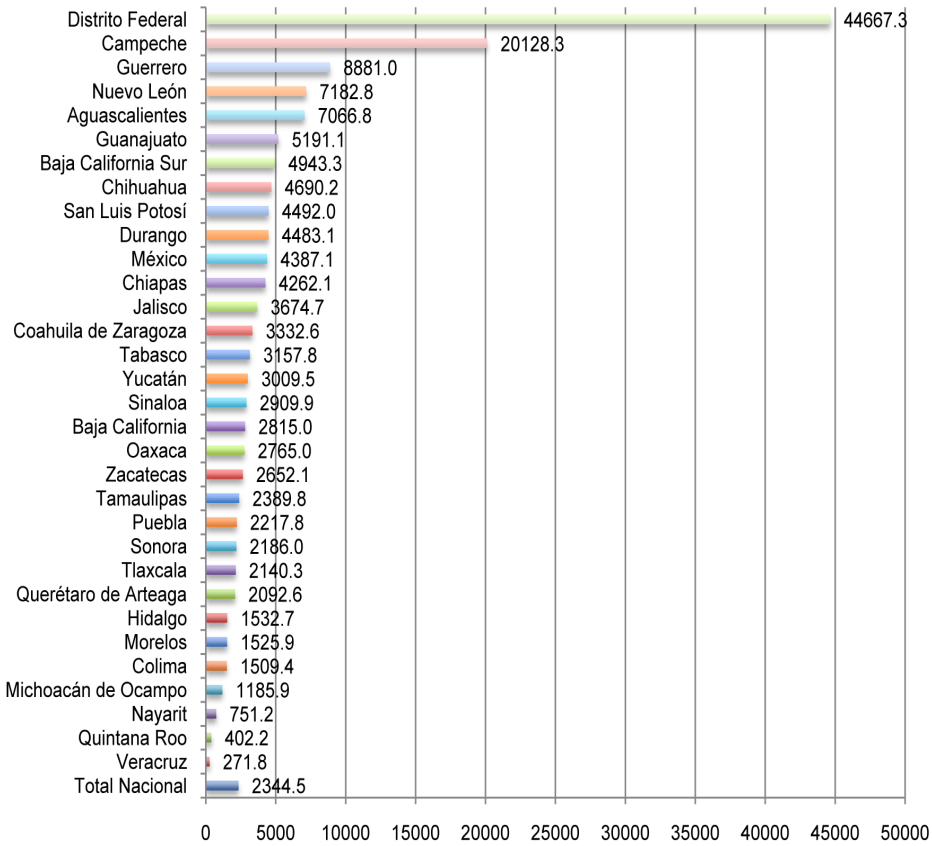
Gráfica 3. Productividad del agua en el sector 11 de la economía por entidad federativa, promedio de 2003-2007, pesos de 2003 en valores básicos.
Fuente: Elaboración propia con base en la información de las Tablas 4 y 6

Productividad del agua en la economía sin incluir el sector 11 ni el 22

De acuerdo con el REPDA, la concesión de agua a la industria autoabastecida sin termoeléctrica incluye la industria, agroindustria, servicios y comercio. En consecuencia, para estimar la productividad del agua de estos sectores, al PIB total de los estados se le restó el PIB del sector 11 y del sector 22; este último incluye

electricidad, agua y suministro de gas por ducto al consumidor final (INEGI, 2003-2007: 160).

La estimación de la productividad del agua de los sectores comercial e industrial con la información disponible no es precisa, pues sabemos que parte de la industria y de los servicios se abastece de la red pública de agua para uso urbano. Sin embargo, como nuestro objetivo, en este caso en particular, es dar una idea general de dicha productividad, el procedimiento utilizado sólo nos proporciona una idea general de la productividad del agua.



Gráfica 4. Productividad promedio de 2003-2007 del agua en pesos de 2003 en valores básicos por metro cúbico de agua en la industria y los servicios, 2007.
Fuente: Elaboración propia con información de las Tablas 4 y 6.

De las limitaciones que se desprenden de la información disponible respecto de las concesiones de agua, sobresale, otra vez, la necesidad de realizar su conta-

bilidad con base en la metodología de la contabilidad nacional, para que la información sea comparable. Sirva esta situación para volver a sugerir lo antedicho.

La productividad del agua en los sectores industrial y de servicios en México se presenta en la Gráfica 4. Sobresalen el Distrito Federal, Campeche, Guerrero e incluso el Estado de México, por su alta productividad por metro cúbico de agua concesionada. Además, como ya se señaló, estos estados tienen los más bajos volúmenes de agua concesionados y la mayor densidad poblacional.

Los estados que registran la menor productividad del agua en los usos industrial y de servicios son los que tienen los mayores volúmenes de agua concesionada y las más bajas densidades poblacionales. Estos estados son Veracruz, Quintana Roo, Nayarit, Michoacán, Colima e incluso Sinaloa.

Estos resultados se deben tomar con todas las reservas posibles, pues los datos son agregados a los datos de los estados y, por ello, no reflejan las particularidades de cada estado en cuanto a precipitación por municipio, productividad por rama económica, por localización de los corredores industriales y los conglomerados de servicios, en fin. Sin embargo, sí son representativos de la situación estatal con la información disponible. De aquí se desprende la necesidad de realizar un estudio en los municipios, y que la información referente al agua se apegue a los sistemas de contabilidad nacional para poder realizar dicho estudio con el mínimo sesgo posible.

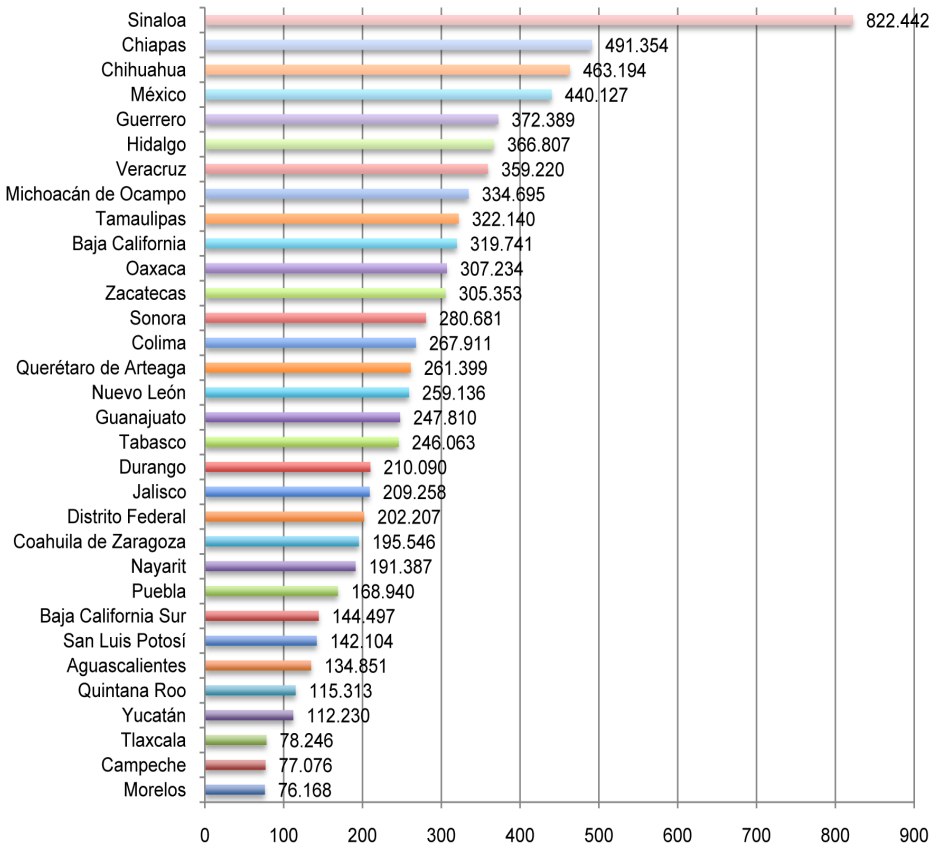
Precipitación pluvial, volumen concesionado de agua y desarrollo humano por entidad federativa

La relación entre IDH y precipitación en los estados es negativa, pues su coeficiente de correlación es -0.141, lo cual es equivalente a decir que a mayor disponibilidad natural de agua, menor IDH.

La relación entre el IDH y el volumen total concesionado en los estados es -0.092, lo cual implica, en términos estrictamente estadísticos, que no tienen relación alguna. Aunque el signo negativo es sugerente, pues puede implicar una relación negativa.

La disponibilidad natural de agua en los estados tiene una correlación negativa con el IDH, y éste no está correlacionado con el volumen concesionado. Por lo tanto, se puede concluir que la disponibilidad natural de agua, cuantificada mediante el volumen de precipitación, y el volumen total concesionado no son factores de desarrollo económico ni de desarrollo humano. Esta conclusión parece sorprendente; sin embargo, la información tanto de los países de desarrollo humano alto como de los estados que conforman la República Mexicana apoya esta aseveración.

De acuerdo con el PEF, los estados con menores volúmenes de agua concesionados y mayor disponibilidad natural de agua reciben menos ingresos para controlar, administrar, sanear y distribuir el agua. Esto es lo que explica el mayor número de habitantes que no tienen servicio de agua entubada en su domicilio, la mayor incidencia de mortandad por factores hídricos (CONAGUA, 2008: 140) y, en consecuencia, un menor IDH (CONAPO, 2005). De esta manera, el volumen de agua concesionado y el PEF contribuyen a acentuar la desigualdad, en cuanto al IDH, en los estados.



Gráfica 5. Presupuesto de Egresos de la Federación, promedio anual 2005-2007. Programas Hidráulicos (pesos de 2003 por habitante).
Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados con base en información de: Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2005 y H. Cámara de Diputados, Dictamen del Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2005, 2006 y 2007.

El que los estados que registran las mayores concesiones de agua, lo cual sí implica mayor PEF para Programas Hidráulicos, reciban una mayor proporción del PEF reduce las posibilidades de desarrollo económico y humano del país, pues se gasta más en los estados menos productivos, en lo referente al agua, y en los menos densamente poblados.

Como ya vimos, las mayores concesiones de usos del agua están concentradas en los estados en los que la precipitación es menor respecto del resto de los estados, son los menos densamente poblados y, a la vez, son los menos productivos, tanto en el uso agrícola, industrial y de servicios y en toda la economía.

Debido a que el IDH de los estados para 2004 está disponible en su forma agregada, es decir, no por cada uno de sus componentes, tomamos algunos de los índices de marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005) para el análisis de la relación entre agua y el IDH.

Tal y como se desprende de la información citada, la mayor marginación está presente en los estados con mayores niveles de precipitación que están correlacionados con los menores volúmenes de concesiones de uso. Es digno de mención que, de acuerdo con la información de las principales presas de México (CONAGUA, 2008: 69-70), los estados en los que se producen las mayores cantidades de energía hidroeléctrica, como son Chiapas (45%) y Guerrero (15.57%), tienen el mayor número de habitantes sin energía eléctrica, 5.88% y 6.33%, respectivamente (CONAPO, 2005).

Tabla 7. Índices de marginación, dotación de agua e IDH.

Entidad federativa	% Población analfabeta de 15 años o más	% Población sin primaria completa de 15 años o más	% Ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	Dotación (l/h/d) de agua potable, 2007 *	Índice de Desarrollo Humano (IDH) 2004 **
Nacional	8.37	23.10	5.34	2.49	10.14	278	0.8031
Aguascalientes	4.16	17.82	1.68	0.85	1.79	318	0.8271
Baja California	3.08	15.02	0.56	1.49	4.89	258	0.8391
Baja California Sur	3.62	16.49	1.84	2.88	11.28	440	0.8332

Entidad federativa	% Población analfabeta de 15 años o más	% Población sin primaria completa de 15 años o más	% Ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	Dotación (l/h/d) de agua potable, 2007 *	Índice de Desarrollo Humano (IDH) 2004 **
Campeche	10.20	26.96	9.85	4.85	11.15	487	0.8263
Chiapas	21.35	42.76	8.07	5.88	25.90	209	0.7185
Chihuahua	4.42	18.81	3.29	4.28	6.45	455	0.8340
Coahuila	3.29	14.60	1.65	0.77	2.17	325	0.8356
Colima	6.42	21.58	0.80	0.67	1.66	437	0.8097
Distrito Federal	2.59	9.70	0.16	0.15	1.51	367	0.8837
Durango	4.84	22.92	8.51	3.52	8.63	429	0.8045
Guanajuato	10.44	28.80	9.87	1.93	6.14	244	0.7782
Guerrero	19.88	35.98	27.18	6.33	31.34	209	0.7390
Hidalgo	12.80	27.50	8.98	3.90	12.21	153	0.7645
Jalisco	5.56	21.30	2.42	1.12	5.91	271	0.8036
México	5.32	16.24	4.76	0.96	6.04	241	0.7871
Michoacán	12.58	33.48	5.66	2.11	9.97	237	0.7575
Morelos	8.13	21.01	3.10	0.81	7.84	527	0.8011
Nayarit	8.02	26.05	6.78	4.38	8.35	256	0.7749
Nuevo León	2.78	12.70	0.54	0.56	3.48	266	0.8513
Oaxaca	19.35	38.49	6.84	7.21	26.29	106	0.7336
Puebla	12.71	29.02	5.45	2.19	14.03	156	0.7674

Entidad federativa	% Población analfabeta de 15 años o más	% Población sin primaria completa de 15 años o más	% Ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	Dotación (l/h/d) de agua potable, 2007 *	Índice de Desarrollo Humano (IDH) 2004 **
Querétaro	8.14	20.03	9.95	2.99	5.76	275	0.8087
Quintana Roo	6.58	19.42	5.19	2.59	4.66	169	0.8296
San Luis Potosí	9.92	27.42	5.72	5.58	16.97	186	0.7850
Sinaloa	6.42	23.42	5.14	1.92	6.24	352	0.7959
Sonora	3.73	17.21	1.92	1.87	4.01	488	0.8253
Tabasco	8.57	25.10	3.99	1.95	22.94	220	0.7800
Tamaulipas	4.52	18.61	0.84	2.88	4.26	337	0.8246
Tlaxcala	6.68	18.78	4.84	1.11	2.03	182	0.7746
Veracruz	13.42	32.90	4.18	4.67	23.32	279	0.7573
Yucatán	10.89	29.99	17.96	2.61	3.03	352	0.7831
Zacatecas	7.20	30.83	10.53	1.91	6.72	408	0.7720

Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el II Conteo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2005 (IV Trimestre). * CONAGUA. 2007, Situación del subsector agua potable y alcantarillado, P. A-2. ** PNUD-México, 2007, Informe sobre Desarrollo Humano, México 2006-2007: migración y desarrollo humano, p. 166.

Los coeficientes de correlación estimados nos indican que a mayor precipitación, mayor porcentaje de habitantes analfabetos, sin primaria completa, en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario, en viviendas sin energía eléctrica y ocupantes en viviendas sin agua entubada, en suma, mayor disponibilidad natural de agua, mayor pobreza y, por tanto, menor IDH.

El volumen de concesión no tiene ninguna relación con los índices de la Tabla 8, pues el coeficiente de correlación en términos estadísticos es cero.

Tabla 8. Coeficientes de correlación simple del índice indicado con el nivel de precipitación pluvial y con el volumen total de agua concesionada.

% Población analfabeta de 15 años o más	% Población sin primaria completa de 15 años o más	% Ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada
Con precipitación pluvial				
0.23	0.18	0.16	0.17	0.34
Con nivel de agua concesionada				
0.03	0.09	-0.03	-0.10	-0.02

Fuente: Elaboración propia con la información de las Tablas 2 y 7.

En conclusión, en los estados, el agua en las dos formas analizadas en el presente trabajo no es factor de desarrollo económico ni de desarrollo humano.

Conclusiones y sugerencias

De acuerdo con la información disponible respecto de los países considerados de desarrollo humano alto, se concluye que la disponibilidad natural de agua no es factor de desarrollo económico ni humano.

El volumen de agua concesionado en los estados de la República Mexicana es inverso al nivel de precipitación y a la densidad poblacional, pues el volumen total concesionado se concentra en las entidades federativas que registran los menores niveles de precipitación y la menor densidad poblacional.

La correlación entre precipitación, volúmenes concesionados y densidad poblacional por entidad federativa es inversa, en el sentido de que a mayor precipitación, menor concesión, y a mayor concesión, menor densidad poblacional.

Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Michoacán y Veracruz concentran 39.74% del volumen total concesionado de usos del agua del país y apenas albergan 18.72% de la población del país.

El 41.66% del PIB es producido por el Distrito Federal, el Estado de México, Nuevo León y Jalisco de manera conjunta; albergan 32.62% de la población nacional y apenas ostentan 12.11% del volumen total concesionado de agua del país.

El menor volumen total concesionado de agua se encuentra en los estados que aportan más a la producción y que, además, registran la mayor densidad poblacional, a saber, el Distrito Federal y el Estado de México.

Los coeficientes de correlación estimados muestran que no existe relación estadística entre agua, ya sea pluvial o concesionada, y comportamiento económico y poblacional.

La productividad del agua es inversa al volumen concesionado, pues los estados que registran la mayor productividad son los que tienen los menores volúmenes concesionados, a saber, el Distrito Federal es el más productivo, pues produce 1,261.1 pesos de 2003 por metro cúbico de agua; seguido de Campeche, 551.0; Tabasco, 482.4, Nuevo León, 290.5, y el Estado de México, 257.3.

Sinaloa es el estado en el que el agua es menos productiva, de acuerdo con la información agregada, pues apenas produce 17.3 pesos de 2003 por metro cúbico de agua; seguido de Sonora, 25.6; Colima, 27.0, y Guerrero, 29.1.

La productividad del agua en el sector 11 de la economía es inversa a los volúmenes concesionados, pues es menos productiva en los estados que tienen los mayores volúmenes de concesión, como son Colima, Sinaloa, Sonora, Hidalgo y Tamaulipas.

La mayor productividad del agua en el sector 11 de la economía se registra en el Distrito Federal, Tabasco, Oaxaca, Jalisco, Quintana Roo y el Estado de México, entre otros, que son los estados con los menores volúmenes de concesión.

La mayor productividad del agua en los usos industrial y de servicios la tienen el Distrito Federal, Campeche, Guerrero, Nuevo León y Aguascalientes. Además, como ya se señaló, tienen los más bajos volúmenes concesionados del país y la mayor densidad poblacional.

Los estados que registran la menor productividad del agua en los usos industrial y de servicios son los que tienen los mayores volúmenes de agua concesionada y las más bajas densidades poblacionales, a saber, Veracruz, Quintana Roo, Nayarit, Michoacán y Colima.

De acuerdo con los coeficientes de correlación estimados, se tiene que a mayor precipitación pluvial, mayor proporción de la población sin primaria completa, en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario, en viviendas sin energía eléctrica y ocupantes en viviendas sin agua entubada, en suma, mayor disponibilidad natural de agua, mayor pobreza y, por tanto, menor IDH.

En conclusión, el agua, ya sea como precipitación o como volumen concesionado, no es factor de desarrollo económico ni de desarrollo humano.

De la incompatibilidad de la información disponible de los usos del agua con los sistemas de contabilidad nacional, se desprende la sugerencia de incluir los usos del agua en los sistemas de contabilidad nacional conforme a la metodología de estos últimos, pues está aceptada mundialmente.

Es necesario modificar la trasferencia de recursos federales para programas hidráulicos, pues actualmente se favorece a los estados que tienen más concesiones y que, a su vez, registran menor precipitación y menor densidad poblacional, lo

cual deja en fragilidad a los estados que registran los mayores niveles de precipitación, porque en ellos hay menor volumen concesionado, menor IDH y mayor pobreza.

Debemos profundizar en la naturaleza económica, social y política del agua, pues la evidencia en los estados indica que ésta no es factor de desarrollo económico ni humano. De esta manera, se podrá realizar una gestión acorde con los principios más elementales de la ciencia y abandonar el contexto declarativo, el cual, como es sabido, carece de evidencia teórica y práctica.

Referencias

Barro, R., Vittorio Grilli y Ramón Febrero (1997). Macroeconomía. Teoría y Política. McGraw Hill. México. 565 pp.

Cámara de Diputados, Dictamen del Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2005, 2006 y 2007.

CONAGUA-SEMARNAT, 6 de agosto de 2007, Programa Nacional Hídrico 2007-2012. México. 200 pp.

CONAGUA, agosto de 2007, Estadísticas del agua en México 2007. 161 pp.

——, septiembre de 2008, Estadísticas del agua en México, 2008. 228 pp.

CONAPO, 2005, Anexo Metodológico, Índices de Desarrollo Humano. México. pp. 23-29.

——, II Conteo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2005, IV Trimestre. En www.conapo.gob.mx

FAO-AQUASTAT (2005). Tabla 4.3. Información sobre la disponibilidad de agua por país. En www.fao.org

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2003-2007. Base 2003. México. 225 pp.

Mankiw, G. (1998). Principios de economía. Trad. Esther Rabasco Espáriz y Luis Toharia Cortés. México, D. F., Ed. Mc Graw Hill. 726 pp.

Nussbaum, M. y Amartya Sen (comp.) (1998). La calidad de vida. Fondo de Cultura Económica. México. 588 pp.

PNUD-México, abril de 2004, Informe sobre Desarrollo Humano México 2006-2007: migración y desarrollo humano. México. 199 pp.

Sen, A. y Bernardo Kliksberg (2007). Primero la gente. Una mirada desde la ética del desarrollo a los principales problemas del mundo globalizado. Deusto, España. 322 pp.

World Economic Outlook Database, Fondo Monetario Internacional (abril de 2009).

14. Género y agua. Estrategias para alcanzar la sustentabilidad con equidad

Austreberta Nazar Beutelspacher*
Emma Zapata Martelo**
Verónica Ramírez Castel**

Resumen

En la agenda internacional, respecto al desarrollo sustentable, se encuentran presentes los temas del agua y la equidad de género buscando mejorar la eficiencia en el uso, manejo y conservación de los recursos hídricos, las condiciones de salud de las poblaciones, el avance en la equidad de género y la disminución de la pobreza. En este trabajo, se revisan estrategias propuestas por organismos internacionales para lograr la sustentabilidad en el manejo del agua con equidad de género, y se documentan algunos elementos que en el contexto particular de México harían posible o no alcanzar esos objetivos. Argumentamos que, para lograr la equidad de género con relación al acceso, manejo eficiente y control del agua para consumo humano y para la producción, es necesario hacer efectivo el derecho universal al acceso a agua limpia y suficiente. Para ello se deben tomar en cuenta las condiciones concretas de acceso a la tierra, de calidad de los recursos hídricos y, en general, de las políticas de desarrollo local, regional y nacional sensibles al género.

Palabras clave:

Género, agua, políticas públicas, sustentabilidad, equidad.

* El Colegio de la Frontera Sur
** Colegio de Posgraduados

Introducción

La perspectiva de género surge de las luchas feministas, del aprendizaje de las mujeres del tercer mundo y del esfuerzo que hacen académicas, a nivel teórico, para proponer opciones que aborden el problema de la exclusión de las mujeres del proceso de desarrollo. La relación entre género y agua, vista desde esta perspectiva, es un aspecto particular que hace posible comprender cómo el discurso y las prácticas del desarrollo afectan las condiciones de vida de la población. Asimismo permite ver la diversidad de necesidades y posiciones y los factores que propician las desigualdades sociales.

En la agenda internacional están presentes tanto el tema general del agua como la búsqueda de la equidad de género en el acceso y control de los recursos hídricos y, aunque existe consenso respecto a la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso, manejo y conservación de los recursos hídricos, las condiciones de salud de las poblaciones, el avance en la equidad de género y la disminución de la pobreza, existe una brecha entre el discurso formal y la posibilidad de lograr avances en contextos productivos, políticos y de disponibilidad de agua específicos, que condicionan en mayor o menor medida los logros en materia de equidad de género respecto al acceso, manejo y control del recurso agua.

México se caracteriza por un sistema marcado por las desigualdades en la disponibilidad, el acceso, control y uso del agua, así como por un uso ineficiente de este recurso. Recientemente, ha incorporado en sus políticas elementos que provienen de los postulados formales de organismos internacionales tendentes a lograr la equidad de género en el acceso y control del agua, a hacer más eficiente su uso y a mejorar la calidad de vida de la población. El propósito de este trabajo es documentar algunos elementos que en el contexto particular de México harían posible o no alcanzar los objetivos del desarrollo sustentable con equidad de género. En la primera parte se exploran las propuestas internacionales del Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para alcanzar dichos logros; en la segunda, los elementos para la comprensión de factores que influyen en el acceso al agua para consumo humano y para la producción, documentando, para el caso de México, algunas implicaciones para alcanzar la equidad de género, y en la tercera y última, algunas reflexiones sobre la necesidad de considerar los contextos específicos, estructurales e institucionales, que determinan el acceso y control de los recursos, y con ello, las posibilidades de alcanzar la sustentabilidad con equidad en el manejo del agua. Argumentamos que la posibilidad de lograr un manejo eficiente del agua, con equidad de género, debe tomar en cuenta las condiciones concretas y las estructuras en las que se pretenden operar las políticas internacionales.

Una mirada al discurso internacional sobre agua, género y desarrollo

Desde la década de los años 70 a la fecha, ha habido un creciente interés en el papel de las mujeres en el manejo del agua para mejorar la eficiencia en el uso, manejo y conservación de los recursos hídricos, las condiciones de salud de las poblaciones, el avance en la equidad de género y la disminución de la pobreza. En los inicios, este discurso abordó sólo la sustentabilidad, como lo menciona Rico (1998) en alusión al informe "Nuestra propia agenda", elaborado por la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (1990), y en el que se establecieron los vínculos entre riqueza, pobreza, población y medio ambiente y se intentó poner las bases para la sustentabilidad en la región. Fue importante, dice la autora citando a la CEPAL (1991: 24-25), que se sostuviera que "la sustentabilidad del desarrollo requiere un equilibrio dinámico entre todas las formas de capital o acervos que participan en el esfuerzo del desarrollo económico y social de los países, de tal modo que la tasa de uso resultante de cada forma de capital no exceda su propia reproducción […]". Entre las formas de capital más importante que mencionaron está el capital humano, porque reconocieron que las personas son los sujetos del desarrollo. También mencionaron el capital natural, el acervo institucional (los sistemas de decisiones), el acervo cultural, el capital físico (infraestructura, maquinarias y equipos) y el capital financiero.

Para la autora, el documento de la CEPAL no incluyó específicamente a las mujeres en relación al manejo del agua porque el énfasis se hizo en la sustentabilidad[1]. Fue en la década de los años 90 que, en el marco de múltiples reuniones internacionales, surgieron nuevas propuestas consensuadas acerca del manejo de este recurso. Dice Cleaver (1998) que ello se debió al clima macroeconómico que requería de un ajuste económico y una reasignación del papel del Estado frente a las políticas de Bienestar instrumentadas en décadas anteriores, las cuales fueron consideradas ineficientes. Los convenios alcanzados en dichas reuniones se

[1] Dice Rico (1998) que el concepto de sustentabilidad tuvo, al inicio, un carácter más biológico que social, el cual posteriormente fue haciéndose más complejo. Por ejemplo, en la Plataforma "Alianza para el Desarrollo Sostenible de Centroamérica" firmada por los gobiernos de Centroamérica en 1994 se menciona que el desarrollo sostenible es "un proceso de cambio progresivo en la calidad de vida del ser humano, que lo coloca como centro y sujeto primordial del desarrollo, por medio del crecimiento económico con equidad social y la transformación de los métodos de producción y de los patrones de consumo y que se sustenta en el equilibrio ecológico y el soporte vital de la región. Este proceso implica el respeto a la diversidad étnica y cultural regional, nacional y local así como el fortalecimiento y la plena participación ciudadana en convivencia pacífica y en armonía con la naturaleza, sin comprometer y garantizar la calidad de vida de las generaciones futuras".

encuentran expresados en los acuerdos de la Conferencia de Dublín (1992). En ellos se establece que: a) el agua es un recurso finito y vulnerable; b) se requiere un manejo basado en la participación de usuarios, planificadores y tomadores de decisiones en todos los niveles; c) las mujeres juegan un papel central en la provisión, manejo y resguardo del agua, y d) el agua tiene un valor económico en tanto es considerado un bien económico. En 1992, la ONU declaró el 22 de marzo como día Mundial del Agua con base en numerosos informes técnicos que mostraban aumento de sequías, reducción de los mantos freáticos del planeta y contaminación de ríos, mares y manantiales, así como la sobreexplotación de las fuentes de agua para consumo humano.

Los fundamentos de esta nueva visión del manejo del agua, cristalizada en la propuesta Integrated Water Resources Management (IWRM) son, en primer lugar, la necesidad de descentralizar los servicios y recuperar los costos del suministro de los servicios de agua potable y saneamiento, ante la falla de los gobiernos centralizados para proporcionar agua suficiente y de buena calidad a su población, en especial a los asentamientos rurales[2] (Choguill y Franceys, 1993) y, en segundo lugar, el reconocimiento del valor económico de los recursos y la necesidad de proteger el ambiente para lograr el desarrollo sustentable (Green y Baden, 1994, Braidotti, 2004, Agarwal, 2004, Rocheleau *et al.*, 2004). Algunos argumentos de esta visión están relacionados con la escasez de fondos públicos para invertir en infraestructura o en el mantenimiento de la ya existente, y con la escasez de fuentes de agua, lo que ha llevado a la propuesta e instrumentación de políticas basadas en el manejo eficiente de este recurso en un formato de privatización (Zwarteveen, 1998).

Después, en 2002, la Organización de las Naciones Unidas reconoció el derecho al acceso universal al agua (La Agenda Azul de las Mujeres, 2006) y, hacia finales de 2003, declaró el periodo 2005-2015 como la "Década Internacional para la Acción de Agua para la Vida", reconociendo como estrategia clave la participación de las mujeres (y también de los hombres) para lograr la sustentabilidad con equidad (Brewster, 2004).

Este mismo organismo ha señalado que el acceso al agua es un elemento clave para lograr el desarrollo y disminuir la pobreza. La población objetivo es principalmente el sector rural, ya que en él se concentra la mayor parte de la población que padece escasez de agua y que se encuentra en extrema pobreza en el mundo, aunque también se incluyen de manera prominente los asentamientos marginales urbanos e incluso algunas ciudades. En particular, se hace mención a los

[2] En el periodo 1981-1990, llamado la Década Internacional del Agua y el Saneamiento, el principal vínculo del agua con el desarrollo fue el mejoramiento de las condiciones de salud de la población, el cual, basado en la provisión universal de servicios de agua y saneamiento, tuvo escasos resultados, en parte porque se estimó un costo económico demasiado alto para lograrlo.

grupos más pobres entre los pobres: mujeres, ancianos, ancianas y niños, niñas, quienes por su condición de extrema pobreza son más vulnerables frente a la escasez de agua.

Esta visión ha sido incorporada en el séptimo de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), el cual tiene tres metas específicas: a) integrar los principios del desarrollo sustentable en las políticas y programas de los países y revertir el deterioro ambiental; b) reducir a la mitad la proporción de población sin acceso sustentable al agua para consumo humano, y c) lograr, para el año 2020, un mejoramiento significativo en la vida de al menos 100 millones de personas que habiten en sitios marginados en todo el planeta (Lenton y Wright, 2004).

Si bien es indiscutible la importancia del agua de buena calidad para la salud, la nutrición y la vida humana en general y sus posibles impactos positivos en la economía[3], surge la pregunta sobre cuáles son las estrategias que proponen estos organismos para lograr la equidad de género y la sustentabilidad.

De acuerdo con el documento Poverty Reduction Strategy Paper (PRSP Sourcebook) del Banco Mundial, el ámbito de operación de los programas de manejo integrado y sustentable del agua es la comunidad (Community-Driven Development [CDD])[4], en particular aquellas comunidades caracterizadas por su condición de pobreza (Dongier *et al.*, 2001). Se propone transferir el control de las decisiones y los recursos a los grupos comunitarios, bajo el supuesto de que si les proporcionan reglas claras, acceso a la información y asesoría, los hombres y las mujeres se organizarían con el fin de obtener los bienes y servicios necesarios para cubrir sus necesidades inmediatas. Para ello, es deseable la colaboración entre organizaciones comunitarias de base (CBO, por sus siglas en inglés) e instituciones formales que operen en el marco de un conjunto de reformas políticas e institucionales, entre las que destacan la descentralización y la participación de instituciones gubernamentales y privadas como proveedoras de los servicios de agua. De hecho, el CDD es considerado como una opción complementaria para mejorar los resultados de las deficiencias gubernamentales en la provisión de bienes y servicios, y el papel asignado a los gobiernos para reducir la pobreza se limita a la construcción eficiente de los recursos humanos y físicos en el ám-

[3] Se estima que 10% de incremento en la esperanza de vida de la población genera un incremento anual de la economía de 0.3 a 0.4% (Sachs, 2002).

[4] Community-Driven Development (CDD), es un enfoque del Banco Mundial para sus programas de combate a la pobreza en países en desarrollo. Busca que los grupos pobres y sus instituciones logren soluciones sustentables para los retos del desarrollo. Es un enfoque que le da control, a los grupos comunitarios y gobiernos locales, sobre las decisiones de planificación y los recursos de inversión. Opera bajo los principios de autonomía local, la gestión participativa, la autonomía administrativa, una mayor rendición de cuentas hacia abajo, y mayor capacidad local.

bito local. El esquema de participación en la toma de decisiones por los grupos comunitarios en el modelo CDD conlleva el cofinanciamiento y el control de las inversiones, y se argumenta que la sustentabilidad de los sistemas de agua es mayor, cuando en realidad las comunidades pagan parte de los costos de inversión (Dongier *et al.*, 2001).

Respecto a la participación de las mujeres y de otros grupos vulnerables, se asume que las organizaciones comunitarias de base (CBO) les darán voz y les facilitarán su empoderamiento, entendido éste como la capacidad de gestionar sus propios intereses en las decisiones comunitarias relativas al agua, y así lograr una distribución más equitativa de los recursos. Se asume que será posible lograr esa gestión mediante las CBO en el proceso de negociación con otros actores comunitarios; asimismo que la participación de las mujeres de manera directa o principalmente indirecta (mediante las CBO) también contribuirá a generar capital social, y éste, a su vez, contribuirá a mejorar el bienestar de los grupos domésticos y a disminuir los riesgos frente a la incertidumbre.

En cuanto al grupo de trabajo para definir las estrategias para alcanzar los ODM, no queda explícito cómo incorporar la perspectiva de género o a las mujeres para lograr la reducción de la población que en la actualidad carece de agua limpia para consumo humano, y tampoco atiende el tema de la equidad de género respecto al acceso al agua para las tierras de riego (Lenton y Wright, 2004).

Una perspectiva de género que busque incluir la comprensión de los roles y relaciones de género y cómo éstos afectan y son afectados por las intervenciones de agua y saneamiento puede asegurar una mayor sostenibilidad y eficiencia de los recursos y, por lo tanto, incrementar el número de beneficiarios. La experiencia ha demostrado que las intervenciones que incluyen los puntos de vista y las aportaciones tanto de hombres como de mujeres en general funcionan mejor. La gestión de los recursos hídricos es incompleta sin una perspectiva de género, porque mujeres y hombres tienen roles de género diferentes y cambiantes que están estrechamente ligados a relaciones de poder desiguales; mujeres y hombres tienen diferente acceso al poder y a los activos. A menudo, no se escucha a las mujeres en los procesos de consulta y no están implicadas en la gestión ni en la toma de decisiones (Sever, 2005).

En años recientes, han sido publicadas diversas evaluaciones de la instrumentación de las políticas internacionales para el manejo del agua en poblaciones pobres, de las cuales han surgido importantes cuestionamientos a las estrategias planteadas por el Banco Mundial y la ONU. Las reflexiones y críticas en la relación género-agua han sido, sobre todo, en dos sentidos: a) con relación al acceso al agua para consumo humano y para la producción, y b) en cómo el acceso de las mujeres al agua –en sus dos modalidades- puede contribuir a su empoderamiento, a la equidad en su bienestar y a aumentar sus capacidades.

Acceso al agua para consumo humano

La propuesta de los organismos internacionales sobre desarrollo, mujeres y ambiente ha dado prioridad en el discurso a los aspectos de abasto para el consumo humano y el saneamiento[5]. Sin embargo, como señalan Crow y Sultana (2002), es necesario empezar por analizar cómo las distintas fuentes de abastecimiento de agua significan diferentes circunstancias de acceso a los grupos domésticos, y a las mujeres en particular, con implicaciones en un mayor esfuerzo y trabajo para las mujeres, así como con condiciones de saneamiento deficientes. Identifican –por analogía a la propuesta de Sen (1981) para la provisión de alimentos-, cuatro principales fuentes de abastecimiento para consumo humano: a) propiedad de la tierra y una bomba para obtener agua de pozos; b) acceso al mercado para comprar agua o pagar al propietario de la bomba; c) propiedad común –ríos, pozos o tanques públicos-, bajo derechos comunales de acceso, y d) provisión por parte de los gobiernos como centros de abasto municipal.

En México, la SEMARNAT (2008) identifica doce usos diferentes del agua, los cuales se agrupan en cinco: a) uso agrícola, b) abastecimiento público, c) industria autoabastecida, d) termoeléctricas y e) hidroeléctricas. Los primeros cuatro son considerados de uso consuntivo[6], que comprenden 95% del recurso concesionado, y el último, de uso no consuntivo (5%).

En el caso de México, la Ley de Aguas Nacionales (1992) se refiere al uso doméstico en su Artículo 3°, Fracción XI, y al Reglamento en su Artículo 2°, Fracción XVIII. En el rubro de abastecimiento público se incluye el abasto público urbano y doméstico, el cual corresponde a 14.0% del abastecimiento concesionado para usos consuntivos. El 63% del agua utilizada en el país para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el restante 37% proviene de fuentes subterráneas (acuíferos). La SEMARNAT (2008) reporta importantes desigualdades en el acceso al agua y en la generación de riqueza en México. Divide al país en dos grandes zonas: la zona norte, centro y noroeste, donde se concentra 77% de la población, se genera 87% del PIB, pero únicamente ocurre 31% del agua renovable, y la zona sur y sureste, donde habita 23% de la población, se genera 13% del PIB y ocurre 69% del agua renovable. No obstante la mayor cantidad de agua renovable ocurre en la región sur y sureste, se registran rezagos en la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado debido a que cuentan con una elevada proporción de población

[5] Se refiere a la utilización del agua Nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar; incluye abrevadero de animales domésticos y árboles de ornato, entre otros.

[6] El uso consuntivo se refiere al volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, es decir, que consume el agua empleada. El uso no consuntivo se aplica a las hidroeléctricas que no utilizan el agua para un uso específico.

rural. Se estima que en el país, 36% de estos asentamientos no cuentan con agua potable y 68% no cuentan con drenaje (Moreno, 2000). Con base en esta información, la disponibilidad de agua para consumo humano presenta un primer reto relacionado con la estructura rural-urbana de la población, así como con el conflicto entre el uso doméstico, el agrícola y el industrial, que afectan de manera diferenciada a las distintas regiones de México.

La escasez de agua para consumo humano en los asentamientos rurales se acompaña de importantes costos sanitarios y de género. En Chiapas, entidad que aporta un porcentaje significativo del agua superficial del país[7], existe una escasez importante de agua en las comunidades rurales, particularmente indígenas, lo que tiene un costo muy alto para las mujeres, niños y niñas, quienes tienen que obtener este recurso en fuentes como las hoyas, las cuales, además de estar contaminadas en sumo grado (84.5% de esta agua no es apta para consumo humano debido a la mala calidad bacteriológica), se secan en periodo de estío. Esto les significa, sobre todo a las mujeres, recorrer hasta tres horas a pie para obtener este líquido, a la vez que esta necesidad es utilizada de manera continua como instrumento de control y presión para integrarse a grupos políticos y religiosos y, con frecuencia, también implica conflictos entre municipios (Corona, 2005). De igual forma, Serrano *et al.*, (2006) realizaron un estudio en dos comunidades rurales indígenas de la Sierra Santa Marta, Veracruz (Ixhuapan y Ocozotepec), en el que se reporta, además de la escasez, la contaminación de las fuentes de agua por agroquímicos, heces fecales humanas y de animales, así como por productos de limpieza.

En las entidades del centro y norte del país, la disponibilidad de aguas superficiales es menor, pero ahí se concentra la mayor actividad agrícola. Cabe señalar que el sector agrícola es el mayor consumidor de agua en México, ya que cuenta con una de las infraestructuras de riego más grandes del mundo. Del total de agua concesionada para uso consuntivo, 76.8% es utilizada para este fin; aproximadamente dos tercios (66.8%) proviene de aguas superficiales, y el resto (33.2%) de aguas subterráneas, lo que ha significado que la mayoría de las fuentes subterráneas de agua de las regiones del centro y norte se encuentren sobreexplotadas (SEMARNAT, 2008). Aunado a la escasez de agua, los cambios en la Ley de Aguas han favorecido el regreso de latifundios por la compra de tierras y aguas (superficiales o subterráneas), con lo que la tierra y el agua pierden su carácter social. Las reglas para acceder a la propiedad de la tierra y al uso del agua se modificaron pensando que se dinamizaría el agro. La evidencia demuestra que se han concentrado estos derechos (tierra y agua) en un sector minoritario, que gran cantidad de ejidatarios y ejidatarias no tienen acceso a éstos y por lo tanto

[7] Dos terceras partes del escurrimiento superficial pertenece a siete ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá (SEMARNAT, 2008).

sus niveles de bienestar no han mejorado (Zapata, 2007). Por ejemplo, en el Bajío, con el afán de hacer más eficiente el uso del agua superficial o subterránea (en especial la subterránea, donde el mayor costo es la energía eléctrica), se han entubado afluentes que abastecían de agua a unidades domésticas que se encontraban cerca. Con ello se dificulta el acceso al agua, y el mayor costo de su disponibilidad en el hogar recae sobre todo en las mujeres, niños y niñas, quienes tienen que acarrear el agua desde otras fuentes y, por consiguiente, se duplican sus horas de trabajo (Monsalvo y Zapata, 2000)Crow y Sultana (2002) mencionan que si el agua proviene de pozos, aquellos grupos domésticos o personas que posean tierra o, bien, una bomba para extraer el agua, tendrán ventaja en el acceso. Sin embargo, hay que excluir a grupos domésticos o personas sin tierra o personas que no cuenten con recursos para comprar una bomba, entre quienes las mujeres están más que representadas. Además, aun cuando las mujeres tuvieran acceso a este recurso, el agua de pozos profundos podría estar contaminada con arsénico y su obtención tendría como resultado el envenenamiento de grandes cantidades de la población. Al respecto, en México se ha documentado el consumo de agua contaminada por arsénico proveniente de pozos profundos en la Comarca Lagunera desde 1983, y se han reportado 400 mil personas afectadas en las áreas rurales (La Agenda Azul de las Mujeres, 2006).

El trabajo de Crow y Sultana (2002) también refiere que si la fuente principal de abasto es propiedad comunal, los grupos domésticos podrían tener un mayor acceso al agua, pero por lo general el tiempo y el esfuerzo para tener este acceso es alto y usualmente recae en mujeres, niños y niñas, además de que los derechos sobre el agua están influidos por los intereses de los grupos más favorecidos de la comunidad, en los que es habitual que las mujeres estén ausentes. Además, se ha señalado que, aun en el caso de fuentes de agua bajo resguardo común o para uso de grupos locales, existen formas de poder intracomunitario que marcan diferencias de género en el acceso a los recursos naturales[8] (Zwarteveen and Meinzen-Dick, 2001; Upadhyay, 2003). Rodríguez Muñoz (2009) documenta el acceso desigual de las mujeres a los recursos naturales[9] en Santa Catarina del Monte, Estado de México. A pesar de disfrutar de la propiedad comunal del bos-

[8] Los autores argumentan que tanto en Asia del Sur como en India, no obstante la retórica de participación de las mujeres, las organizaciones excluyen a las mujeres del acceso al agua o a las tierras a través de reglas y prácticas formales e informales. Sin embargo, en la región de los Andes, en América del Sur, se documenta que en la práctica, tanto hombres como mujeres utilizan de manera estratégica los discursos de género y de la cosmovisión indígena y combinan elementos de ellos para defender sus necesidades e intereses en situaciones específicas (Boelens y Zwarteveen, 2003).

[9] No habla específicamente del agua. Pero hace evidente que aunque la propiedad sea comunal, el control de los recursos están en manos masculinas.

que, las mujeres tienen acceso a recursos de menor valor en el mercado (hongos y plantas medicinales), mientras los hombres tienen acceso a los de mayor precio, como la madera.

Otros trabajos muestran que cuando la fuente de abastecimiento de agua es privada, se excluye a quienes no cuentan con recursos para pagar, lo cual es especialmente grave en el caso del abasto para consumo humano. Al respecto, CONAGUA (2009) reporta que en México, entre 1998 y 2003, se ha incrementado el volumen de agua destinado al abastecimiento público, pero que sólo se paga 49% de ésta, lo que implica la existencia de fugas, un padrón de usuarios ineficiente, tomas clandestinas o dificultades o morosidad en el pago por parte de la población. Ante ello, se plantea aumentar la base de pago e incrementar las cuotas, lo que si bien contribuiría a mejorar la infraestructura para su distribución, también implicaría gastos que las familias más pobres, entre ellas las mujeres jefas de hogar, no podrían pagar, sobre todo en un contexto de crisis financiera como la actual. Un estudio realizado en India evidencia que un esquema rígido de pago por el servicio de agua, si bien puede mejorar la oferta, no toma en cuenta las desigualdades que subyacen a la demanda, entre ellas, las derivadas del desempleo involuntario o, en el caso de las mujeres, de la división sexual del trabajo que limita el acceso a un ingreso propio y al control sobre éste. Plantean la necesidad de que el Estado garantice un abasto básico gratuito de agua para cubrir las necesidades fundamentales de consumo humano, a lo cual puede agregarse un esquema optativo de pago para quienes deseen un servicio de alta calidad o en mayor cantidad (Anand, 1997), medida que podría ser aplicada en México, por lo menos para la población que cuenta con este servicio.

Acceso al agua para la producción

Los requerimientos de abasto de agua para actividades productivas son complejos. En la literatura se pueden identificar dos temas importantes relativos a ello: a) las políticas gubernamentales para el desarrollo local o regional, en particular en lo que se refiere a la competencia por el agua para irrigación o uso industrial –que se presentan tanto en espacios urbanos como rurales-, y las necesidades para consumo humano así como sus consecuencias para las mujeres, y b) la visibilidad de los intereses de las mujeres rurales en el caso de las tierra de riego.

a) Producción versus necesidades para consumo humano

En México, el agua –su uso, explotación, escasez y contaminación- ha estado fuertemente vinculada, primero, a la conquista en el siglo XVI (Contreras, 2008), que se acompañó de un grave deterioro de los recursos acuíferos –en especial en el Valle de México (Nash, 2007)- y, después, a las políticas gubernamentales, que

desde el siglo XIX han privilegiado de manera evidente el uso del agua para la industria y otras actividades económicas empresariales sobre la necesidades de abasto para consumo humano (Nash, 2007; Camacho, 2007; Contreras, 2008).

El conflicto entre los intereses de uso del agua para producción y abasto para consumo humano se ve mediado, por una parte, por el papel que desempeñan los gobiernos al establecer las prioridades de "desarrollo" local o regional y, por otra, por las consecuencias de las actividades productivas industriales o agrícolas para la disponibilidad y la calidad de agua destinada al consumo humano y la equidad de género.

Según datos de la SEMARNAT (2008), 4% del total de agua concesionada para usos consuntivos corresponde a la industria autoabastecida, que incluye la industria que toma su agua directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Los principales giros industriales son los que corresponden a la industria química y la producción de azúcar, petróleo, celulosa y papel, aunque también se incluye a la industria refresquera (Nash, 2008), mientras que 77% es destinado al uso agrícola (SEMARNAT, 2008).

El conflicto entre los usos de las fuentes de agua parece agudizarse frente a los procesos de privatización de este recurso, lo cual existe desde el siglo XIX en el contexto de la desamortización de tierras improductivas y, posteriormente, con el impulso a la modernización del país y la instalación de industrias textiles y mineras (Camacho, 2007), las cuales, además, generaron gran contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano en las comunidades aledañas (Birrichaga, 2008). Si bien la propiedad privada del agua en México data del tiempo de la Colonia (Contreras, 2008), los procesos de privatización actuales promovidos por organismos internacionales, en un contexto de escasez hídrica, propician más que nunca la concentración de la riqueza y el poder, y tienden hacia el monopolio con consecuencias indeseables en lo que se refiere a la desigualdad social y a la garantía de acceso a los bienes básicos para la sobrevivencia humana, aun cuando han sido reconocidos como derechos a nivel internacional. En Chiapas, el gobierno federal, en el periodo 2000-2006, otorgó a una empresa refresquera transnacional permiso para la explotación de mantos acuíferos de excelente calidad que abastecen a la zona mestiza e indígena de los Altos de Chiapas (Nash, 2008), una de las zonas más marginadas del país (CONAPO, 1995); en tanto que no ha proporcionado agua para consumo humano a las localidades indígenas aledañas, e incluso a una parte de la población mestiza de la ciudad, la cual, aunque asentada en los alrededores de esta fuente, no tiene derecho de acceso a ella. En el proceso de privatización de esta fuente de agua, se generó oposición por parte de organizaciones indígenas, quienes denunciaron que grandes empresas transnacionales, como la señalada, realizan negociaciones con los gobiernos para proporcionar, por ejemplo, escuelas, comprando

los predios donde se encuentran los cuerpos de agua, para después usarlos con fines comerciales[10] (Enciso, 2005).

También han sido reportados en otros países conflictos de uso como el señalado. En Bangladesh, la importante expansión de la producción de camarón para la exportación ha significado la salinización de las tierras de cultivo y la disminución de las fuentes de agua dulce, lo que se ha traducido en escasez para consumo humano y en una sobrecarga de trabajo para las mujeres que tienen que desplazarse grandes distancias para obtener agua. A su vez, ellas quedan excluidas de los beneficios de la industria camaronera, e incluso las mujeres de los estratos más pobres que recorren grandes trayectos a lo largo de los canales de crianza son vistas como ladronas potenciales del camarón (Crow y Sultana, 2002).

Sin duda, los gobiernos tienen mucho qué hacer al respecto para garantizar la redistribución de agua para consumo humano y hacer efectivo el derecho universal al acceso a agua limpia y suficiente. Sin abasto de agua regular y de buena calidad, no es posible disminuir la pobreza ni mejorar la salud de las poblaciones, ni mucho menos lograr la equidad de género con relación al acceso y control del agua para consumo humano y producción.

b) Género y agua para la producción agrícola

En México, los cambios en relación con el agua de riego tuvieron como marco legal las reformas al Artículo 27 Constitucional en 1992, que marcó el fin del derecho agrario mexicano, introdujo el derecho civil y mercantil como prioridad e implantó procedimientos para proteger y encontrar la forma para que prevalecieran estos últimos (Ibarra, 1992). Con anterioridad al cambio en el Artículo 27 de la Constitución, se creó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 1989, bajo cuya responsabilidad quedó la administración integral del agua, cuidado y protección de la calidad de ésta y de todas las actividades de administración, conservación y operación de las obras hidráulicas[11]. Al cambiar la rela-

[10] La oposición de grupos indígenas al cambio de uso del agua disponible ha sido documentada desde el siglo XIX. Camacho (2007) señala que en el proyecto gubernamental de desecación de las lagunas del Alto Lerma entre 1850 y 1875, algunos grupos indígenas que desarrollaban proyectos productivos derivados de las lagunas se opusieron, lo que contribuyó a que el proyecto no se realizara.

[11] La Ley de Aguas Nacionales (LAN) fue creada en 1992, y se modificó por última vez en 2004. Es una ley reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales (PRONATURA, 2009). Fue sustancialmente cambiada casi en su totalidad en la versión puesta en vigor en 2004, ya que se reformaron 114 artículos, se adicionaron 66 artículos y se derogaron dos (Ortiz, 2005:13). Entre las razones para el cambio fue la de crear mayores espacios de diálogo entre sociedad y gobierno, fortalecer el empoderamiento de los usuarios locales, la democracia participativa y asunción de compromisos de la

ción entre el Estado y el sector rural, la política de esta comisión se dirigió a la transferencia de los distritos de riego hacia los y las usuarias (Buechler y Zapata, 2000), fundamentada en el Reglamento de 1994 [fecha en que entró en vigor la transferencia de los mismos] (Alberti *et al.*, 2000). Con la transferencia de los Distritos de Riego, en lugar de un gobierno y una administración centralizada, se han subdividido los Distritos y se espera que cada subdivisión (llamada módulo de riego) se gobierne y administre por sí misma y que tenga una representación al nivel inmediato superior, es decir, a la organización que reúne a los módulos de un Distrito y que gobierna y administra infraestructura común (Palerm, 2006)[12].

En el año 2000, se emitió la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), que tiene como principio rector el desarrollo sustentable de este sector. Señala que la sustentabilidad se impulsa por medio del uso racional de los recursos naturales mediante procesos productivos socialmente aceptables. Los recursos naturales –el agua entre ellos- son vistos como instrumentos para la productividad. El cuidado, la conservación, el desarrollo, el uso y aprovechamiento del recurso adquiere importancia como instrumento fundamental[13] para la productividad y el desarrollo rural. En el artículo 82, se establece que en "la programación de la expansión y modernización de la infraestructura hidroagrícola y de tratamiento para el recurso agua serán criterios rectores su contribución a incrementar la productividad y la seguridad alimentaria del país, y a fortalecer la eficiencia y competitividad de los productores".

Como puede observarse, el manejo del agua en la Ley tiene un enfoque economicista, ya que es un instrumento para garantizar la productividad basada en la explotación racional. Se establecen medidas de modernización y tecnificación del agua para las actividades rurales (agrícolas, forestales, ganaderas), pero no prevé mecanismos que garanticen a todas las comunidades, pueblos y sujetos rurales el derecho al agua porque se supone que los sujetos antes mencionados ya disfrutan del recurso y por ello es necesario sólo medidas para su uso y aprovechamiento (Gutiérrez Rivas *et al.*, 2007).

Los estudios sobre género y agua para la producción agrícola enfatizan la necesidad de visualizar los intereses de las mujeres en lo que se refiere a la produc-

---

sociedad y proveer una visión al Estado con relación a la política pública hídrica.

[12] Después de un largo proceso de centralización del control sobre el recurso agua en México, iniciado en el siglo XIX, ahora se pretende descentralizar la administración del recurso agua, pero con una diferencia importante: en el primer proceso se pretendía incrementar las áreas de cultivo y desamortizar las tierras improductivas en el marco de la Reforma (Camacho, 2007); el segundo responde a las presiones de organismos internacionales para privatizar el recurso e incorporar a las comunidades para que colaboren en el manejo más eficiente del recurso. No es una diferencia menor.

[13] Énfasis en el citado documento.

ción (Zwarteveen, 1998), a la vez que demandan que se abandone la visión instrumental con la que son consideradas en las políticas hídricas y, como menciona Lagarde (1996), que se analicen sus expectativas y oportunidades reales de acceso a los recursos.

El acceso al agua para la producción agrícola tiene que ver con la distribución espacial del agua, la cual es muy irregular debido a causas climáticas y geográficas, pero también a la capacidad de gestión y la situación económica de la población, en particular, en lo relativo a la tenencia y la propiedad de la tierra, que escasamente pertenece a las mujeres.

Para el caso de México, la equidad sobre la propiedad de la tierra quedó establecida, en 1971, con la Ley de Reforma Agraria, en la que se reconoció la igualdad jurídica del hombre y la mujer para ser dotados de tierra. En la práctica esto no ocurrió. Arizpe y Botey (1986) dicen que "el acceso al usufructo de la tierra ha seguido siendo precario para la mujer menos por la ley que por los condicionamientos culturales y las políticas discriminatorias determinadas por el patriarcado". Como resultado, en 1984 sólo 15% de ellas eran ejidatarias; la mayoría son viudas o están en edad senil y ya no participan en los procesos productivos. En 1990 había 3.1 millones de ejidatarios en todo el país, de esta cifra menos de 46,000 títulos parcelarios pertenecían a mujeres (Suárez y Bonfil, 1996). No hay datos sobre la cantidad de éstas que tienen acceso al riego. Con los cambios, ni la Ley Nacional de Aguas ni su reglamento establecen con claridad quién es una usuaria o un usuario. La CNA considera como tal a quien tiene el título de concesión para explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales, y que las mujeres no tienen acceso a esta figura, pues no son propietarias de la tierra y rara vez participan en las unidades de riego (González, 2006).

Por lo expuesto, Rico (2006) dice que la tradicional exclusión que se ha hecho de la mujer en la tenencia de la tierra hace que esta situación se reproduzca en el acceso de los derechos de agua. Hay evidencia que la titularidad legal o consuetudinaria se constituye generalmente en los varones, lo que tiene efectos en los procesos decisorios y en la administración de los predios cuando por migración ellas quedan al frente de las parcelas. En ocasiones son ellas las que aportan mayor ingreso para los grupos domésticos (Deere y León, 2000, 2005). En general, las parcelas con riego las cultivan los hombres, que por lo común son propietarios de las mismas, mientras que las mujeres no se benefician de estos recursos. Además, en La Agenda Azul de las Mujeres (2006) se indica que en los últimos años las políticas de descentralización de la administración del agua en México, plasmadas en la Ley de Aguas Nacionales[14] (2008), no han venido acompañadas

[14] En el Capítulo I, Artículo 5, Incisos II y III, reformados el 29 de abril de 2004, se establece que "Fomentará la participación de los usuarios del agua y de los particulares en la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos", y "Favorecerá la descentralización de la

de la generación de capacidades institucionales, tanto financieras como técnicas y humanas. Las privatizaciones no han mejorado el servicio ni le han dado a la población un mayor control sobre los recursos hídricos, en cambio han propiciado un incremento desmedido de tarifas. En el marco jurídico, se ha dado un debate sobre si el mercado y los derechos de propiedad garantizarán un adecuado aprovechamiento del agua.

Con esta estructura agraria desigual, la privatización tendrá consecuencias específicas. Una de ellas es que un título no es sólo un factor de producción, sino que tiene una historia de identidad ejidal de hacer que un proceso estrechamente relacionado con el patrimonio mexicano sea parte de un grupo, y como se mencionó, muy pocas mujeres han obtenido derechos ejidales. Con la privatización, las pocas mujeres que tienen títulos están vendiendo los derechos de agua. En dos trabajos, Dávila-Poblete (1998, 2000) analiza cómo las mujeres pobres en México están perdiendo los derechos de agua con la transferencia del manejo de los distritos de riego. Con los nuevos listados de las asociaciones de usuarios, el agua se destinará a los que trabajan la tierra y no a las mujeres y a los hombres propietarios. Muchas mujeres no trabajaban la tierra, sino que dejaban que otros lo hicieran, pero tenían autoridad acerca del uso que se le daba al recurso. Con la escasez de agua en general y las sequías, las mujeres y los campesinos pobres se verán obligados a vender los derechos de agua y perderán el acceso a la toma de decisiones acerca del uso de su parcela.

Se estima que en México, hacia finales del año 2000, uno de cada cinco ejidatarios o comuneros era mujer, lo que se traduce en la exclusión del acceso a la infraestructura, los créditos y la representación social de la producción agrícola (La Agenda Azul de las Mujeres, 2006; Monsalvo y Zapata, 2000; Ahlers, 2000), así como del acceso al agua para la producción. Sin embargo, aun en los casos en los que las mujeres tienen acceso a la tierra, los apoyos gubernamentales para que incrementen la producción agrícola y obtengan pequeños excedentes han sido cada vez más difíciles debido a los recortes presupuestales, en especial para el sector rural. En 2002 se creó el Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG) en la Secretaría de la Reforma Agraria, con la finalidad de otorgar apoyos para la instrumentación de proyectos productivos para la población femenina con derechos agrarios, integrada por un padrón de 661,000 ejidatarias y comuneras. La cifra de beneficiarias de este programa ese año representa apenas 1.36% de las mujeres con derechos agrarios. Además, con muchas limitaciones para sus proyectos, si se considera que el acceso al agua es recurso importantísimo para cualquier microempresa que intente desarrollarse. Menciona Aguilar (1999) que la invisibilidad de los grupos de mujeres, al no establecer la relación entre ellas y la política sobre los recursos hídricos así como con otros conglomerados

gestión de los recursos hídricos conforme al marco jurídico vigente", respectivamente.

(indígenas, campesinos), ha traído serias consecuencias en el desarrollo tanto de las políticas ambientales como de las de desarrollo rural.

Además del derecho a la parcela productiva, que ha sido tan restrictivo, Ahlers (2000) hace la distinción entre el derecho del recurso agua y el acceso al recurso. El primero es el acceso a poseer el título o un derecho usufructuario, mientras que el segundo trata del acceso al agua: ¿cuándo, cómo, dónde y cuánta? Algunas diferencias que encuentra son que las mujeres tienden a recibir menos por los derechos al agua y que con frecuencia negocian una porción de la cosecha, situación que es menos usual con los varones. Por lo tanto, es importante investigar los mercados de agua como productos de la sociedad, pues las desigualdades de género se reflejan precisamente en éstos.

Las mujeres enfrentan limitaciones para participar en la toma de decisiones públicas, debido al confinamiento al hogar y por las desventajas en las relaciones comunitarias a consecuencia de las reglas patrilocales del matrimonio. Aunque en la Ley se señala que se debe fomentar la participación de los usuarios en los distintos ámbitos organizativos, no incluye a las mujeres porque el acceso de éstas al agua de riego generalmente es informal, ya que no tienen los derechos a su nombre. La Ley no las elimina de hecho, pero quedan fuera por los títulos, por la costumbre y porque ellas mismas se marginan de los órganos decisorios.

Pérez Prado (2001) lo reporta cuando señala que, en comunidades rurales, el acceso al agua se logra una vez que se cumple con el pago y la limpia de canales; sin embargo, predominan las relaciones informales con los operadores del sistema, que en general son hombres. La separación entre público y privado, aunque ambigua en muchas instancias, refuerza la concepción de las unidades de riego como espacio de dominio masculino y relega a las mujeres a la esfera privada, asociada con lo doméstico. La complejidad y la diversidad para el acceso al agua y el manejo administrativo de la misma llevan a señalar lo difícil que será alcanzar una mayor igualdad en estos aspectos, cuando existe una sociedad con una desigualdad tan marcada entre los géneros.

Para garantizar la participación de las mujeres, se ha sugerido que en el proceso de transferencia del control del Estado a las localidades se garantice su inclusión en las sesiones técnicas y de toma de decisiones, así como en los organismos encargados de la política de agua del país, como la CONAGUA.

Algunas experiencias en África revelan como exitosos los esquemas de apoyo técnico para la producción agrícola en tierras de riego, tales como solicitar entre los requisitos que la mitad de los participantes fueran mujeres porque la medida mejoró la participación de éstas (Hulsebosch y Ombara, 1995). Sin embargo, es necesario definir los alcances del concepto de participación en este caso, ya que no es lo mismo al considerar la inclusión de las mujeres ligada o no a la tenencia de la tierra, ni al considerar cómo estas diferentes condiciones de participación

pueden traducirse en equidad de género. Es más, tendría que definirse cómo evaluar, en términos concretos, los logros en esta materia.

Bastidas (1999) menciona que es necesario considerar a las mujeres como un grupo no homogéneo entre los grupos usuarios del agua, no sólo en lo que se refiere a la inserción de clase o su estatus de pobreza, sino a sus roles, tareas y funciones, y hace énfasis en los aspectos del ciclo de vida y composición del hogar como elementos clave que influyen en la posibilidad de que las mujeres participen en la agricultura.

Acceso al agua, desarrollo y género

Dice Rico (2006) que en América Latina las políticas para superar las desigualdades de género y las de gestión de recursos hídricos se han desarrollado de manera independiente con objetivos, terminología, con nula coordinación, falta de prioridades y, por lo tanto, sin recursos compartidos. Cuando se observa la interrelación de los procesos asociados al agua y la desigualdad de género, se puede constatar que la sociedad global enfrenta un agotamiento del modelo de desarrollo, debido a que resulta nocivo para los sistemas naturales al mismo tiempo que desigual y excluyente para gran parte de la población.

Aunque la mayoría de las conferencias y declaraciones internacionales sobre el agua han demandado la perspectiva de género en las políticas y programas de agua, esto se ha hecho bajo una visión instrumental cuyo objetivo es mejorar la efectividad y la eficiencia en el manejo de las fuentes de agua[15]. Los aspectos de cómo este mejoramiento en el manejo puede traducirse en acceso equitativo al agua y éste en equidad de género, han sido poco atendidos, lo cual es cierto, aun en el caso de la relación entre agua y saneamiento, que ha sido el principal enfoque con que se ha atendido en el discurso y en las políticas internacionales el tema de las mujeres, del agua y el desarrollo. Este enfoque, si bien pretende superar la perspectiva asistencialista de las políticas de Mujeres en el Desarrollo (MED) al incorporar el componente de participación en la toma de decisiones y el empoderamiento de las mismas, sigue viendo a las mujeres como "administradoras ambientales privilegiadas", a la vez que enfa-

[15] El objetivo general de cualquier estrategia de género en el sector del agua debe consistir en desarrollar un marco que garantice que los intereses y las experiencias tanto de mujeres como de hombres pasen a ser una dimensión integral del diseño, la implementación, la supervisión y la evaluación de los proyectos, así como de la legislación, las políticas y los programas. Sólo cuando las mujeres y los hombres puedan participar de forma equitativa, y los servicios respondan a sus diferentes demandas y capacidades, podremos esperar la consolidación de un sector de agua y el saneamiento eficaz y sostenible, que es condición y parte de un desarrollo socioeconómico más amplio (Francis, 2003).

tiza su papel de amas de casa y madres y presta poca atención a las relaciones sociales que subyacen a la inequidad de género (Braidotti, 2004).

Algunos programas de desarrollo orientados a la producción bajo esta perspectiva no sólo no las han beneficiado, sino que han sido perjudiciales para su posición y estatus social (Escobar, 1996, Zapata, 1996), entre otras cosas, debido a que los proyectos productivos dirigidos a las mujeres se hicieron bajo la concepción de la división sexual del trabajo, en espacios cercanos o dentro del hogar y en actividades marginales, que no significaron mayor equidad ni un rendimiento económico importante (Kabeer, 1998). Además de que no se ha atendido el tema del reparto equitativo de la tierra entre hombres y mujeres, fundamental para el acceso al agua para la producción y para mejorar la condición y capacidad de negociación de las mujeres.

Ivens (2008) argumenta que si bien la participación de las mujeres puede contribuir a mejorar la eficiencia en el manejo del agua para consumo humano y que el acceso al agua mejora la salud de sus hijos así como de ellas mismas, no existe claridad acerca de cómo la participación de las mujeres en la toma de decisiones en el manejo del agua puede contribuir a su bienestar personal, más allá de la autoestima y la confianza en sí mismas. Es decir, no hay evidencias de cómo su participación en el manejo del agua podría contribuir a su empoderamiento[16] y a la equidad de género. Enfatiza que, sin un cambio en las tareas domésticas, la participación de las mujeres en la gestión y manejo del agua comunitaria significará horas de trabajo adicionales, y no queda claro cómo esto, por sí solo, puede darles empoderamiento. En el mismo sentido, Braidotti (2004) dice que la carga de trabajo de las mujeres asociada al acarreo del agua difícilmente se modificará con su participación en la gestión del agua, si no se consideran programas simultáneos de equidad en el acceso a los recursos productivos como la tierra, a fuentes de empleo remuneradas o, de manera más importante, a un plan para generar un cambio en las relaciones de género dentro y fuera del hogar. Este último es un elemento clave de la transformación institucional y de las relaciones sociales, aunque es difícil de instrumentar, ya que conlleva, además de la redistribución del poder entre hombres y mujeres, la necesidad de repensar los esquemas de desarrollo que son responsables tanto del deterioro ambiental como de la creciente desigualdad social.

También debe considerarse el aspecto de conflicto entre comunidades por el acceso a fuentes de agua comunes, así como el papel de los gobiernos y las

[16] Se entiende por empoderamiento la identificación y redistribución del poder con el objetivo de dar a las mujeres mayor autonomía sobre sus propias vidas (Ivens, 2008, Zapata *et al.*, 2002) y que esto redunde en su propio bienestar. Este concepto debería extenderse a darles autonomía a las mujeres y también la toma de decisiones sobre uso, manejo y distribución del agua y otros recursos naturales.

prioridades de "desarrollo" local o regional. Acerca de ello, existe poca información y no es un elemento presente en las estrategias del Banco Mundial ni de la ONU para lograr la sustentabilidad con equidad, pero sí lo es en las propuestas de académicas que señalan que tanto el género como el medio ambiente se cruzan con las políticas de desarrollo y los procedimientos de planeación establecidos, por lo que es necesario dirigir los esfuerzos de planeación hacia una aproximación alternativa de desarrollo (Levy, 2002).

Algunos elementos para la reflexión

Los diferentes trabajos mencionados hacen evidente la necesidad de precisar las condiciones particulares en las que operan las políticas de género y agua, ya que no es lo mismo considerar el abasto para consumo humano que para la producción, ni las características de las fuentes de agua y la posibilidad de llevarla a todos los hogares. Debido a la existencia de diferentes formas de acceso al agua, existe una distribución desigual sustentada en las disímiles condiciones materiales, entre las que destacan las relaciones de propiedad, la desigualdad en el ingreso, la provisión del Estado, las reglas de acceso a las fuentes comunales y el estatus social. Dichas condiciones se articulan claramente con la subordinación de las mujeres, lo que incrementa los riesgos para la salud y la pobreza de los grupos domésticos más pobres y de las mujeres dentro de ellos.

En particular, se debe analizar el papel ambivalente del Estado en el que coexisten, por una parte, el discurso de los derechos y, por otro, las estrategias de desarrollo que tienden a priorizar objetivos económicos para la generación directa de riqueza, sobre aquellos de mejoría de las condiciones de salud y vida de las poblaciones humanas, con omisiones acerca de las estrategias que hay que seguir para garantizar agua de buena calidad, especialmente en lo que se refiere a la equidad en el acceso al agua para las mujeres, tanto para la producción como para el consumo humano.

En ese sentido, se deben rescatar las propuestas de intervención del Estado para garantizar el abasto de agua y el cumplimiento de este derecho, tomando en cuenta los diferentes roles, responsabilidades, necesidades e intereses de hombres y mujeres, y promoviendo la participación de las mujeres en la toma de decisiones y en la administración de los recursos (La Agenda Azul de las Mujeres. 2006), pero bajo una visión crítica de la organización del poder político y económico, y de su influencia en la definición de prioridades de desarrollo local o regional.

Por otra parte, si bien en el discurso se reconoce la importancia de las mujeres en la distribución, administración y manejo del agua, así como en la protección del ambiente, no existen evidencias de los impactos positivos en cuanto a equidad de género. Quienes trabajan este tema, han señalado la necesidad de

analizar, en el ámbito micro, los arreglos institucionales que posibilitan o no la participación de las mujeres en la gestión del agua, o su acceso a fuentes de agua o la tierra, para su transformación. Se ha documentado que la sola participación de las mujeres en reuniones de capacitación técnica o de toma de decisiones no ha sido suficiente, ya que es necesario modificar los arreglos institucionales que impiden el acceso y control equitativo de la tierra y las fuentes de agua[17]. Es necesario asegurarse que las políticas estén comprometidas con los cambios y que quienes las implementen hagan suyos los compromisos.

Además, la evaluación de las dificultades particulares que enfrentan las mujeres para acceder al agua para consumo humano y la producción debe considerar las distintas condiciones que imponen el tipo de fuentes de agua, ya que los procesos de decisión respecto a las cuatro modalidades de acceso al agua están dominadas por hombres, con diferentes consecuencias en el acceso, el control, la salud y el trabajo de las mujeres. También debe ser tomada en cuenta la desigualdad entre grupos domésticos en el interior de las comunidades, y el conflicto entre las prioridades de los grupos domésticos para la sobrevivencia de sus miembros y los intereses de las mujeres, los cuales son en particular graves en casos de escasez de agua y de pobreza, así como la carga que impone la división sexual del trabajo y la crianza de los hijos, en la posibilidad de que las mujeres participen en las actividades productivas ligadas a la tierra.

Por último, la demanda feminista de solicitar la participación de las mujeres en "los corredores del poder" ha llevado a afirmar que ésta es discutible, en el sentido de que las proponentes son incapaces de hacer propuestas concretas acerca de cómo se puede lograr un desarrollo equitativo y sustentable (Tortajada, 1998). Es probable que esta demanda de búsqueda de alternativas de desarrollo sea vista como inviable, pues lo que está detrás es un modelo económico devasta-

[17] Deere y León (2000) señalan que la desigualdad de las mujeres en relación a la posesión de tierras tiene que ver con la familia, la comunidad, el Estado y el mercado, porque los principales medios para adquirir la tierra son la herencia, la adjudicación por parte del Estado (por ejemplo la dotación) y la compra. Quienes tienen mayor acceso por estos medios a la tierra son los hombres. En otro trabajo (Deere y León, 2005), relacionan la desigualdad en la herencia, en las sociedades campesinas, a la patrilinealidad, la patrilocalidad o virilocalidad, la exogamia y lo que se ha denominado "lógica de reproducción campesina". La patrilocalidad se refiere a la residencia de los recién casados en el hogar paterno del marido, mientras la virilocalidad se refiere a la residencia en tierras otorgadas a través de la línea masculina. Se justifican esos sistemas mediante el argumento de que la mujer que se casa "no puede llevarse consigo la tierra" y se espera que la familia del marido otorgue la tierra a la nueva pareja. También se invoca la reproducción familiar campesina, ya que la herencia es condición fundamental para garantizarla. Heredar toda la parcela al hijo mayor garantiza la continuidad del patrimonio familiar y al hijo menor ampara la seguridad de los padres cuando alcancen la vejez.

dor, estructurado sobre desigualdades de género, que difícilmente cederá espacio a alternativas diferentes.

Las propuestas metodológicas de aproximación basadas en la diferenciación entre agua para consumo humano y para la producción y el conflicto entre ellos, así como el papel del Estado en la priorización de acciones para el desarrollo, en el énfasis en las distintas fuentes de abastecimiento de agua, en los aspectos de relaciones e instituciones sociales en los ámbitos micro de las localidades, en los distintos estadios del ciclo de vida y en los derechos territoriales contribuyen sin duda a esclarecer los determinantes y las consecuencias del abasto de agua en la disminución de la pobreza, la mejora en las condiciones de salud y en la equidad de género, a la vez que contribuyen a avanzar en la elaboración de propuestas alternativas concretas para lograr el anhelado desarrollo sustentable con equidad, estrategias de género y políticas de agua sensibles al género.

Referencias

Agarwal, Bina. 2004. El debate sobre género y medio ambiente: lecciones de la India. En Verónica Vázquez García y Margarita Velázquez Gutiérrez (Compiladoras). *Miradas al futuro. Hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género*. México: PUEG/CRIM/CP/IDCR, pp. 239-285.

Aguilar, Lorena. ¿Quién es la sociedad civil? En Verónica Vázquez García (Coordinadora) Género, sustentabilidad y cambio social en el México rural. México: Colegio de Postgraduados, 1999.

Ahlers, Rhodante. Relaciones de género y mercados de agua en la comarca lagunera. En Stephanie Buechler y Emma Zapata M. (Coordinadoras). *"Anduve detrás de todo a la corre y corre…". Género y manejo del agua y tierra en comunidades rurales de México.* México: IWMI, Colegio de Postgraduados, 2000, pp. 157-175.

Alberti Manzanares, Pilar; Edith Carmona Quiroz y Emma Zapata Martelo. "Género, irrigación y cultura del agua en el distrito de riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, México". En Stephanie Buechler y Emma Zapata M. (Coordinadoras). *"Anduve detrás de todo a la corre y corre…". Género y manejo del agua y tierra en comunidades rurales de México.* México: IWMI, Colegio de Postgraduados, 2000, pp. 1-10.

Anand, Ashtana N. 1997. Where the Water is Free but the Buckets are Empty: Demand Analysis of Drinking Water in Rural India. *Open Economics Review*; 8(2): 137-149.

Arizpe, Lourdes y Carlota Botey. Las políticas de desarrollo agrario y su impacto sobre la mujer campesina en México. En Magdalena León y Carmen Diana Deere (Eds.). *La mujer y la política agraria en América Latina*, Bogotá: Siglo XXI Editores y ACEP, 1986, pp. 133-149.

Bastidas, Elena P. 1999. Gender Issues and Women's Participation in Irrigated Agriculture: The Case of Two Private Irrigation Canals in Carchi, Ecuador. *31 Research Report. International Irrigation Management Institute-IIMI.*

Birrichaga Gardida, Diana. 2008. *Agua e industria en México. Documentos sobre impacto ambiental y contaminación 1900-1935.* México: El Colegio Mexiquense/CIESAS.

Boelens, RA and Zwarteveen, MZ. 2003. Water, gender, and 'Andeanity': Conflict or harmony? Gender dimensions of water rights in diverging regimes of representation. In: *Imaging the Andes: Shifting margins of a marginal world* / Salman, T., Zoomers, A., Natural Resources Forum. Amsterdam: Aksant Academic Publisher, 145-166.

Bosch, C.; Hommann, K.; Sadoff, C. y Travers, L. 1999. Agua, saneamiento y la pobreza. Banco Mundial, Washington, D.C. (Disponible en Internet: http://www.worldbank.org/poverty/spanish/strategies/srcbook/wat0118.pdf)

Braidotti, Rosi. 2004. Mujeres, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable: Surgimiento del tema y diversas aproximaciones. En Verónica Vázquez García y Margarita Velázquez Gutiérrez (Compiladoras). *Miradas al futuro. Hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género*. México: PUEG/CRIM/CP/IDCR, 2004, pp. 23-59.

Brewster, M. 2004. Gender and water focus of new Interagency Task Force. *Natural Resources Forum* 28, 77-78.

Buechler, Stephanie y Emma Zapata M. 2000. Introducción. En Stephanie Buechler y Emma Zapata M. (Coordinadoras). "Anduve detrás de todo a la corre y corre…". Género y manejo del agua y tierra en comunidades rurales de México. México: IWMI, Colegio de Postgraduados, 2000, pp. 1-10.

Camacho, Pichardo Gloria. 2007. *Agua y liberalismo. El proyecto estatal de desecación de las lagunas del Alto Lerma, 1850-1875*. México: CIESAS/CONAGUA/AHA.

CEPAL. 1991. Desarrollo sustentable: transformación productiva, equidad y medio ambiente (LC/G.1948/Rev. 2-P). Santiago de Chile, Publicación de las Naciones Unidas.

Cleaver, Frances. 1998. Choice, complexity, and change: Gendered livelihoods and the management of water. *Agriculture and Human Values* 15: 293-299.

Cain, M. (1982). Perspectives on Family and Fertility in Developing Countries. *Population Studies* 36(2): 159-175.

Choguill, C.; Franceys, R.; Cotton A. *Planning for Water and Sanitation*, 1993.

CONAGUA. 2009. Información básica. Disponible en www.conagua.gob.mx

CONAPO. 1995. México en cifras. Índices de Marginación, 1995. Resultados Principales. http://www.conapo.gob.mx/00cifras/4.htm

Contreras, Julio. 2008. Entre la higiene y la insalubridad. El abasto de agua en los principales centros urbanos de Chiapas. 1880-1940, *Tesis de Doctorado en Historia Contemporánea*, Universidad del País Vasco, Bilbao, España.

Corona, M Marilú. 2005. Calidad del agua en sistemas de captación pluvial en comunidades rurales de Oxchuc, Chiapas, México. *Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural*, El Colegio de la Frontera Sur, México.

Crow, B. y Sultana, F. 2002. Gender, Class, and Access to Water: Three Cases in a Poor and Crowded Delta. Society and Natural Resources 15: 709-724.

Davila-Poblete, Sonia. Mexico´s Two Principal Hydro-Agricultural Policies from a Gender Perspective. In: Merrey, D. and S. Baviskar (Eds.). Gender Analysis and Reform of Irrigation Management: Concepts, Cases, and Gaps in Knowledge. Proceedings of the workshop on Gender and Water, 15-19 September 1997. Colombo, IWMI: Sri Lanka, 1998.

———-Poblete, Sonia. Women and Agenda 21 in Mexico. In Cecilia Tortajada (Ed.). *Women and Water Managemet: The Latin American Experience.* Oxford University Press, New Delhi, 2000.

Deere, Carmen Diana y Magdalena León. *Género, propiedad y empoderamiento: tierra, Estado y mercado en América Latina.* Tercer Mundo Editores y UN, Bogotá, 2000.

———, Carmen Diana y Magdalena León. La brecha de género en la propiedad de la tierra en América Latina. En *Estudios Sociológicos.* Vol. XXIII, núm. 68, mayo-agosto, 2005. El Colegio de México.

Dongier, P., Van Domelen, J., Ostrom, E., Rivzi, A., Wakeman, W., Bebbington, A., Alkire, S., Esmail, T., and Polski, M. Poverty. 2001. *Reduction Strategies (PRSP-Sourcebook), Chapter 9, Community-Driven Development*: 303-327.

Enciso, Angélica. Denuncian Maniobras de Coca-Cola para adueñarse de agua en Chiapas. aporrea.org. http://www.aporrea.org/tecno/n59826.html 4 de mayo de 2005.

Escobar, Arturo. La invención del Tercer Mundo. Construcción y reconstrucción del desarrollo. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 1996.

Francis, Jennifer. 2003. El papel de las mujeres en la gestión del agua. En III Foro Mundial del Agua celebrado en Kioto. pp. 101 -108. http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=10824107681FRANCIS.pdf

Green, C., with Baden, S., 1994. Water resources management: a macro-level analysis from a gender perspective. Bridge Development-Gender. Report No. 21. http://www.ids.ac.uk/bridge.

González, María de la Luz. 2006. CIMAC. Reclaman enfoque de género en gestión del agua. Agenda Azul de las Mujeres en IV Foro Mundial. http://www.cimacnoticias.com/noticias/06mar/06032008.html

Guiding principles. The Dublin Statment on Water and Sustainable Development, 1992.

Gutiérrez Rivas, Rodrigo; Aline Rivera Maldonado; Mario Vela Pallares y Yacotzin Bravo Espinosa. 2007, *El agua y el desarrollo rural.* México: Cámara de Diputados, LX Legislatura, CEDRSSA. Colección para el Desarrollo Rural.

Harvey, C. 2002. Hydrogeological and geochemical causes of high arsenic concentrations in the Ganges Delta. *US-Bangladesh Collaborative Workshop on the Ganges-Brahmaputra Delta of Bangladesh: Issues of Land, Water and Environment, Bangladesh, January 28-31*. Eds. Islam, Shafiqul, Karim, C.S. Organized by the Ministry of Science and Technology, Government of Bangladesh and National Science Foundation, USA.

Hulsebosch, Joitske and Doris Ombara. 1995. Towards gender balance in irrigation management. Irrigation and Drainage Systems 9: 1-14.

Ibarra Mendívil, Jorge Luis. 1992. "¿Hacia el fin del derecho y el coorporativismo agrario?" *Cuadernos Agrarios*, No. 5-6, mayo-diciembre.

Ivens, Saskia. 2008. Does increased water access empower women? *Development*, 51: 63-67._

Jackson, C. 1998. Gender, irrigation and environment: Arguing for agency. *Agriculture and Human Values*, 15(4): 313-324.

Kabeer, Naila. 1998. Realidades trastocadas. México: Paidós, PUEG-UNAM.

La Agenda Azul de las Mujeres. 2006. México: Red de Género y Medio Ambiente/PNUD, México/SEMARNAT/IMTA.

www.undp.org.mx/Doctos/Biblioteca/LA%20AGENDA%20AZUL%20DE%20LAS%20MUJERES&meta=, p. 3.

Lagarde, Marcela. 1996. Género y feminismo. Desarrollo humano y democracia. Cuadernos Inacabados, No. 25. España: Frafistaff, y San Cristóbal.

Lastarria-Cornhiel, Susana. 1997. Impact of privatization on gender and property rights in Africa. *World Development*, 25: 1317-1333.

Lenton, R. y Wright, A. (Coordinadores). 2004. *Interim Report of Task Force 7 on Water and Sanitation. Millenium Proyect*. Commissioned by the UN Secretary General and supported by the UN Development Group, p. 11.

Levy, Karen. 2002. Gender and Environment: The Challenge of Crosscutting Issues in Development Policy and Planning. Environment and Urbanization, 4(1): 134-149.

Ley de Aguas Nacionales. 2008. México. www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf

Monsalvo Velázquez, Gabriela y Emma Zapata Martelo. Legislación sobre agua y tierra en México desde una visión de género. En Stephanie Buechler y Emma Zapata M. (Coordinadoras). "Anduve detrás de todo a la corre y corre…". Género y manejo del agua y tierra en comunidades rurales de México. México: IWMI, Colegio de Postgraduados, 2000, pp. 11-40.

Moreno M., Sergio. 2000. Administración de los usos del agua en México. Disponible en *www.inbo-news.og/ag2000/México-ponencia.htm*

Nash, June. 2007. Consuming interests: Water, Rum, and Coca-Cola from Ritual Propitiation to Corporate Expropriation in Highland Chiapas. *Cultural Anthropology*, 22(4): 621-639.

Ortiz Rendón, Gustavo Armando. 2005. Evolución y perspectivas del marco jurídico del agua en México: nuevos retos y oportunidades para la gestión integrada del recurso agua. UNAM. México. 52 pp. Disponible en http://www.bibliojuridica.org/libros/6/2598/6.pdf

Pérez Prado, Luz Nereida. Género, Transformaciones Agrícolas y el Uso de Recursos Naturales en la Tierra Caliente de Michoacán. En Verónica Vázquez García (Compiladora) *Género, Sustentabilidad y Cambio Social en el México Rural*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, México, 1999.

Palerm Viqueira, Jacinta. 2006. Organizaciones autogestivas para el manejo del agua. En Ocampo, Fletes Ignacio *et al.* (Coordinadores). El Agua, Recurso en crisis. Puebla: Colegio de Postgraduados, Campus Puebla y Fundación Produce Puebla, A.C. pp. 79-94.

Pronatura. 2009. Disponible en http://www.pronatura.org.mx/agua_mexico.php. Consulta el 25 de septiembre de 2009.

PSF (Projet Sensibilisation et Formation des paysans autour des barrages). 1993. Attribution des parcelles aux femmes dans les périmètres en aval des barrages: Possibilités et limites. *Projet Sensibilisation et Formation*. Ouagadougou, Burkina Faso.

Rico, María Nieves. 1998, Género, medio ambiente y sustentabilidad del desarrollo. Serie Mujer y Desarrollo, Santiago de Chile: CEPAL. LC/L.1144, octubre.

——, María Nieves. Género y agua. 2006, En *La gota de la vida: "Hacia una gestión sustentable y democrática del agua".* México: Fundación Heinrich Böll, pp. 255-264.

Rocheleau, Dianne; Bárbara Thomas-Slayter y Esther Wangari. 2004, Género y ambiente: una perspectiva de la ecología política feminista. En Verónica Vázquez García y Margarita Velázquez Gutiérrez (Compiladoras). *Miradas al futuro. Hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género*. México: PUEG/CRIM/CP/IDCR, pp. 343-371.

Rodríguez Muñoz, Gregoria. 2009. Género y recursos forestales en una comunidad rural del Estado de México. Tesis de doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Sachs, Jeffrey. Informe de la Comisión Mundial de la OMS sobre Macroeconomía y Salud. 2002. ftp.who.int/gb/archive/pdf_files/WHAS55/sa555.pdf

Salazar Ramírez, Hilda y Brenda Rodríguez Herrera. Con la colaboración de Karla Priego y Rebeca Salazar. 2007. *Modelo de planeación de políticas de agua con enfoque de género en la Ciudad de México*. México: Mujer y Medio Ambiente, A.C.

SEMARNAT. 2008. Estadísticas del agua en México. Disponible en www.conagua.gob.mx.

Sen, Amartya. 1981. *Poverty and famines: An essay on entitlement and deprivation*. Oxford: Clarendon Press.

——, Amartya. 1990. Cooperation, Inequality, and the Family. En McNicoll Geoffrey and Cain Mead (Ed.). *Rural Development and Population: Institutions and Policy*. The Population Council, Oxford University Press. New York: 61-76.

Serrano Sánchez, Ángel; Verónica Vázquez García; Emma Zapata Martelo; María Gabriela Luna Lara e Ivonne Vizcarra Bordi. 2006, Percepciones ambientales en el sureste de Veracruz: la contaminación del agua. En Verónica Vázquez García, Denise Soares Moraes; Aurelia de la Rosa Regalado y Ángel Serrano Sánchez (Coordinadores). *Gestión y cultura del agua*. México: SEMARNAT, IMTA, CP y CONACYT, Tomo II, pp. 249-275.

Sever, Charlie. 2005. GENERO & AGUA. Integración de la equidad de género en las intervenciones de agua, higiene y saneamiento. COSUDE. Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación. Berna. p. 24

Suárez, Blanca y Paloma Bonfil. *Las Mujeres Campesinas ante las Reformas al Artículo 27 de la Constitución*. México: Grupo Interdisciplinario sobre Mujer, Trabajo y Pobreza, (GIMTRAP). Cuaderno de Trabajo 2, 1996.

Tortajada, Cecilia. 1998. Contribution of Women to the Planning and Management of Water Resources in Latin America. *Water Resources Development*, 14(4): 451-459.

Upadhyay, Bhawana. 2003. Water, poverty and gender: review of evidences from Nepal, India and South Africa. *Water Policy*, 5(5): 503-511.

Zapata Martelo, Emma y Marta Mercado. Del proyecto productivo a la empresa social de mujeres. En Cuadernos Agrarios, No. 13. enero-junio, 1996, pp. 104-128.

—— Martelo, Emma. 2007. Políticas, tierra y agua desde la perspectiva de género. En Anaya Garduño Manuel *et al.* (Coordinadores). Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia (SCALL) para consumo humano y uso doméstico. III Diplomado Internacional Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. pp. 302-322.

Zapata, Emma; Janet G. Townsend; Pilar Alberti, Jo Rowlands y Marta Mercado. 2002, *Las mujeres y el poder. Contra el patriarcado y la pobreza.* México: Colegio de Postgraduados y Plaza y Valdés Editores.

Zwateveen, M. and Endeveld, M. 1995. Rural women's questions are agrarian questions. A discussion of the intellectual and political construction of realities of rural women. In *Agrarian questions. The politics of farming anno 1995*. Ed. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University. Ed. Agrarian Questions Organizing committee: 1886-1896.

——, Margreet Z. 1997. A Plot of One's Own: Gender Relations and Irrigated Land Allocation Policies in Burkina Faso. *10 Research Report. International Irrigation Management Institute-IIMI*, 1997.

——, Margreet Z. 1998. Identifying gender aspects of new irrigation management policies. *Agriculture and Human Values* 15: 301-312.

——, Margreet and Ruth Meinzen-Dick. 2001. Gender and property rights in the commons: Examples of water rights in South Asia. *Agriculture and Human Values* 18: 11-25, 2001.

15. Pobreza

Alejandro Guevara Sanginés *
Gloria Soto Montes de Oca *
José Alberto Lara Pulido *

Resumen

Los impactos de la escasez y contaminación del agua afectan a grandes sectores de la población, pero inciden de manera desproporcionada en los pobres. La relación agua-pobreza es de la mayor importancia desde el punto de vista de salud pública y equidad social. Analizar la relación que existe entre la pobreza y la problemática del agua es una tarea compleja por la inherente circularidad que existe entre ambos fenómenos. El presente trabajo examina algunas relaciones causales que existen entre ellos. Se ejemplifica cómo ciertas políticas públicas pueden agravar la situación de desigualdad en el acceso al recurso y la no sustentabilidad del mismo analizando, particularmente, los subsidios en las tarifas de agua. El capítulo también delinea algunas consideraciones relevantes de política pública.

Palabras clave:

Agua, pobreza, salud pública, subsidios, equidad social, políticas públicas.

* Universidad Iberoamericana, Ciudad de México.

1. Introducción

Más de 1,100 millones de personas en países en desarrollo no tienen acceso a agua potable. Además, 2,600 millones de personas no tienen servicios de drenaje adecuados. En el caso de México, todavía 22 millones de personas no tienen acceso a servicios de drenaje y 3 millones carecen de servicio de agua potable (INEGI, 2005). Finalmente, según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cerca de un tercio de los hogares conectados a la red en África y en América Latina tiene un abastecimiento intermitente, mientras que 36% de los sistemas de las ciudades de África y alrededor de 20% de las de Asia y América Latina distribuyen agua contaminada (WHO *et al.*, 2000).

Los impactos de la escasez y contaminación del recurso afectan a grandes sectores de la población, pero inciden de manera desproporcionada en los pobres. Esto se debe a las condiciones de sus viviendas y a la provisión inadecuada de servicios básicos como agua, drenaje, salud y recolección de basura. Los pobres son más propensos a obtener una distribución desigual de recursos escasos, en este caso, el agua, lo que aumenta su vulnerabilidad. Frente a eventos extremos, su recuperación es particularmente difícil, ya que no tienen recursos ni redes de seguridad adecuadas, y las políticas públicas con frecuencia priorizan la inversión en las zonas más desarrolladas de los países (WB, 2008). La relación agua-pobreza es de la mayor importancia desde el punto de vista de salud pública y equidad social.

Analizar la relación que existe entre la pobreza y la problemática del agua es una tarea compleja por la inherente circularidad que existe entre ambos fenómenos. Por ejemplo, a una persona en condiciones de pobreza probablemente le será más difícil allegarse de suficiente agua para vivir de manera plena, en comparación con las dificultades a las que se enfrenta una persona no pobre. En el otro sentido, la privación de este recurso puede limitar que una persona desarrolle a plenitud todas sus capacidades, lo cual la hará más propensa a caer o permanecer en la pobreza. El presente trabajo no pretende examinar de manera exhaustiva las relaciones causales que existen entre ambos fenómenos; no obstante, se presentan algunos razonamientos que permiten entender en cierta medida estas relaciones. Asimismo, dichos planteamientos se apoyan en un análisis descriptivo de algunos indicadores, que permiten observar cómo la pobreza es más aguda cuando las personas tienen la inhabilidad de proveerse de suficiente agua y viceversa.

Tanto la pobreza como la problemática del agua son fenómenos que involucran varias facetas o dimensiones. En el caso de la pobreza, existe un consenso general acerca de que su definición debe incorporar aspectos tales como la educación, la salud, la seguridad, entre otros. Asimismo, la problemática del agua puede abordarse desde diversos ángulos, por ejemplo, de su escasez, del grado de

acceso a ella y de su calidad. Por lo tanto, el análisis de estas relaciones necesariamente implica considerar múltiples aspectos.

Para abordar los puntos mencionados con anterioridad, este trabajo se propone el siguiente orden: en primer término, se describe el concepto de pobreza y su medición donde la variable de acceso al agua es un indicador que contribuye a su explicación. Posteriormente, se aborda el tema del agua presentando información descriptiva sobre la disponibilidad del recurso y su distribución entre la población en México. En la sección 20.4 se analiza la relación entre pobreza y agua en forma general. La sección 20.5 aterriza dicha relación al presentar información descriptiva que vincula pobreza y agua en el contexto mexicano. En la sección 6 se ejemplifica cómo ciertas políticas públicas pueden agravar la situación de desigualdad en el acceso al recurso y no sustentabilidad del mismo, para lo cual se analizan, como ejemplo, los subsidios en las tarifas de agua. La sección 7 delinea algunas consideraciones relevantes de política y, finalmente, en la última sección se perfilan las conclusiones más importantes de nuestro trabajo.

2. Concepto de pobreza y su medición

El concepto de pobreza se ha afinado con el paso de los años. En un principio, se asociaba la pobreza con la mera insuficiencia de recursos monetarios para satisfacer un conjunto de necesidades básicas. Después se fue adoptando un enfoque que incluyó otras dimensiones de la pobreza, tales como la falta de educación, salud y la exclusión social. Perspectivas más recientes consideran que la pobreza se traduce también en la ausencia de un conjunto de capacidades mínimas que le permiten a una persona satisfacer sus necesidades básicas de manera sostenida. En este sentido, Guevara (2003) define como pobre a aquel que carece de un conjunto de bienes y servicios, indispensables para desarrollar las capacidades mínimas que le permitan ser productivo y asegurarse de cierto nivel de bienestar de forma permanente. Esta definición implica determinar con exactitud cómo se compone ese "conjunto de bienes y servicios indispensables" y el "nivel mínimo de bienestar". En el primer caso, el conjunto de bienes y servicios indispensables se tiene que definir de manera relativa, ya que, lo que resulta indispensable para vivir en cierto contexto no lo es necesariamente en otro.[1] En el segundo caso, el nivel mínimo de bienestar se refiere a la satisfacción de distintas necesidades humanas, tales como garantizar un nivel mínimo de nutrición, donde el acceso al agua es un bien fundamental, pero también de salud y de protección a las adver-

[1] Así, por ejemplo, tener una fuente de calor para una persona que vive en alguna zona de frío intenso es una necesidad básica para el funcionamiento vital, pero no lo es para una persona que vive en alguna zona tropical.

sidades del medio, con lo cual se refleja que en efecto la pobreza es un fenómeno multidimensional y que su análisis debe incorporar todas sus facetas.

Por otra parte, se debe subrayar también la dimensión temporal en esta definición. Ello se refiere a que no es posible considerar que una persona ha superado la pobreza si sólo logra satisfacer sus necesidades básicas de vez en cuando. Por lo tanto, el nivel de bienestar mínimo debe lograrse de manera sostenida o, como lo indica la definición, *permanente*.

Por último, habría que apuntar que el desarrollo de capacidades mínimas es una condición necesaria mas no suficiente para superar la pobreza, ya que aunque una persona pueda haber desarrollado estas capacidades, quizá se encuentre con que no existen oportunidades disponibles para aplicarlas en una labor productiva.

2.1 Medición de la pobreza

Analizar la relación entre agua y pobreza requiere primero identificar a los pobres. De acuerdo con Sen (1991), para identificar la pobreza se deben considerar tanto un componente absoluto como uno relativo. El primero se refiere a un nivel de pobreza tal que le impida a la persona satisfacer las necesidades mínimas que garanticen su supervivencia, y que no dependa de la posición relativa que guarda respecto de los demás miembros de la sociedad en que vive. El autor ejemplifica lo anterior con el argumento de que una hambruna generalizada es un signo claro de pobreza absoluta, y no hay necesidad de observar la posición relativa que tienen las personas entre sí para constatarlo. En términos de agua, este componente supondría que se carece de una cantidad suficiente para cubrir las necesidades mínimas de consumo e higiene personal. Por otra parte, el componente relativo se refiere al grado de pobreza que tiene una persona en relación con los demás, y depende de un patrón de consumo normativo que rige en cada sociedad específica en un contexto determinado (Flores, 2002). Por ejemplo, como expone Sen (1984), en el siglo XIX los zapatos de piel resultaban un artículo de primera necesidad, lo cual seguramente no era así para algunas sociedades que vivían en zonas tropicales, en la misma época.

En general, existen tres enfoques para medir la pobreza. Los dos primeros se refieren a la medición directa y a la indirecta. La primera consiste en identificar si una persona puede satisfacer todas sus necesidades básicas a partir de su patrón actual de consumo. La segunda consiste en identificar el conjunto de personas que tienen un ingreso menor a un nivel mínimo que permite satisfacer todas sus necesidades básicas. Como apunta Sen (1991), cada enfoque implica una concepción diferente de la pobreza y no dos formas diferentes de medir la misma cosa. Para él, la medida directa es superior a la medida indirecta, debido

a que la segunda tiene que postular ciertos supuestos acerca del comportamiento del consumo, lo cual puede presentar dificultades para homogeneizar criterios. Por ejemplo, es claro que los requerimientos calóricos de dos personas de diferentes edades son distintos, y probablemente el ingreso necesario para satisfacer las necesidades de la primera sea diferente al de la segunda, lo cual hace difícil establecer un umbral mínimo de ingreso único que permita discriminar cuál de las dos personas satisfacen todas sus necesidades. Por el contrario, bajo el enfoque directo, podemos verificar si ambas personas cubren sus necesidades básicas con su patrón actual de consumo, incluso cuando dicho patrón sea diferente. El tercer enfoque, que ha permitido enriquecer la concepción de la pobreza, incorpora la ausencia de capacidades mínimas para satisfacer las necesidades básicas.

No obstante, cabe mencionar que la operacionalización de una medida de pobreza con frecuencia implica optar por una medida indirecta, la cual es usualmente más fácil de determinar. Tal es el caso en el contexto mexicano, ya que en 2002 la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) definió una metodología para medir la pobreza, en la que estableció una medida indirecta para tres niveles de pobreza:[2]

- Pobreza alimentaria: que consiste en la incapacidad de satisfacer las necesidades básicas de alimentación.
- Pobreza de capacidades: que consiste en la incapacidad de satisfacer las necesidades básicas de alimentación, o las de educación y salud.
- Pobreza de patrimonio: que consiste en la incapacidad de satisfacer las necesidades básicas de alimentación, o las de educación, salud, vestido, calzado, vivienda y transporte público.

Como se puede observar, la definición de un nivel subsecuente presupone haber satisfecho las necesidades del nivel anterior. Es decir, una persona que se encuentra en pobreza alimentaria, también se encontrará en pobreza de capacidades y de patrimonio.

A partir de la definición de los distintos niveles de pobreza, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social de México (CONEVAL) determinó las líneas de pobreza por medio de técnicas econométricas, mismas que se muestran en la Tabla 1.

[2] Actualmente el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social está elaborando una nueva metodología de medición de la pobreza, la cual considerará medidas directas. Se espera que dicha metodología esté disponible para finales del año 2009.

Tabla 1. Líneas de pobreza 2006

Ámbito	Línea de pobreza[1]
Tipo de pobreza	
Rural	
Alimentaria	$598.70
Capacidades	$707.84
Patrimonio	$1,086.40
Urbana	
Alimentaria	$809.87
Capacidades	$993.31
Patrimonio	$1,624.92

[1] Ingreso mensual per cápita en pesos de agosto de 2006.
Fuente: CONEVAL (2007)

De acuerdo con las líneas de pobreza se calcula que, hasta 2006, 14% de la población de México se encontraba en condiciones de pobreza alimentaria, 21% en pobreza de capacidades y 43% en pobreza de patrimonio. Con base en la misma metodología, se estima para los años anteriores que la pobreza ha disminuido en promedio desde 1996 en alrededor de 5% cada dos años.[3] Sin embargo, se espera que la crisis de 2008-2009 haya revertido esta tendencia.

Las líneas de pobreza establecen una línea divisoria que permite identificar al conjunto de personas que se encuentran en condiciones de pobreza. No obstante, la sola separación entre pobres y no pobres deja de lado la desigualdad que pudiera haber entre las personas, lo cual indudablemente también es una de las manifestaciones de la pobreza. Para ejemplificar esto, suponga que una persona que se encuentra por debajo de la línea de pobreza realiza una transferencia a otra persona que también se encuentra por debajo de dicha línea, pero que tiene un ingreso superior. Es claro que esta situación cambia la distribución del ingreso, pero el porcentaje de personas en condiciones de pobreza permanece sin cambio. Por esta problemática, es conveniente recurrir a instrumentos adicionales que permitan caracterizar la posición relativa que guarda una persona respecto de los demás. Un instrumento que da cuenta de estas posiciones relativas, y que a su vez permite incorporar distintas dimensiones que caracterizan la pobreza, es

[3] La fuente de información (ENIGH) se realiza de forma bianual, por lo tanto, la medición de la pobreza se realiza con la misma periodicidad, con excepción del año 2005, en el cual también se llevó a cabo una ENIGH.

el índice de rezago social, elaborado por el CONEVAL. Desde el punto de vista estadístico, este índice permite establecer un orden relativo de las personas de acuerdo con ciertas características del hogar en que viven, las cuales, de hecho, están estrechamente relacionadas con la pobreza. Cabe mencionar que el rezago o exclusión no es una condición suficiente para identificar la pobreza, ya que sólo permite establecer una posición relativa de las personas respecto a los demás y, como se comentó antes, la pobreza también tiene un carácter absoluto, por lo que una medida relativa sólo permitirá describir una cara de la pobreza.

La ventaja de utilizar esta metodología consiste en que es posible sintetizar la información de distintos indicadores en uno sólo que sea de fácil interpretación. Los indicadores utilizados en la medición del rezago social son doce, y fueron obtenidos a partir de la información contenida en el Segundo Conteo de Población y Vivienda 2005. Estos indicadores miden aspectos de educación, salud y características de la vivienda, entre ellos el porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública y viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje.[4] La desagregación máxima que se puede obtener es a nivel localidad y, en consecuencia, es posible obtener el grado de rezago a nivel municipal y estatal. Aquí se presentan algunos resultados a nivel estatal. De esta manera, el mayor grado de rezago está en Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Puebla, ordenados de mayor a menor, y el menor rezago en Nuevo León, Distrito Federal, Coahuila y Aguascalientes, ordenados de menor a mayor. La Figura 1 presenta una representación gráfica del rezago social por entidad federativa.

[4] Para una descripción detallada de dichos indicadores se puede consultar CONAPO (2005) y CONEVAL (2007).

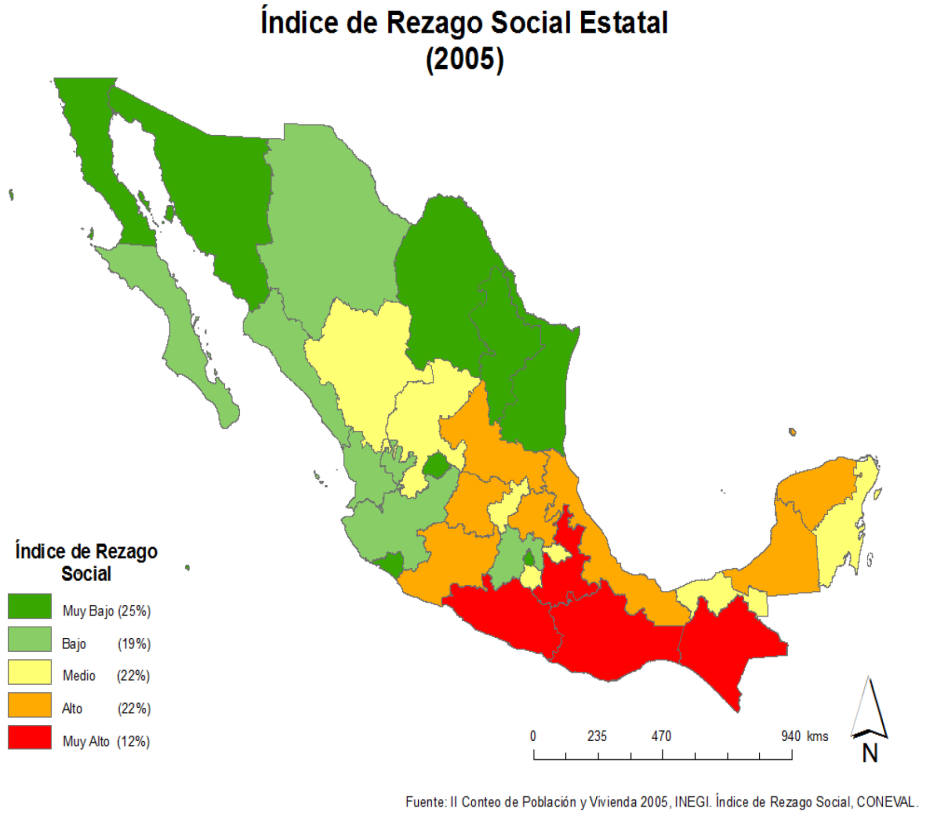


Figura 1. Índice de Rezago Social Estatal

La descripción efectuada de las mediciones oficiales de la pobreza y sus componentes será de ayuda posteriormente para describir la vinculación entre la pobreza y la problemática del agua. En particular, se utilizarán las líneas de pobreza para contrastar cómo impactan los problemas del agua a los más pobres, y se analizará cómo el rezago social está de hecho determinado en parte por problemas con el acceso al agua.

3. Algunas cifras de agua para México

En México se registra una disponibilidad natural de agua por habitante de 4,505 metros cúbicos (m^3) al año, lo cual parece suficiente. No obstante, de acuerdo con la SEMARNAT (2008), México se ubica en el lugar 89 entre 177 países en cuanto a la disponibilidad natural media del agua, lo cual lo ubica entre los países

con disponibilidad baja. Aunado a esto, cada año las reservas de agua subterránea disminuyen más o menos 6 km^3 al año debido a la sobreexplotación (INEGI, 2006). Lo anterior se puede explicar observando el promedio de consumo de agua diario en México para todo tipo de actividades, que es de alrededor de 370 litros por persona, cifra que lo ubica entre los países con un nivel de consumo relativamente alto (PNUD, 2006).

Con respecto a esto, un buen número de estudios se han enfocado a analizar los patrones de consumo de agua en la Zona Metropolitana del Valle de México (Legorreta, 2001; Izazola, 2001; Breña y Breña, 2004). Una posible explicación de por qué este tipo de estudios se enfocan en dicha región radica en que es ahí donde se registra la menor disponibilidad de agua de todo el país y donde se concentra casi 20% de la población nacional.[5] De acuerdo con Legorreta (2001), en los sectores pobres de la Ciudad de México el consumo diario era de 28 litros; en la población de ingresos medios, entre 275 y 410 litros diarios, y en los sectores más ricos, entre 800 y 1,000 litros diarios. Además, en el Distrito Federal, 241 colonias sufren problemas de tandeos, con al menos 1'430,687 habitantes afectados, de los cuales predominan hogares que tienen ingresos menores a dos salarios mínimos (Tabla 2). Por lo tanto, se observa una gran disparidad entre la provisión de agua de acuerdo con el nivel de ingresos.

Tabla 2. Colonias que presentan tandeos en el Distrito Federal en 2008

Delegación	Total de colonias que presentan tandeos*	Población total en la colonias afectadas por tandeos	% de población que recibe menos de 2 salarios mínimos
Álvaro Obregón	11	70,579	55
Coyoacán	6	173,023	52
Cuajimalpa	16	50,437	54
Gustavo A. Madero	10	61,987	60
Magdalena Contreras	29	132,532	55
Iztapalapa	59	585,564	63
Milpa Alta	7	26,817	63
Tlalpan	82	275,591	52

[5] La disponibilidad por habitante es de 188 m^3 al año, mucho menor al promedio nacional de 4,505 m^3.

Delegación	Total de colonias que presentan tandeos*	Población total en la colonias afectadas por tandeos	% de población que recibe menos de 2 salarios mínimos
Xochimilco	21	54,157	59
Total	241	1'430,687	58

* El número de colonias que no están registradas por el INEGI son una colonia en Coyoacán, Cuajimalpa, Gustavo A. Madero y Milpa Alta, dos colonias en Magdalena Contreras, cinco colonias en Xochimilco, dieciocho colonias en Iztapalapa y treinta colonias en Tlalpan.

Fuente SACM (2008). Volumen anual de agua entregada de fuentes locales y federales, Dirección de Sectorización y Automatización, informe interno del Sistema de Aguas de la Ciudad de México e INEGI (2000).

Con lo que respecta a la cobertura de los servicios de agua y sanidad de México, en 2005 se registró una cobertura de agua potable de 87.8%. No obstante, cuando se desagrega esta información para zonas rurales y urbanas, se encuentra una cobertura de 74.7% en el primer caso y de 95.9% en el segundo. Datos similares existen para la cobertura de alcantarillado, que son de 86.7%, 97.0% y 68.2% a nivel nacional, urbano y rural, respectivamente (INEGI, 2005). Dado que la pobreza es más profunda en zonas rurales, estas cifras son un indicativo de que en efecto la problemática del agua tiene mayor incidencia en hogares pobres.

4. La problemática del agua y su relación con la pobreza

El agua es un recurso fundamental para mantener los ecosistemas y para la sustentabilidad del medio ambiente (INEGI, 2006). Asimismo, el agua está presente en prácticamente todas las actividades humanas, desde su función como líquido vital, hasta su utilización en procesos industriales. Los requerimientos mínimos para garantizar la vida, las actividades agrícolas, la industria y la provisión de energía son de 1,000 m^3 por persona al año (Rijsberman, 2004).

Si sólo se toman en cuenta los requerimientos personales de consumo y de higiene básica, la OMS y el Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) consideran que éstos ascienden a 20 litros diarios por persona, los cuales deben provenir de una fuente de agua que esté a menos de un kilómetro del hogar. Así, el consumo de una cantidad menor de agua a dicha cuota impide a la persona mantener un nivel de bienestar mínimo. Si se consideran factores como el baño diario y necesidades de lavado de ropa, el nivel mínimo se incrementa a 50 litros diarios (PNUD, 2006). Con esta clasificación, se observa que países como Kenya, Nigeria, Níger, Angola, entre otros, están por debajo del nivel de 50 litros, y países como Haití, Ruanda y Mozambique están debajo del nivel de 20 litros. En contraste, países como Estados Unidos, Australia, Italia y Japón tienen un con-

sumo diario por persona de más de 350 litros. Lo anterior refleja que los países pobres generalmente tienen grandes carencias de agua. En este contexto, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2006) apunta que una de cada cinco personas de los países en desarrollo no tienen acceso a agua limpia, lo que representa una población de 1,100 millones de personas. Además, 2,600 millones de personas, casi la mitad de la población en los países en desarrollo, no tienen acceso a servicios de drenaje adecuados.

El Comité sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CDESC) definió por primera vez el derecho al agua en la Observación general Nº 15, de noviembre de 2002. El "derecho humano al agua es el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico. Un abastecimiento adecuado de agua salubre es necesario para evitar la muerte por deshidratación, para reducir el riesgo de las enfermedades relacionadas con el agua y para satisfacer las necesidades de consumo y cocina y las necesidades de higiene personal y doméstica" (CDESC 2002). La declaración del derecho humano al agua parte de un reconocimiento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre la inequidad en la distribución del servicio. Para la ONU, un elemento integral para garantizar la seguridad humana (concepto adoptado a partir del Informe de Desarrollo Humano de 2004) es contar con seguridad de agua (PNUD, 2006:3).

Para ejemplificar cómo efectivamente la seguridad de agua es indispensable para garantizar la seguridad humana, Fisman y Miguel (2008) describen en su capítulo "Sin agua, no hay paz"[6] la relación causal entre la sequía y los conflictos sociales. Los autores analizan el caso del Lago Chad, el cual se ha encogido a 10% de su superficie original en unas cuantas décadas a partir de 1950. En este contexto, subrayan que "una vez que todos los peces han muerto y la sequía ha acabado con los cultivos, los jóvenes en Chad no tienen mucho que perder y están dispuestos a unirse a una facción rebelde".[7] Más allá de la descripción anecdótica, los autores realizan un ejercicio estadístico, mediante el cual hallan una relación muy fuerte entre las sequías y el conflicto armado en varios países africanos.

Lo anterior es un ejemplo claro de la relación circular que existe entre la pobreza y la seguridad de agua en países que dependen en gran medida de las actividades agrícolas. La privación de agua es una causa de la disminución generalizada de los niveles de ingreso, lo cual aumenta la probabilidad de conflictos armados. Y éstos, a su vez, minan las posibilidades de desarrollo económico que pudiera proveerles de otros medios para allegarse de suficiente agua para sus cultivos, aparte de la que reciben por medio de las lluvias.

---

[6] *"No water, no peace"*, p. 111, *op. cit.*

[7] Fisman y Miguel (2008), traducción de los autores.

4.1 Dimensiones de la pobreza y su relación con el agua

La imposibilidad de proveerse del agua necesaria tiene un impacto en las diversas dimensiones de la pobreza, tales como la salud, la educación, la inclusión social y el ingreso/consumo (Bosch *et al*., 2002). Para ilustrar lo anterior, a continuación se presenta un breve análisis acerca de la relación que existe entre dos de estas dimensiones (salud, educación y género) con la carencia de servicios de agua.

4.1.1 Dimensión de la salud

Se estima que las mejoras en la infraestructura pública para proveer de agua a los hogares tiene un impacto de alrededor de 30% en reducir las enfermedades diarreicas (SEMARNAT, 2008). No obstante, como se puede observar más adelante, la provisión de servicios públicos es más amplia para personas que no están en condiciones de pobreza. Para explicar este punto, puede observarse que, de acuerdo con información de la OMS y UNICEF, en el año 2002 se registraron casi 2.5 millones de decesos ocasionados por enfermedades asociadas al agua, saneamiento e higiene en los países en vías de desarrollo, en tanto que, en países desarrollados, sólo se registraron 24,000 decesos por esta misma causa. Lo anterior quiere decir que se registran, por problemas asociados al agua, casi 100 decesos en países en vías de desarrollo por cada muerte en los países desarrollados.

Con base en información derivada de las estadísticas de mortalidad elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se obtuvo el promedio de muertes infantiles por cada 100,000 habitantes por ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias, para las entidades federativas del país.[8] En las Figuras 2, 3 y 4 se observa que la carencia de servicios de agua y sanidad está efectivamente relacionada con la mortalidad infantil. La relación más fuerte se da cuando se compara la mortalidad infantil con la ausencia de agua entubada a la red pública; en segundo lugar, al compararla con la ausencia de drenaje y, por último, cuando se compara con la falta de excusado en el hogar (aunque es una relación débil, no deja de ser positiva). Como dato adicional, se advierte que hay un promedio de 2.5 muertes infantiles en los estados que están por debajo del

[8] En esta categoría se incluyen enfermedades como diarrea, gastroenteritis y otras enfermedades infecciosas intestinales. Asimismo, incluye otras enfermedades que no necesariamente están relacionadas con la carencia de servicios de agua, como la septicemia, el VIH, tétanos, entre otros. No obstante, la proporción de muertes infantiles de 1998 a 2007 que tuvieron como causa la diarrea, gastroenteritis y otras enfermedades infecciosas intestinales asciende a 65% en promedio, por lo que se considera que este indicador es adecuado para relacionarlo con la falta de acceso a servicios de agua. No fue posible realizar un análisis más detallado, puesto que la fuente consultada no permite tal nivel de desagregación.

promedio de pobreza alimentaria nacional, y de 1.7 en los que están por arriba de éste.[9]

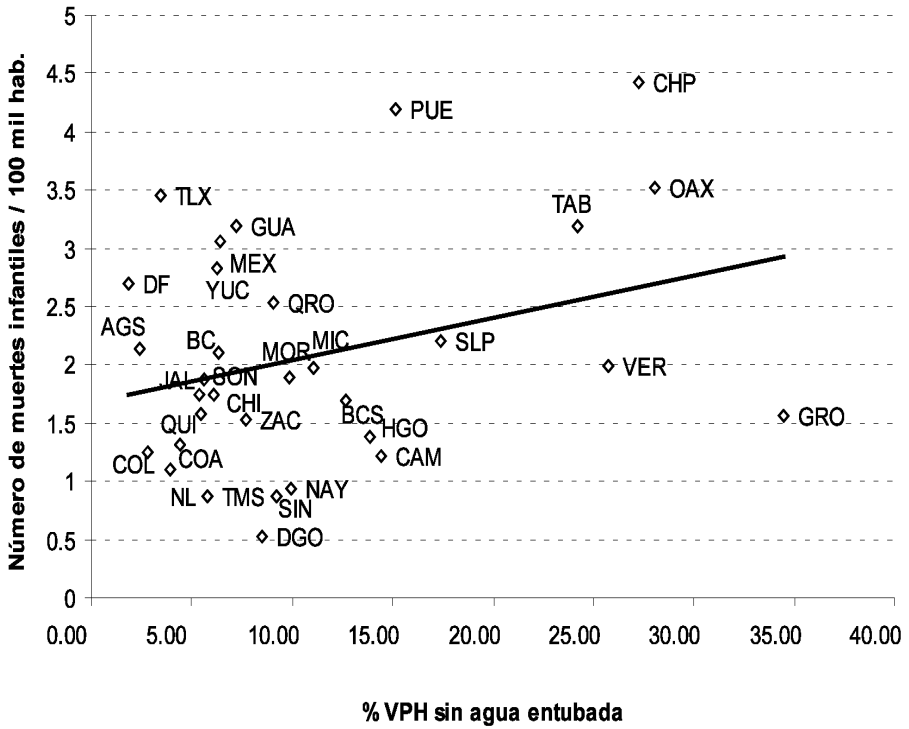


Figura 2. Porcentaje de Viviendas Particulares Habitadas (VPH) sin agua entubada a la red pública respecto a la Mortalidad infantil (muertes por cada 100,000 habitantes relacionadas con enfermedades infecciosas y parasitarias)
Fuente: Elaboración propia a partir de las Estadísticas de mortalidad, INEGI, y del II Conteo de población y vivienda 2005, INEGI.
Coeficiente de correlación: 0.31

[9] Cabe mencionar que esta hipótesis puede no ser suficiente para explicar la mortalidad infantil por este rubro. Como se puede observar en las gráficas citadas, el Distrito Federal y el Estado de México tienen un número de muertes relativamente alto y el porcentaje de viviendas sin agua entubada es bajo. Lo anterior puede explicarse porque el consumo de productos regados con aguas negras puede estar relacionado con enfermedades diarreicas e incluso con la manifestación de hepatitis y, como se sabe, el Valle del Mezquital es la región más grande del mundo regada con aguas negras. Por lo tanto, dado que cierta proporción de los productos agrícolas obtenidos de este lugar son consumidos en ambas entidades, el número de muertes observadas puede estar relacionado con esta problemática.

Como podemos ver en la Figura.2, existe una relación positiva significativa entre el número de muertes infantiles y el porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada. Resaltan los casos de los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Puebla.

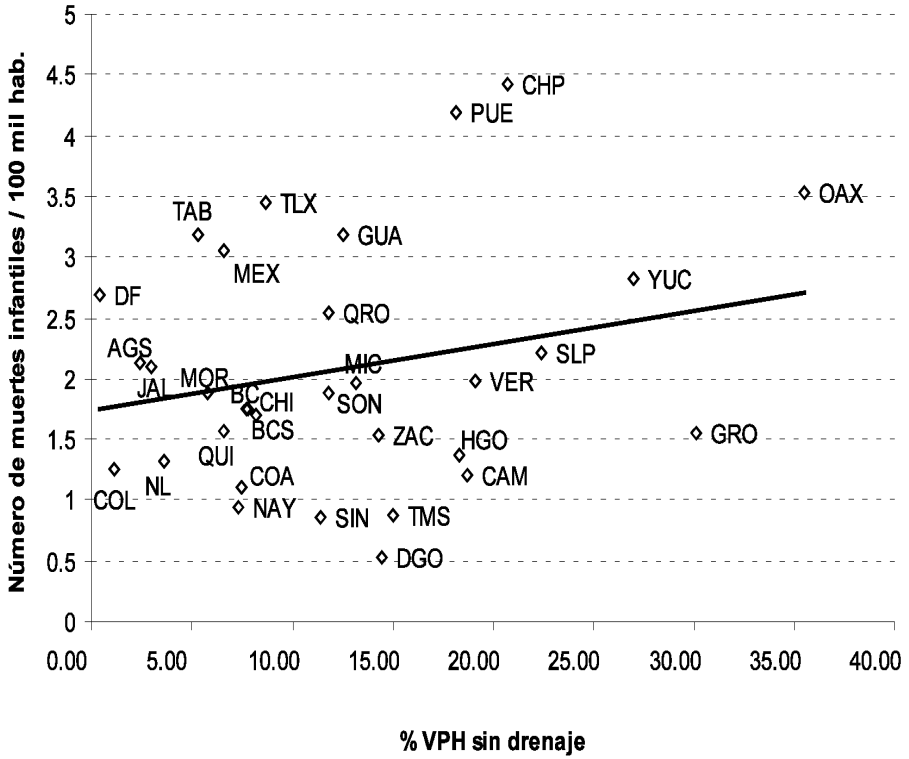


Figura 3. Porcentaje de Viviendas Particulares Habitadas (VPH) sin drenaje respecto a la Mortalidad infantil (muertes por cada 100,000 habitantes relacionadas con enfermedades infecciosas y parasitarias)
Fuente: Elaboración propia a partir de las Estadísticas de mortalidad, INEGI, y del II Conteo de población y vivienda 2005, INEGI.
Coeficiente de correlación: 0.23

En la Figura 3 se muestra que también existe una relación positiva entre el porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje y la mortalidad infantil. Aquí aparecen de nuevo los casos de Oaxaca, Chiapas y Puebla.

De acuerdo con Bosch *et al.* (2002), se pueden identificar dos mecanismos de contagio de enfermedades transmitidas por el agua: el ciclo corto y el ciclo largo. El primero tiene que ver esencialmente con hábitos de higiene, los cuales,

si son inadecuados, hacen más proclive a la persona a un contagio. El segundo caso tiene que ver con la exposición a agentes nocivos que están presentes por la contaminación ambiental, misma que es más grave cuando no existe la suficiente infraestructura de agua y sanidad. En este sentido, los autores argumentan que, en términos de política pública, es más efectivo atacar el ciclo largo mediante inversión en la provisión de servicios de agua y sanidad, ya que es más difícil identificar medidas efectivas para modificar los hábitos de las personas. Por lo tanto, si los pobres tienen mayores carencias de servicios de agua, debieran ser la población objetivo para la inversión pública. Un elemento adicional que hace más atractivo este tipo de inversión es el ahorro potencial en servicios de salud que se derivaría de evitar enfermedades asociadas con el agua contaminada.

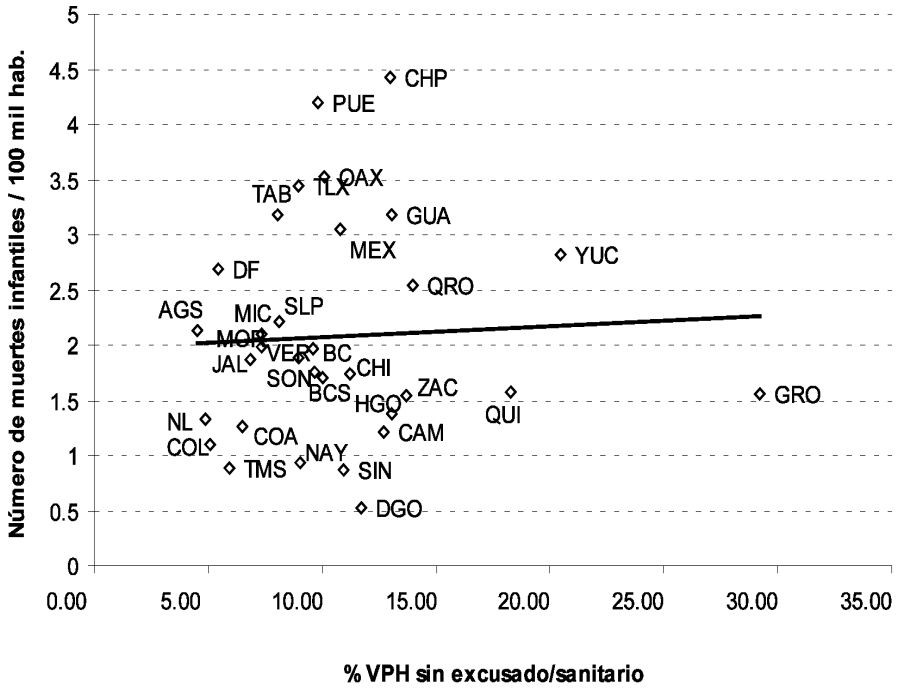


Figura 4. Porcentaje de Viviendas Particulares Habitadas (VPH) sin excusado o sanitario con respecto a la Mortalidad infantil (muertes por cada 100,000 habitantes relacionadas con enfermedades infecciosas y parasitarias)
Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de mortalidad, INEGI, y del II Conteo de población y vivienda 2005, INEGI.
Coeficiente de correlación: 0.05

Otro indicador de la asociación entre salud y las condiciones de infraestructura del hogar se encuentra en la Figura 4, donde se confirma una relación positiva entre el porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado o sanitario y la mortalidad infantil.

4.1.2 Dimensión de la educación y género

Desde la perspectiva internacional, por lo general se asocia la carencia de servicios de agua y sanidad en las escuelas con la inasistencia escolar, que afecta particularmente a las niñas. Por ejemplo, se estima que 1 de cada 10 niñas en África no va a la escuela durante su menstruación o la abandona en la pubertad por carecer de instalaciones sanitarias adecuadas (Lidonde, 2004). Cabe mencionar que en México no se observa una diferencia significativa entre niños y niñas del grupo entre 10 y 14 años con respecto al porcentaje de inasistencia escolar.[10] Por lo tanto, es poco factible que esta problemática esté presente de manera generalizada en nuestro país. Sin embargo, como se puede advertir a continuación, la falta de instalaciones adecuadas en las escuelas es un problema que afecta en especial a los niños mexicanos que se hallan en condiciones de pobreza.

Recientemente la Secretaría de Educación Pública (SEP) identificó las escuelas con mayores necesidades de atención en infraestructura.[11] Uno de los criterios de identificación se refiere al estado en que están los sanitarios de dichos centros escolares. En la Figura 5 se presenta el grado de marginación y el respectivo estado de los sanitarios de dicho conjunto de escuelas. Como se puede ver, el grado de marginación está correlacionado con el mal estado de las instalaciones sanitarias, lo cual de alguna manera confirma que es la población más marginada (y pobre) la que se enfrenta a esta problemática.

[10] Se realizó una prueba x^2 para comparar proporciones de inasistencia escolar por género con información obtenida del II Conteo de Población y Vivienda 2005, y así determinar si había una diferencia estadísticamente significativa, hipótesis que no puede aceptarse al 1% de nivel de significancia.

[11] La metodología de identificación de estas escuelas se puede consultar en http://alianza.sep.gob.mx

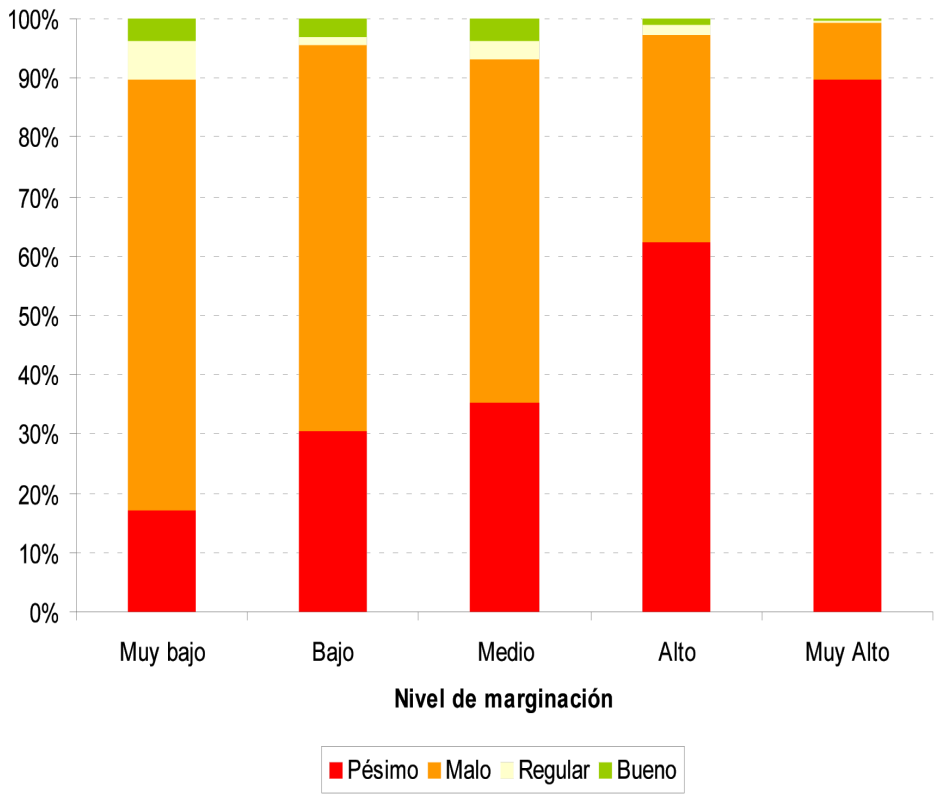


Figura 5. Nivel de marginación con respecto al Estado de los sanitarios en escuelas con deficiencias en infraestructura
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Alianza por la Calidad de la Educación (2009) y de CONAPO (2005).

Con esta información podemos decir que la ausencia de infraestructura sanitaria adecuada es un problema que afecta principalmente a los niños que viven en hogares pobres. Como ha sido reconocido por UNICEF (2006), la falta de acceso a agua limpia y las condiciones antihigiénicas tienen un impacto negativo en la salud, en la asistencia escolar y en la capacidad de aprendizaje de los niños en edad escolar. Lo anterior es un claro ejemplo de cómo distintas manifestaciones de la pobreza se entrelazan y generan una trampa que impide elevar la calidad de vida de las personas.

5. Disponibilidad, frecuencia, saneamiento, gasto en agua y pobreza en México

A continuación se presenta un análisis descriptivo que permite observar cómo efectivamente la pobreza, tanto absoluta como relativa, y el inadecuado acceso al agua son dos fenómenos estrechamente relacionados.

5.1 Agua y pobreza absoluta

En primer lugar se presenta una comparación entre hogares con pobreza alimentaria y sin ella con lo que respecta a una serie de factores, entre ellos, la frecuencia con que reciben el servicio de agua, la fuente de la que obtienen el servicio, la disponibilidad y el tipo de drenaje, así como el gasto en agua como proporción del ingreso. Estas comparaciones se realizaron con base en información obtenida de la Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares, 2006 (INEGI, 2006). Para este ejercicio se definieron dos conjuntos: el grupo de hogares con un ingreso per cápita por debajo de la línea de pobreza alimentaria y el grupo de hogares por arriba de ella. La línea de pobreza adoptada fue la establecida por el CONEVAL para el año 2006, y se consideró el ingreso total mensual del hogar dividido sobre el número de personas que habitan en éste.

La Figura 6 representa la frecuencia con que los hogares reciben el servicio de agua. Se hace distinción entre hogares rurales y urbanos y también entre hogares con pobreza alimentaria y sin ella. Como se puede observar, siempre una mayor proporción de hogares pobres recibe el servicio con interrupciones comparada con la proporción de hogares no pobres, tanto en zonas urbanas como rurales. Además, la proporción de hogares en zonas rurales que tienen interrupciones en el servicio siempre es mayor a la misma proporción de hogares en zonas urbanas, independientemente de si son pobres o no. Por último, destaca la diferencia entre los hogares pobres en zonas rurales y los que están en zonas urbanas y no son pobres, porque la proporción de hogares que recibe agua sin interrupciones es de sólo 30% en el primer caso y de casi 70% en el segundo.

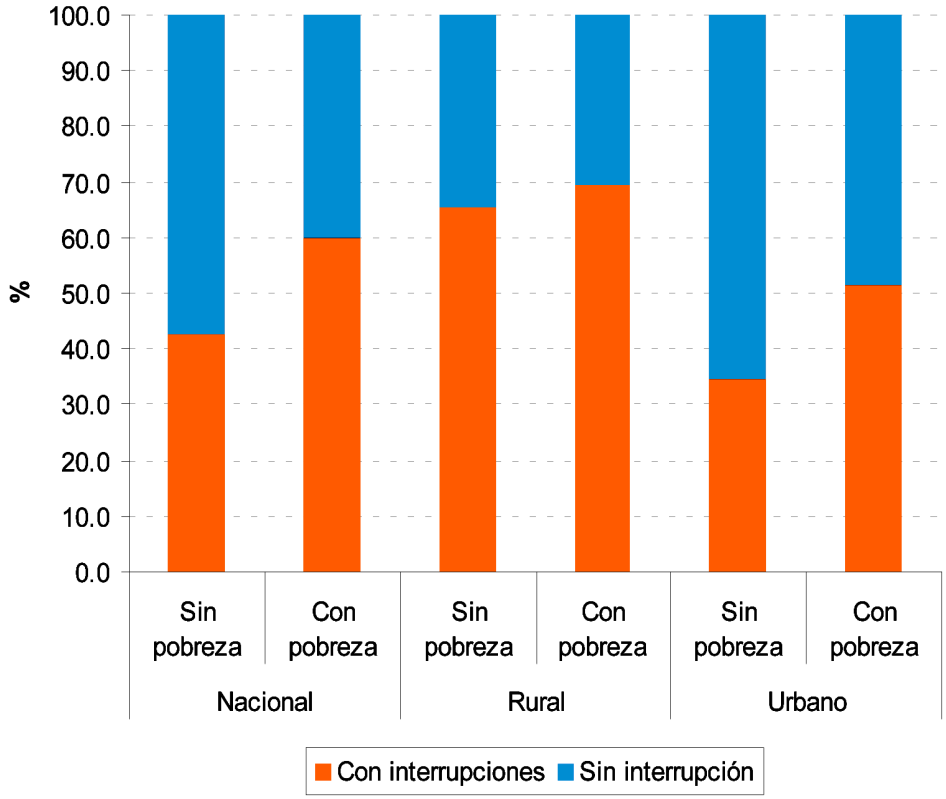


Figura 6. Frecuencia del servicio de agua en Viviendas Particulares Habitadas según condición de pobreza alimentaria
Fuente: Elaboración propia a partir de información de Medición de la pobreza, CONEVAL. INEGI (2006).

La pobreza también está relacionada con el acceso a la infraestructura pública para la provisión de agua. En la Figura 7 se muestra cómo los hogares sin condiciones de pobreza son más propensos a contar con una conexión a la red pública dentro de la vivienda, en tanto que es más probable que un hogar pobre tenga que proveerse del recurso a partir de una conexión a la red pública, pero fuera de la vivienda, o a través de otras fuentes, tales como una pipa, un pozo, un río u otra vivienda. De nuevo, la diferencia más marcada se observa entre hogares rurales en condiciones de pobreza alimentaria y hogares urbanos sin pobreza, ya que sólo uno de cada tres hogares rurales pobres tiene una conexión a la red pública en el interior de la vivienda, mientras que casi 90% de hogares urbanos sin pobreza cuenta con este servicio.

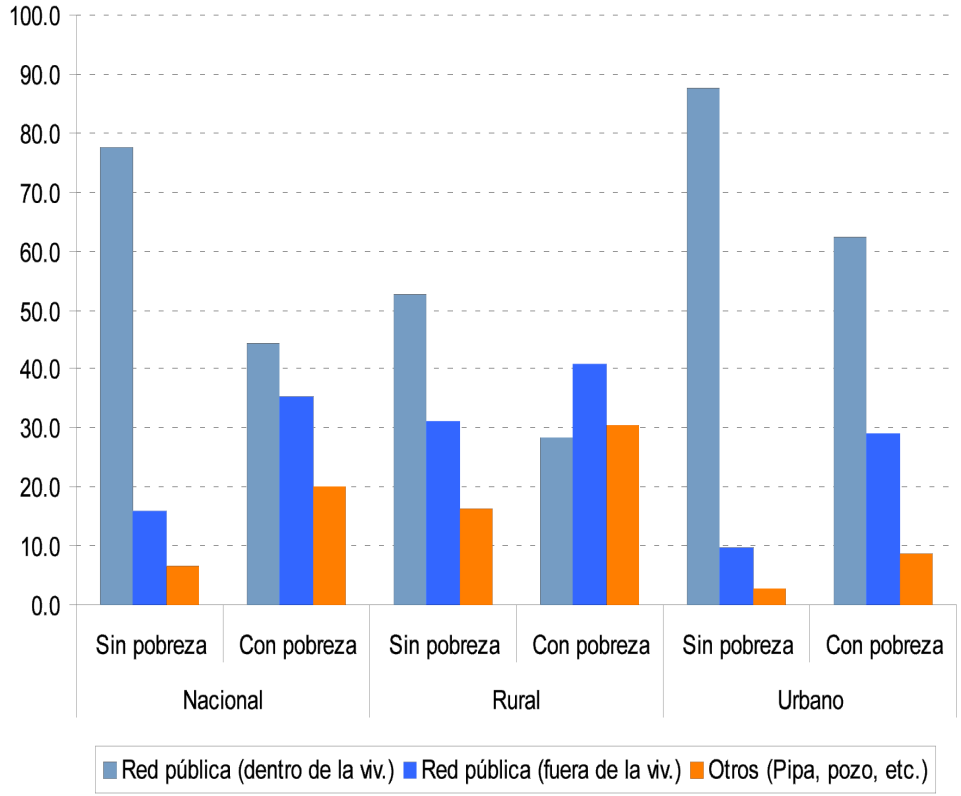


Figura 7 Fuente del agua en Viviendas Particulares Habitadas según condición de pobreza alimentaria
Fuente: Elaboración propia a partir de información de Medición de la pobreza, CONEVAL. INEGI (2006).

Con lo que respecta al acceso a una conexión a la red pública de drenaje, la imagen es muy similar. Apenas 30% de los hogares pobres en zonas rurales tiene este tipo de conexión, en tanto que la cobertura para hogares urbanos sin pobreza es mayor a 90%. Es importante mencionar que 38% de los hogares pobres en zonas rurales no dispone siquiera de drenaje, lo cual implica que este tipo de hogares se enfrenta a condiciones adversas que probablemente representan mayores riesgos para la salud y de contaminación de las fuentes de agua.

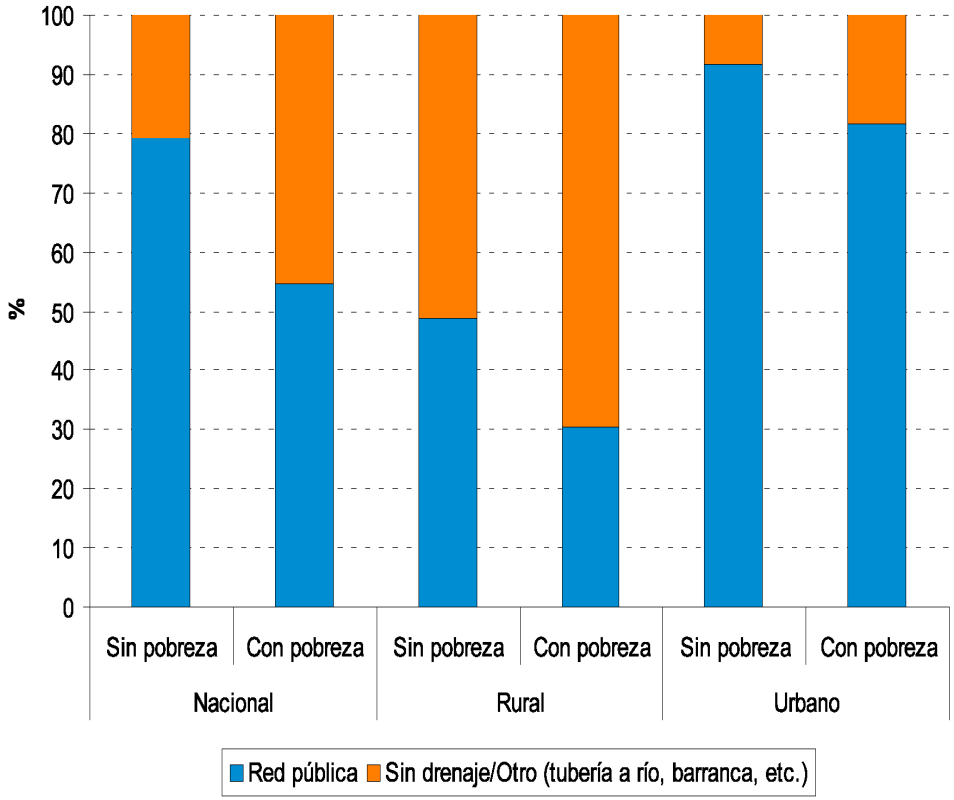


Figura 8. Disponibilidad de drenaje en Viviendas Particulares Habitadas según condición de pobreza alimentaria
Fuente: Elaboración propia a partir de información de Medición de la pobreza, CONEVAL. INEGI (2006).

Finalmente, en la Figura 9 se puede observar que el gasto en agua, como proporción del gasto total del hogar, es mayor para los hogares pobres que para los no pobres. Cabe mencionar que la diferencia es más acentuada en zonas urbanas donde un hogar pobre destina en promedio 3.4% del gasto total del hogar, lo cual contrasta con el promedio de 1.8% que destina un hogar no pobre. Lo anterior significa que un hogar pobre paga casi dos veces más (en términos relativos) que lo que paga un hogar no pobre en una zona urbana. A nivel nacional, esta relación es de 1.7 a 1 y de 1.6 a 1 para los hogares rurales. Es decir, para cubrir sus necesidades de agua, los hogares pobres tienen que sacrificar mayor proporción del ingreso que un hogar no pobre.

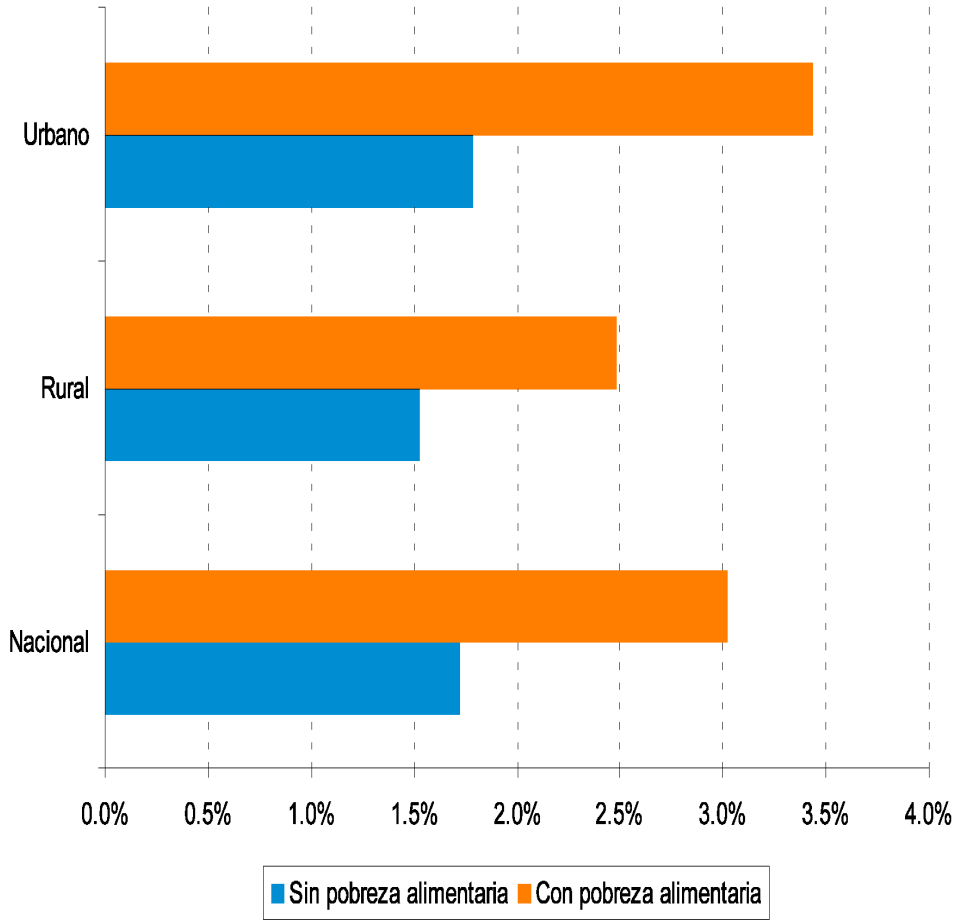


Figura 9. Gasto en agua como proporción del gasto total en Viviendas Particulares Habitadas según condición de pobreza alimentaria
Fuente: Elaboración propia a partir de Medición de la pobreza, CONEVAL. INEGI (2006).

Estos datos sólo hacen referencia a los gastos directos en el servicio; sin embargo, como se mencionó antes, el servicio frecuentemente presenta interrupciones y en ocasiones la calidad del líquido no es confiable. A nivel internacional, existe una literatura amplia que evalúa casos específicos que relacionan las características del servicio con los costos directos e indirectos derivados de las medidas de protección. En la mayoría de los países en desarrollo, es común la compra de agua a vendedores comerciales, el almacenamiento y el bombeo del líquido, los ajustes de horario de los miembros de la familia para desarrollar sus actividades según el momento en que reciben el servicio, o bien los procesos para asegurar los

estándares del agua para beber, tales como filtrarla o hervirla, e incluso comprarla embotellada. Se ha calculado, por ejemplo, que en Puerto Príncipe, Haití, los hogares más pobres pagan cerca de 20% de su ingreso en la compra de agua (Fass, 1988). Según el Banco Mundial (World Bank, 1992), el precio comercial del agua se ve influido por factores como la ubicación de la comunidad, el acceso a fuentes alternativas, así como el control y la competencia del mercado de reventa.

La compra de agua embotellada es una de las medidas de protección más costosas que se adoptan. México es el segundo consumidor de agua embotellada en el mundo, lo cual puede estar relacionado con diversos aspectos como el crecimiento de ese sector económico en el mundo, pero también existe evidencia de la relación entre compra de agua embotellada y las deficiencias del servicio, particularmente en términos de tandeos, mala calidad del agua o desconfianza en su calidad. Por esta razón, el gasto en agua embotellada es mayor entre los hogares pobres. Los resultados de una encuesta en el Distrito Federal arrojaron que en Iztapalapa, una de las delegaciones con menor nivel de ingreso de la entidad y con problemas severos de tandeos y calidad del líquido, 91% de los hogares consumen agua embotellada frente a 61% de los hogares de las delegaciones del poniente que registran mayores ingresos y mejores condiciones del servicio (Soto, 2007).

5.2 Cambios en la pobreza absoluta y los servicios públicos de agua

A partir del Censo de Población y Vivienda del año 2000 (INEGI, 2000), se analizaron los cambios que se han presentado en los niveles de pobreza alimentaria y en la provisión de los servicios públicos de agua. No se observa una relación fuerte entre la dinámica de ambos fenómenos, aunque en todos los casos el signo es el esperado (ver Figuras 10 a 12). En particular, se observa una relación mayor entre el incremento en los hogares que disponen de excusado y el porcentaje de hogares que redujo su nivel de pobreza. Se observa que la disponibilidad de drenaje también está asociada moderadamente a una reducción de la pobreza alimentaria. Sin embargo, la relación más débil se observa en lo que respecta a la disponibilidad de agua en el interior de la vivienda. Cabe mencionar que en todos los casos la relación pareciera ser menos que proporcional. Es decir, que cada incremento en la provisión de los servicios de agua está asociado a una reducción menos que proporcional en los niveles de pobreza.

La ausencia de una correlación fuerte no implica que no exista una relación causal. Para entender lo anterior, debemos tomar en cuenta que ambos fenómenos se ven influidos por otros factores cuya dinámica impacta tanto los niveles de pobreza como la cobertura de los servicios públicos de agua, como por ejemplo,

el nivel de actividad económica del país, la recaudación fiscal federal, etcétera. En este sentido, un análisis riguroso que permita cuantificar de manera aislada el efecto que tiene proveer de servicios públicos de agua a la población para reducir los niveles de pobreza deberá incorporar aquellos factores que incidan en ello. Cabe mencionar que el ejercicio anteriormente expuesto excede los alcances del presente trabajo, porque aquí sólo se tiene el objetivo de mostrar que ambos fenómenos ocurren de manera simultánea. No obstante, la pregunta sobre la magnitud del impacto que pudiera tener elevar la infraestructura de agua en reducir la pobreza es relevante y puede ser materia de futuras investigaciones.

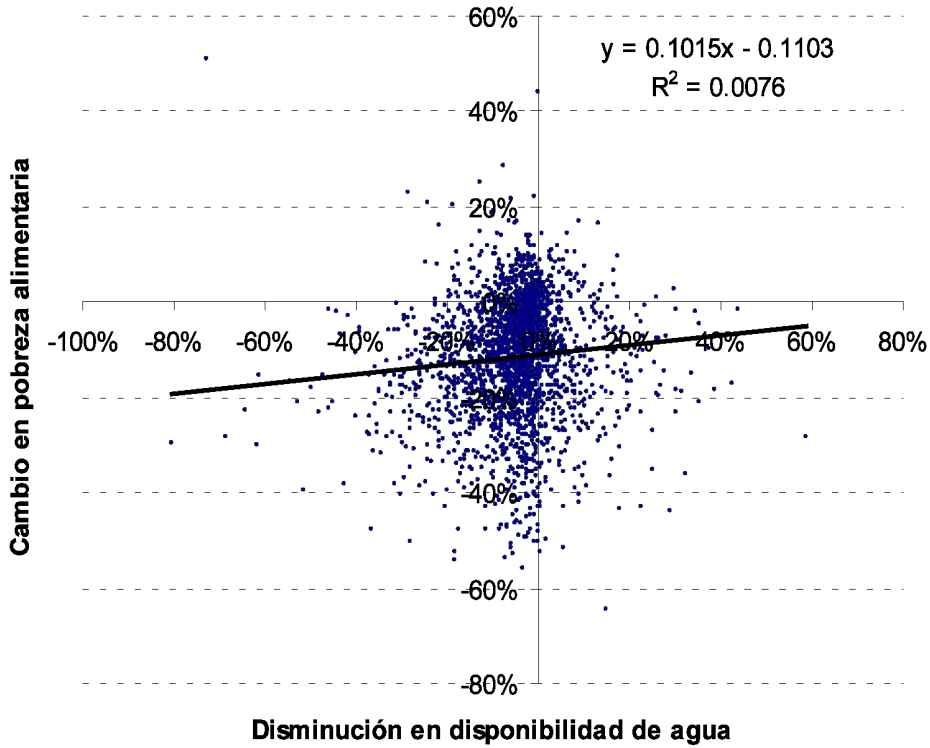


Figura 10. Cambio en el porcentaje de VPH sin agua entubada respecto al Cambio en el porcentaje de hogares en pobreza alimentaria (a nivel municipal)
Fuente: Elaboración propia a partir de Medición de la pobreza, CONEVAL. Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI, y II Conteo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

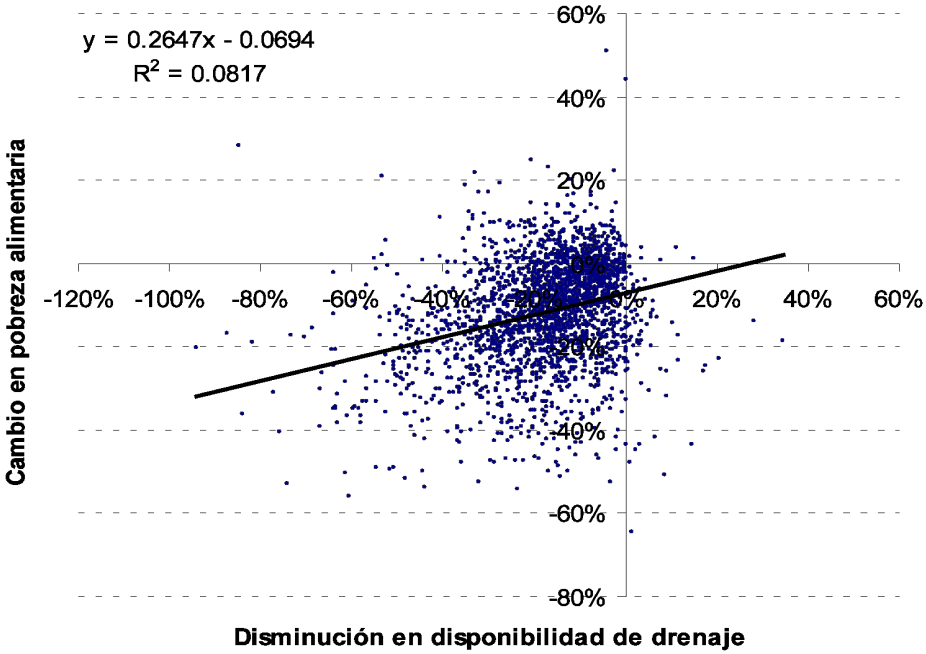


Figura 11. Cambio en el porcentaje de VPH sin drenaje respecto al Cambio en el porcentaje de hogares en pobreza alimentaria (a nivel municipal)
Fuente: Elaboración propia a partir de Medición de la pobreza, CONEVAL. Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI, y II Conteo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

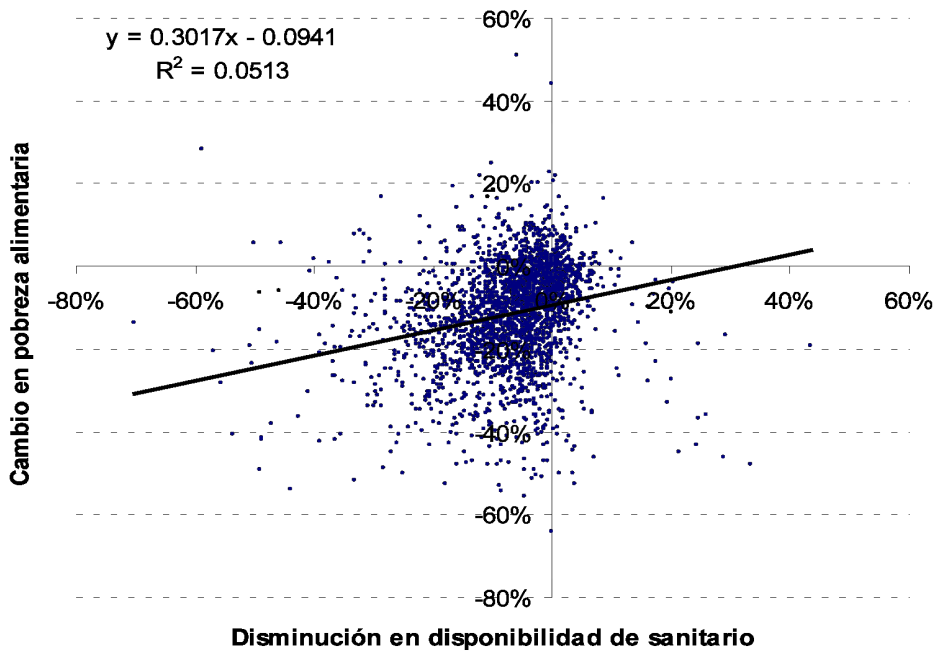


Figura 12. Cambio en el porcentaje de VPH sin sanitario respecto al Cambio en el porcentaje de hogares en pobreza alimentaria (a nivel municipal)
Fuente: Elaboración propia a partir de Medición de la pobreza, CONEVAL. Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI, y II Conteo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

5.3 Agua y pobreza relativa

Para la segunda parte del análisis se consideraron las variables que componen el índice de rezago socioeconómico que tienen que ver con el acceso al agua. En particular, se construyó un subíndice de rezago de servicios de agua por el método de componentes principales utilizando las siguientes variables: porcentaje de viviendas particulares habitadas (VPH) que no disponen de excusado o sanitario, porcentaje de VPH que no disponen de agua entubada de la red pública y porcentaje de VPH que no disponen de drenaje. Una vez construido este índice, se definieron cinco categorías de rezago (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) por el método de *Natural Break*, el cual maximiza las diferencias entre conglomerados (clusters) y busca la mayor homogeneidad al interior de ellos. Con estas categorías, se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para elaborar mapas temáticos que relacionaran el subíndice de rezago con el porcentaje de personas en pobreza alimentaria.

En las Figuras 13 y 14 se puede ver que el rezago en servicios de agua está correlacionado principalmente con los niveles de pobreza alimentaria.[12] Es importante mencionar que el elemento geográfico es importante para explicar ambos fenómenos. En particular, a lo largo de la Sierra Madre Occidental, así como en otros sistemas montañosos de México, se observan tanto altos niveles de pobreza como de rezago en servicios de agua. Lo anterior refleja que aquellos lugares donde es difícil proveer de agua a los hogares es más probable que se presenten menores niveles de ingreso. Es claro que la provisión de otro tipo de bienes públicos, como servicios de salud y educación, sea a la par problemático en estos lugares de difícil acceso y, por ende, que los bajos niveles de ingreso también sean explicados por dichos factores. En la Figura 15 se puede observar cómo efectivamente las demás dimensiones de la pobreza, como la educación, la salud y cuestiones patrimoniales, están estrechamente ligadas al rezago en servicios de agua.

Dicha Figura se generó a partir de un índice obtenido por el método de componentes principales, el cual toma en cuenta aquellos indicadores utilizados por el CONEVAL que tienen que ver con cuestiones de educación, salud y patrimonio, y excluye aquellos relacionados con los servicios de agua. Como se puede observar, la relación es muy similar a la que existe entre el rezago de servicios de agua y la pobreza alimentaria. Lo anterior era de esperarse y permite entender la multidimensionalidad de la pobreza.

La Figura 13 permite visualizar la situación de la región centro, donde se concentra por mucho el problema de pobreza y rezago en agua.

[12] Cabe mencionar que la relación de la carencia de servicios de agua y sanidad con la pobreza de capacidades y de patrimonio es muy similar a la encontrada con la pobreza alimentaria. No obstante, se presentan dos factores importantes que conviene esclarecer. Primero, se observa un mayor número de municipios con altos niveles de pobreza que al mismo tiempo presentan menores niveles de rezago en servicios de agua y viceversa. Lo anterior es lógico, porque si un hogar presenta pobreza de capacidades y de patrimonio pero no alimentaria, es probable que los requerimientos básicos para la supervivencia (como los de agua) estén cubiertos. En segundo lugar, todos aquellos hogares con pobreza alimentaria necesariamente presentan los otros tipos de pobreza. Estos dos factores implican que la representación geográfica de los otros niveles de pobreza sea similar a la encontrada en la pobreza alimentaria, pero que la correlación con el rezago en servicios de agua sea más débil.

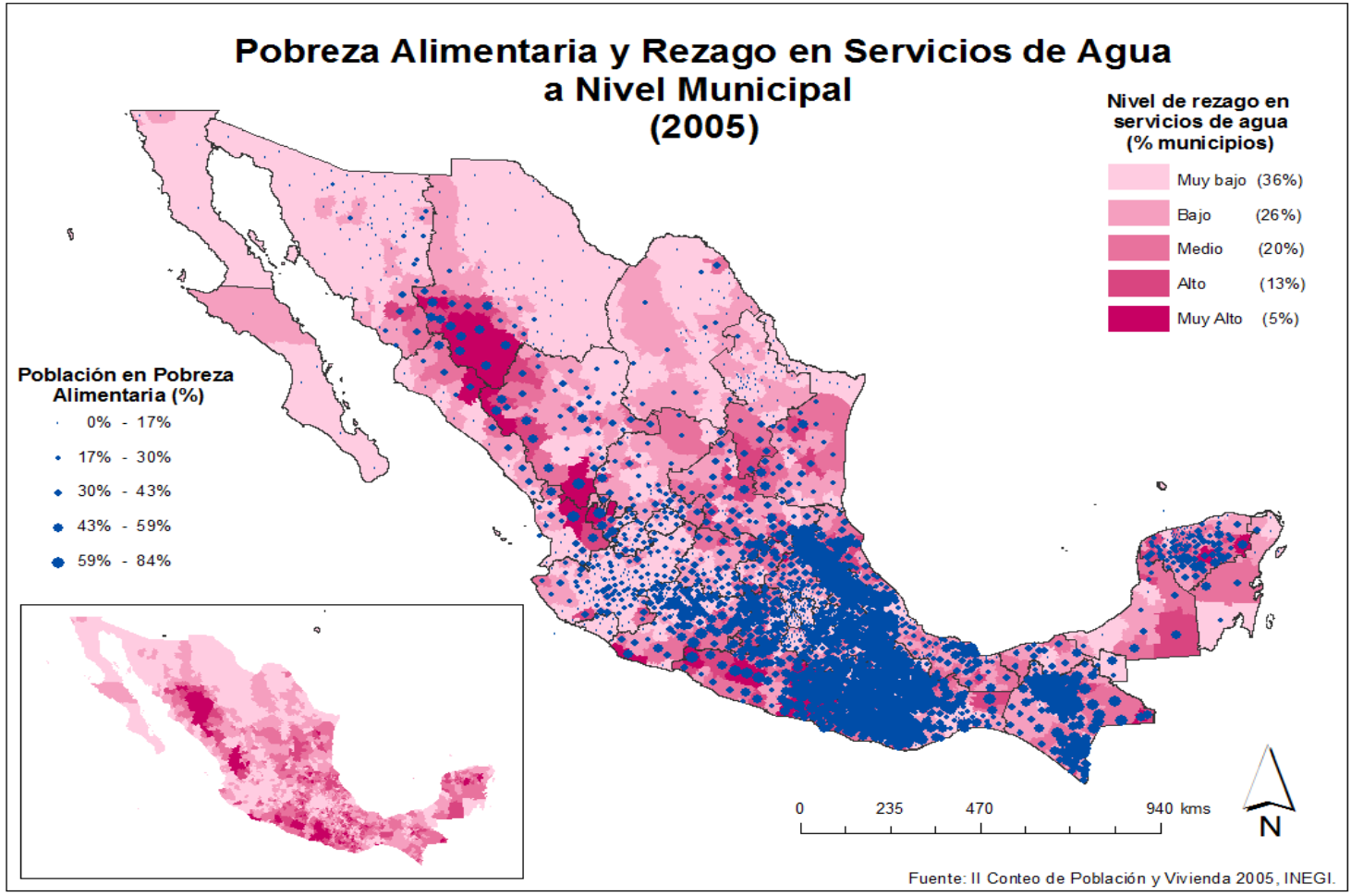


Figura 13. Pobreza alimentaria y rezago en servicios de agua. (Elaboración propia)

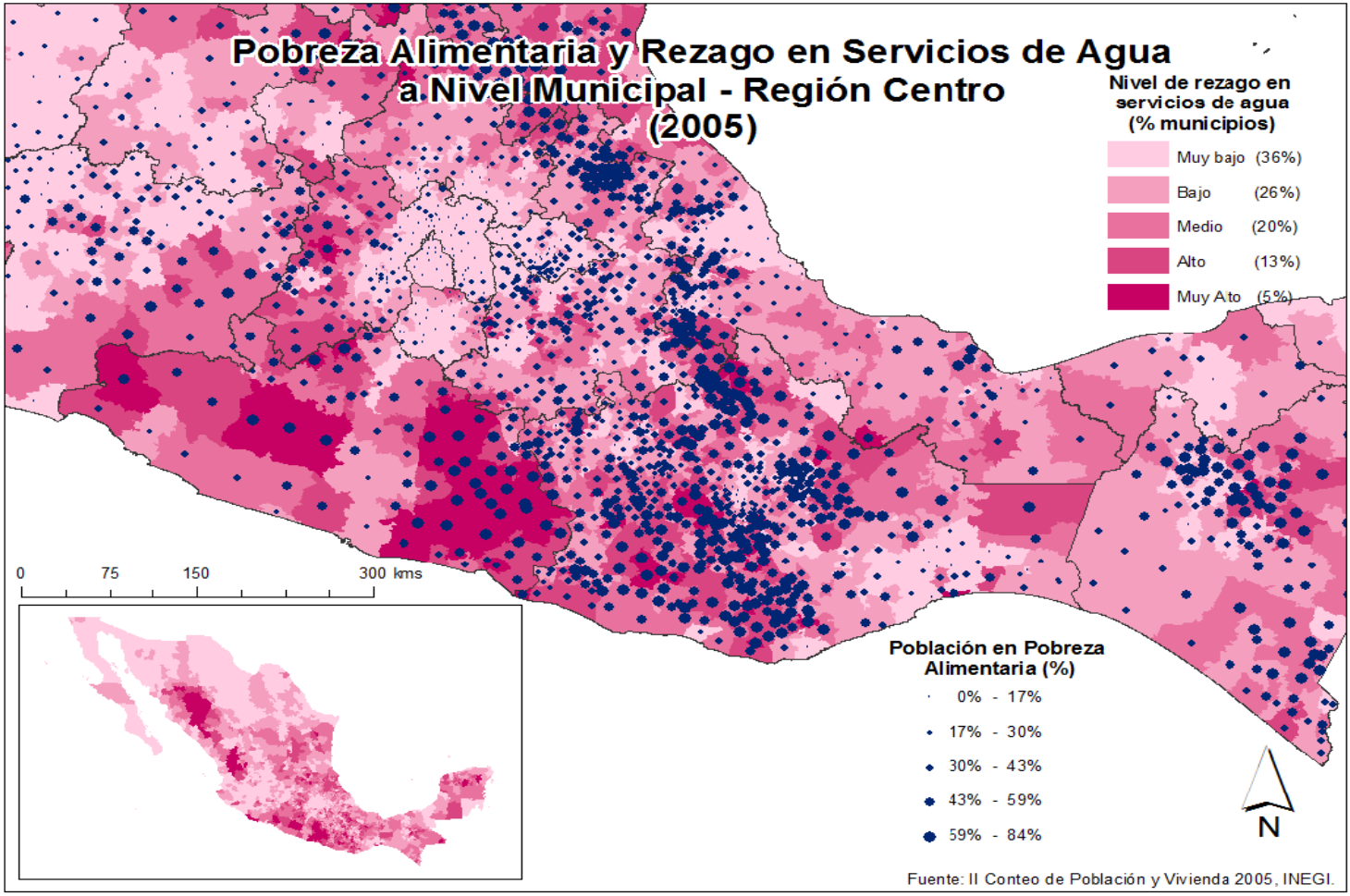


Figura 14. Pobreza alimentaria y rezago en servicios de agua (Región Centro). (Elaboración propia)

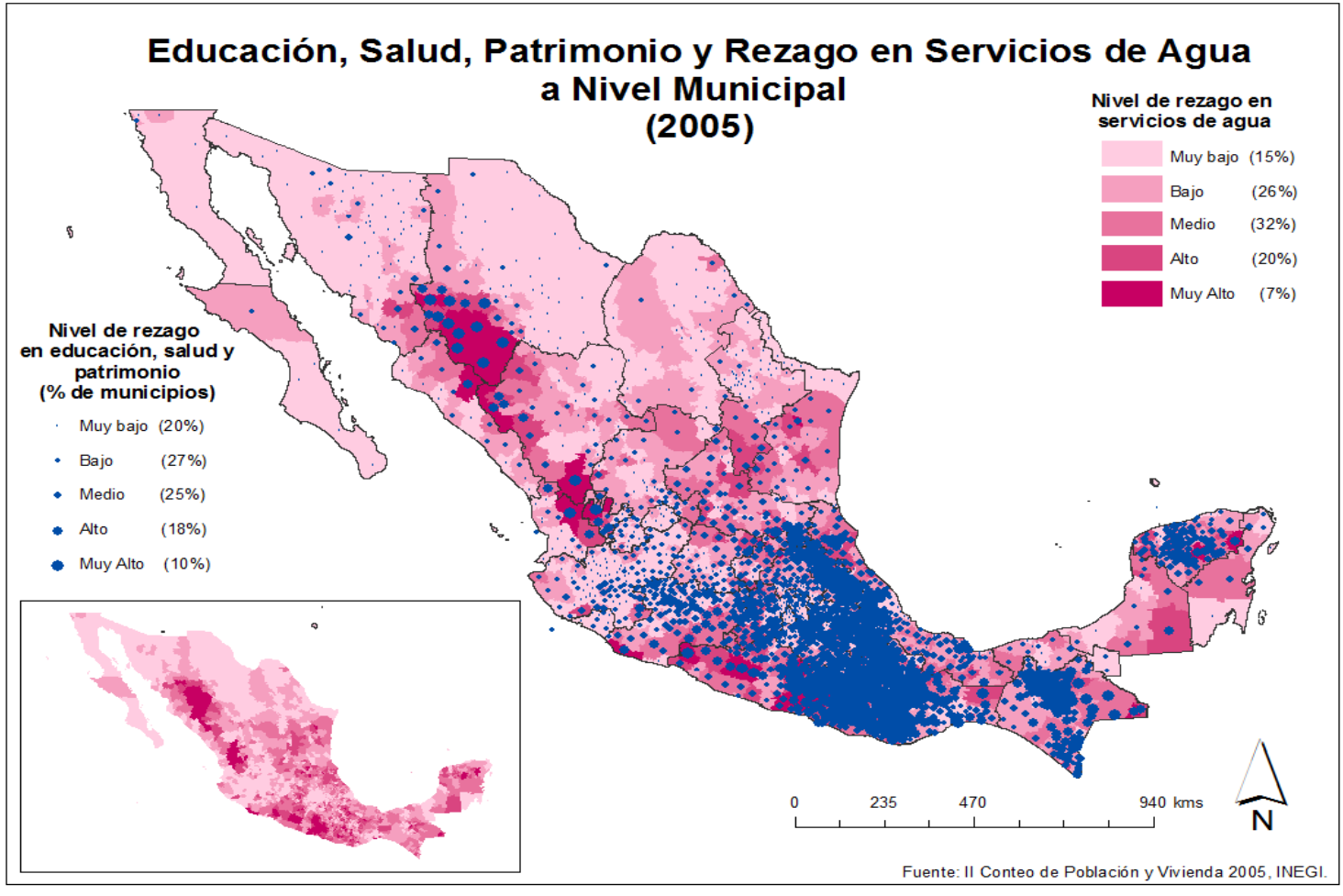


Figura 15. Educación, salud, patrimonio y rezago en servicios de agua. (Elaboración propia)

6. Tarifas de agua, subsidios y pobreza

Basado en diversos estudios, existe consenso entre los especialistas en cuanto a que el subsidio al agua en muchos países en desarrollo resulta perverso, porque los beneficios los disfrutan principalmente los hogares de mayores ingresos que cuentan con mejores servicios públicos. Desde el punto de vista teórico, los precios subsidiados del agua fomentan la sobreexplotación del recurso, puesto que aumentan no sólo su uso para consumo directo, sino también su uso como insumo para la producción. En términos de finanzas públicas, los subsidios reducen la capacidad de las autoridades para expandir y mejorar el servicio de los hogares pobres. Singh *et al.* (1993) describen esta situación como una "trampa de equilibrio de bajo nivel", ya que las tarifas reducidas limitan el ingreso del gobierno, por lo que las autoridades pueden reinvertir poco en el mantenimiento del sistema con un nivel de eficiencia bajo, lo que fuerza a los consumidores a complementar el servicio con otras fuentes.

Con base en información del INEGI, existen indicios acerca de que los subsidios a las tarifas de agua benefician en mayor medida a personas que tienen menores niveles de pobreza. Las tarifas de agua para uso doméstico en dos de las ciudades con nivel muy bajo de rezago en el país, Oaxaca de Juárez y Distrito Federal, son de 0.5 y 1.5 pesos por metro cúbico al mes, respectivamente. Estas tarifas están entre las más bajas de todo el país, y el promedio de las principales ciudades es de 4 pesos.[13]

A pesar de lo anterior, muchas autoridades todavía dudan sobre la conveniencia de modificar las políticas de precios del agua. Entre los aspectos que frenan el ajuste de tarifas están el temor de impactar de manera desfavorable a los hogares pobres; la debilidad institucional tanto de los organismos operadores como de las oficinas de recaudación, y consideraciones de carácter electoral. Independientemente de estas preocupaciones, los organismos internacionales concuerdan con que los gobiernos deben reconsiderar los subsidios, ya que no existen suficientes recursos nacionales ni internacionales para hacer frente a las necesidades de toda la población. Sin embargo, el verdadero reto está en evaluar las estrategias más convenientes para hacer los ajustes, pues resulta obvia la necesidad de mantener cierto nivel de subsidio para los sectores de más bajos ingresos.

Existen diferentes estudios en varias partes del mundo que evaluaron la disposición de pago de los hogares para que mejore el servicio de agua, en especial en comunidades rurales. En la mayoría de los casos, la disposición de pago es significativamente mayor a los precios subsidiados. Para una toma privada, varía desde 0.5 hasta 10% del ingreso familiar (Briscoe *et al.*, 1993). En el caso del

[13] http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb176&s=est&c=12460

Distrito Federal, un estudio similar arrojó que los hogares de bajos ingresos están dispuestos a pagar hasta 200 pesos bimestrales adicionales a su pago actual para que mejore el servicio, mientras que los hogares de ingresos altos pagarían más de 600 pesos bimestrales adicionales para evitar que el servicio se deteriore (Soto y Bateman, 2006). Esta aparente alta disponibilidad a pagar es relativamente fácil de explicar cuando se considera que los hogares que sufren problemas con el servicio ya están pagando, de por sí, una proporción significativa de su ingreso al comprar agua a vendedores privados, al almacenarla o al mejorar su calidad para el consumo directo.

7. Consideraciones de política

Ante la problemática descrita hasta ahora, una pregunta muy relevante para los responsables de la política es qué podrían hacer para darles seguridad a los más pobres en lo que a la provisión de agua se refiere. Para atender dicha interrogante, esta sección se centra en describir algunas políticas concretas que han identificado distintos especialistas sobre el tema.

El informe de desarrollo humano del año 2006 tuvo como tema sustantivo la pobreza y la crisis global del agua. En este documento se pueden identificar políticas generales que tienen como finalidad brindar seguridad de agua a las personas, particularmente a las que están en condiciones de pobreza. A continuación se presentan algunas opciones de política que se comentan en dicho documento y se expone una reflexión para cada una de ellas. Asimismo, la información se complementa con otros trabajos, los cuales se citan según sea el caso.

Progresividad en los sistemas de cobro

Como primer punto, hay un reconocimiento de que las personas más pobres difícilmente podrían cubrir la totalidad del costo asociado al servicio de agua. Por lo tanto, un esquema de cobro progresivo resulta necesario para brindar este servicio a los pobres. Dicho sistema debiera cobrar tarifas más altas a quienes tienen un poder adquisitivo mayor, con la finalidad de asegurar la sostenibilidad financiera del mismo. A partir de esta lógica, la estructura más común en muchos países es la tarifa de bloques incrementales (Boland y Whittington, 2000). Sin embargo, un aspecto que debe cuidarse es que actualmente el precio del primer bloque no aumenta de manera significativa conforme se incrementa el consumo, y el subsidio rebasa, por mucho, el volumen para cubrir las necesidades esenciales; por eso, casi todos los hogares reciben subsidios en prácticamente la totalidad de su consumo. Como se puede observar en la Figura 16, la estructura de bloques incrementales para Nueva Delhi y la Ciudad de México no cambia de manera sustancial hasta los 60 m^3; para el caso de Yakarta se observan ajustes más

importantes de un bloque a otro, y en Manila el precio del primero es alto, pero el cambio hacia el siguiente no es significativo. Según un análisis de Komivies y colaboradores (2006), pocas familias alcanzan a pagar precios reales, pues no llegan a un bloque tan alto en el que el precio rebase el subsidio, de manera que sólo 1% de los consumidores puede caer en esta situación.

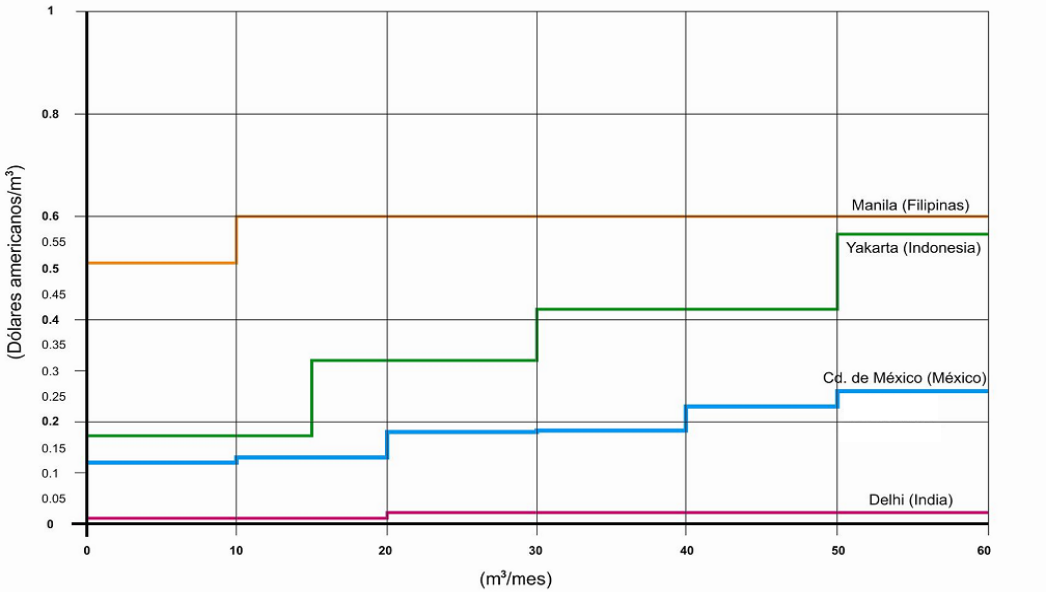


Figura 16. Ejemplos de estructura de bloques incrementales en megaciudades
Fuente: Adaptado de Boland y Whittington (2000), con información de GDF (2006) y Rosenthal (2001).

Asimismo, es importante tomar en cuenta que la disponibilidad de los hogares, incluso de los más pobres, es alta en comparación con las tarifas actuales, lo cual también puede disminuir presiones sobre la sostenibilidad financiera del sistema de cobro.

Un sistema de cobro progresivo tiene la virtud, además, de enviar la señal económica correcta a grupos de personas de alto consumo, quienes por lo general tienen un nivel socioeconómico alto, ya que, como se comentó antes, una tarifa subsidiada beneficia principalmente a hogares sin condiciones de pobreza, además de que envía una señal falsa de abundancia del recurso (PNUD, 2006). Sin embargo, cabe mencionar que una limitación de este tipo de medidas es que sólo puede funcionar cuando el servicio es medido.

Subsidios dirigidos

También debe reconocerse que quizá la sostenibilidad financiera no pueda ser alcanzada por el propio sistema. En estos casos, los subsidios pueden ser útiles siempre y cuando estén bien focalizados. Desafortunadamente, en la práctica las tarifas subsidiadas benefician a los hogares menos pobres. Un ejemplo de éxito se presentó en Chile, donde se otorga un subsidio desde 25 hasta 85%, que depende del nivel de ingreso del hogar. El subsidio cubre la parte faltante del costo de recuperación para un nivel de consumo de hasta 15 m^3 al mes, y lo otorga el gobierno a la compañía de agua. Un punto a favor del sistema es que el subsidio no se aplica para consumos mayores al límite establecido, lo cual disminuye la distorsión en el mercado. No obstante, como apunta el documento citado, una desventaja para replicar este sistema es que cada hogar debe contar con un medidor de agua, lo cual es mucho menos frecuente en los hogares pobres (PNUD, 2006).

Otro esquema de subsidios dirigidos es el focalizado por zona, aunque aquí debe considerarse la factibilidad de encontrar criterios de selección que se aproximen, de manera confiable, a las condiciones de pobreza, pues un problema común es beneficiar a muchos hogares no pobres que entren en las zonas seleccionadas; otro problema que puede ser menos común, pero grave, es cobrar un precio alto a los usuarios pobres que se localicen en una zona sin subsidios (Foster *et al.*, 2000). Los países que utilizan este esquema de diferenciación de tarifas por zona establecen precios en función del ingreso de los hogares, de manera que se han utilizado mecanismos como el valor de las propiedades o las características de las viviendas y el volumen asociado de consumo. En algunos organismos operadores del Estado de México han utilizado este esquema, y a nivel internacional existen casos en Dinamarca, Holanda, Inglaterra, Australia y Barcelona, en España (Álvarez García *et al.*, 2003; OECD, 1987). La distribución espacial de la pobreza, la capacidad administrativa de las autoridades para seleccionar a los hogares pobres, la eficiencia en el diseño e implementación del esquema son fundamentales para alcanzar los objetivos deseados.

Aumento de tarifas y recaudación del sector

En el contexto nacional, los subsidios a los organismos operadores son sumamente onerosos para los gobiernos locales. La Comisión Nacional del Agua reportó que los 2,300 organismos operadores del país tuvieron ingresos por 16,000 millones de pesos, que representan sólo 30% de la recaudación local esperada (Reforma, 17/8/2002). En el caso del Distrito Federal, en 2005, el subsidio alcanzó el 58%. Estos niveles de recaudación son insuficientes para aumentar la eficiencia del sistema. Una posible solución al déficit secular observado en este

sector sería el incremento en las tarifas por parte del organismo operador. Así, por ejemplo, en un estudio que se realizó en el Distrito Federal para analizar la disposición a pagar de los hogares, se calculó que existe la expectativa de recaudar aproximadamente 4,800 millones de pesos anuales. Si comparamos esta cifra con los 600 millones de pesos provenientes del sector doméstico, es cerca de siete veces menor que la disposición de pago agregada. El cálculo indica que se podrían obtener los recursos necesarios para modernizar el servicio y además reducir 70% el subsidio (Soto y Bateman, 2006). La recaudación del sector agua podría aliviar las finanzas locales y brindar a los gobiernos locales mayor autonomía financiera. Sin embargo, el tema ha permanecido politizado con un discurso que gira alrededor de la preocupación por afectar a los hogares pobres. Es importante considerar que existen estrategias que podrían ayudar a los tomadores de decisiones a revisar los precios del agua de una manera aceptable para la sociedad en su conjunto.

Desacoplamiento de subsidios

Una forma de disminuir las distorsiones de mercado que provocan los subsidios consiste en convertirlos en apoyos directos al ingreso, que sean equivalentes a la cantidad que tendría que pagarse ante un incremento en las tarifas de agua, y mantener el nivel de consumo constante. De esta manera el efecto sobre el bienestar y sobre los fondos públicos es neutro, pero se disminuye el carácter distorsionante del subsidio (Ávila *et. al*, 2008).[14]

"Línea de pobreza del agua"

Otra práctica que puede implementarse para disminuir la presión sobre el recurso a la vez de brindar apoyo a los más pobres consiste en subsidiar, o incluso brindar de manera gratuita, cierta cantidad de agua que permita cubrir las necesidades básicas y, una vez consumida dicha cantidad, cobrar una tarifa que permita recuperar el costo (PNUD, 2006). Las debilidades que aplican a este enfoque son similares a las comentadas para la progresividad en los sistemas de cobro y los subsidios.

Restricciones de oferta

La modificación de tarifas es particularmente difícil desde el punto de vista de las autoridades. Por ello, quizá la restricción de oferta para usuarios que consumen grandes cantidades de agua pudiera ayudar a reducir costos y enfrentar la escasez

[14] En Ávila *et al.* (2008) se pueden consultar las mejoras en tecnología potenciales que pudieran derivarse de la adopción de este tipo de esquema, en el contexto del mercado de agua usada para riego.

del recurso. Estos ahorros pudieran destinarse a proveer de agua a hogares pobres, los cuales comúnmente tienen menores niveles de consumo (Howitt y Medellín-Azuara, 2008).[15], [16]

Cabe mencionar que las medidas anteriores presuponen que los hogares están en efecto conectados a la red de agua; no obstante, una gran proporción de éstos carecen de una conexión. Además, este problema es todavía más difícil de atender cuando se trata de hogares con niveles más altos de pobreza, porque por lo general están localizados en zonas de difícil acceso, lo cual está directamente relacionado con el costo que supondría dotarlos de una conexión a la red pública.

Provisión de agua en asentamientos irregulares

Usualmente los asentamientos irregulares carecen del servicio porque brindarles de conexiones de agua pudiera interpretarse como una legitimación de los derechos de propiedad. Para este tipo de hogares, la situación es en especial complicada porque implica solucionar aspectos de carácter legal. No obstante, un caso exitoso en Manila es expuesto en el PNUD (2006). Una compañía de agua colocó tuberías subterráneas alrededor de este tipo de asentamientos y permitió que los hogares se conectaran a la red por medio de tubos de plástico colocados en la superficie, que son mantenidos por asociaciones de residentes y por organizaciones no gubernamentales (PNUD, 2006).

Sin embargo, debe mencionarse que no en todos los casos es deseable este esquema. Por ejemplo, en el caso del Distrito Federal, varios asentamientos irregulares se encuentran en zonas del Suelo de Conservación del Distrito Federal, que son áreas de gran valor ambiental precisamente por su capacidad de recargar el acuífero. De esta manera, las personas que se asientan en estos terrenos pueden estar afectando la posibilidad de que las generaciones futuras disfruten del mismo derecho (CDHDF, 2008).

Participación de los hogares en la conexión

Otra forma de dotar de conexión a los hogares pobres es mediante la participación de los miembros del hogar en la conexión con el sistema de agua. De esta

[15] Los autores apuntan que las decisiones de producción agrícola son menos sensibles a restricciones de oferta que a aumentos de precios. Si bien nuestro contexto es diferente, lo anterior puede ser un indicio de que este tipo de política también puede ser efectiva para el caso de los hogares. No obstante, se requiere mayor información.

[16] Debe tomarse en cuenta que se está suponiendo de manera implícita que el servicio de agua está medido y que no hay restricciones legales para adoptar esta medida. Una forma de solucionar el aspecto legal es garantizar el consumo del nivel mínimo de agua para la supervivencia y restringir la oferta para niveles superiores.

forma disminuyen el costo de la instalación al *pagar* con su dotación de trabajo. Este enfoque tiene un impacto limitado porque de nuevo la pobreza está relacionada con el factor geográfico, el cual a su vez está relacionado con el costo de la conexión. Varios estudios muestran una notable disposición a pagar por la instalación de tomas públicas y privadas por parte de los hogares pobres (Goldblatt, 1999; Bohm *et al.*, 1993; North and Griffin, 1993; Reddy, 1999), aunque es probable que dicho pago no sería suficiente para cubrir los altos costos de inversión cuando éstos se ubican en lugares de muy difícil acceso. Por lo tanto, esta práctica beneficia a sólo una proporción de hogares relativamente menos pobres y sin duda no a los que se encuentran muy alejados geográficamente (PNUD, 2006). Por otra parte, hay estudios que muestran que el mayor número de fugas y de agua perdida por este medio ocurre en las tuberías que han sido colocadas por la propia población, debido a la inexperiencia en este tipo de prácticas.

Estrategia de la inversión pública

Es claro que la inversión pública en crear infraestructura para dotar de agua a los hogares, particularmente en zonas rurales, es la opción más deseable desde el punto de vista de la equidad. Al mismo tiempo, es la que requiere una mayor cantidad de recursos públicos. Ante esta restricción, es útil recurrir a instrumentos financieros que permitan disminuir las presiones sobre los recursos escasos. Como ejemplo, el municipio de Tlanepantla, Estado de México, en el año 2003, emitió un bono de diez años, el cual fue respaldado por el gobierno local. Este crédito goza de una calificación crediticia muy alta y permitió disminuir la presión sobre las finanzas públicas (PNUD, 2006).

Esta experiencia ejemplifica cómo la planeación financiera es muy relevante, y que el desarrollo de los mercados financieros y la participación del gobierno en ellos es una herramienta útil para llevar a cabo las inversiones requeridas.

Aspectos técnicos, normativos y legales

Bosch *et al.* (2002) argumentan que comúnmente las normas de ingeniería para la provisión de agua son generadas en países desarrollados y que los menos desarrollados las adoptan. No obstante, la tecnología va evolucionando más rápido que las normas y probablemente existan formas más baratas y eficientes de proveer el recurso a hogares pobres. Por ello, conviene evaluar tanto las instalaciones físicas como las normas aplicables y determinar si existen formas más eficientes de dirigir la inversión pública. Lo anterior resulta en especial importante en un país como México, donde se pierden alrededor de 40 de cada 100 litros que se distribuyen en toda la red, de acuerdo con estimaciones del Centro Mexicano de Capacitación de Agua y Saneamiento (Reforma, 08/03/2006).

Debe mencionarse, además, que el hecho de que las autoridades inviertan cuantiosos recursos financieros para aumentar la red de distribución ha llevado a desatender el mantenimiento de la red existente, lo cual origina problemas severos de fugas, que se controlan recortando el servicio y reduciendo la presión del líquido. En este sentido, es fundamental que se inviertan los recursos necesarios para mantener los sistemas de distribución.

8. Conclusiones

Más de 1,100 millones de personas en países en desarrollo no tienen acceso a agua limpia. Además, 2,600 millones de personas no tienen servicios de drenaje adecuados. En México, la cobertura del servicio de agua y drenaje han aumentado paulatinamente y esto ha servido para aliviar la condición de hogares en pobreza; sin embargo, todavía 22 millones de personas no tienen acceso a servicios de drenaje y 3 millones carecen de servicio de agua potable. Los impactos de la escasez y contaminación del recurso afectan a grandes sectores de la población, pero de manera desproporcionada a los pobres, debido a las condiciones de sus viviendas y a la provisión inadecuada de servicios básicos como el agua y drenaje. Por tanto, la relación agua y pobreza es de la mayor importancia desde el punto de vista de salud pública y equidad social.

Si bien analizar la relación que existe entre la pobreza y la problemática del agua es una tarea compleja por la inherente circularidad que existe entre ambos fenómenos, en este trabajo se presentó evidencia acerca de que los pobres se enfrentan a situaciones más difíciles para proveerse de agua. En particular: (i) la población infantil en zonas pobres es más propensa a sufrir una muerte por alguna enfermedad relacionada con la carencia de servicios de agua y sanidad; (ii) la marginación está relacionada con la falta de infraestructura sanitaria en las escuelas; (iii) los hogares pobres son más propensos a recibir agua con interrupciones; (iv) igualmente son más propensos a no disponer de una conexión a la red pública, y (v) también son más propensos a no disponer de drenaje. Asimismo, estos hogares tienen que destinar una proporción mayor de su ingreso para proveerse del vital líquido.

Además, este análisis permitió revelar que distintos problemas sociales, como la falta de acceso a los servicios de agua y sanidad, los bajos niveles de ingreso, la marginación entendida como privación de servicios educativos y escolares, e incluso la inequidad de género, se presentan de manera simultánea y están interrelacionados. En este sentido, la pobreza de agua debe entenderse, dentro de un contexto integral, como causa y efecto de las distintas dimensiones de la pobreza.

El análisis geográfico mostró que la pobreza y los problemas de agua se concentran a lo largo de la Sierra Madre Occidental y otros sistemas montañosos,

pues se asocia con las condiciones de difícil acceso. Las entidades federativas donde se encuentran mayor número de hogares con problemas relacionados con agua y aspectos de salud son Chiapas, Oaxaca y Puebla.

Se describió de manera sucinta cómo las tarifas tienen un efecto regresivo, pues al adoptarse esquemas de subsidios generalizados, éstos benefician principalmente a hogares sin pobreza y envían una señal equivocada de abundancia del recurso.

Por último, se describieron algunas opciones de política que pueden coadyuvar a solucionar el problema. En particular, se comentó la necesidad de otorgarle progresividad al sistema de cobro de agua y de fortalecer su sostenibilidad financiera. Se describieron varias características de los subsidios y de cómo pudieran subsanarse algunos de los efectos distorsionantes que provocan. Asimismo, se comentaron algunas opciones para solucionar la falta de conexiones de los hogares pobres, tales como el tandeo, la participación de los hogares en la instalación de conexiones y la importancia del financiamiento para la inversión pública.

En particular se recomienda dirigir con mayor eficiencia los subsidios de agua y revisar las tarifas, con el objetivo de aumentar la recaudación de los organismos operadores y permitirles mejorar el servicio de los hogares pobres. En este sentido, es evidente que el manejo del sistema de abasto de agua es también un asunto fiscal que puede convertirse en un instrumento de combate a la pobreza.

De lo presentado, se puede concluir que los hogares pobres están expuestos a condiciones de exclusión desde distintas perspectivas. Sufren para tener acceso a agua limpia pero también para manejar de la manera más adecuada los desechos. Asimismo, la inequidad en la distribución del recurso y de su cobro mina sus posibilidades de superación. El agua es un elemento indispensable para la vida humana: una persona que no puede cubrir sus necesidades ve coartada su libertad y su capacidad para tener una vida digna. Por ello, los responsables de la política tienen frente a sí el reto de ayudar a los hogares pobres a superar esta problemática, la cual representa una trampa que impide que una importante proporción de la población eleve su calidad de vida y supere la pobreza.

Existen herramientas que pueden resultar efectivas para cumplir dicho objetivo. En particular, los responsables de la política tienen el reto de orientar la inversión pública a la dotación de agua en los hogares pobres. Desde una perspectiva de eficiencia económica, es claro que dicha inversión será más efectiva cuando el costo de una conexión a la red de agua y drenaje sea razonable. Cuando dicho costo exceda los beneficios potenciales, es conveniente adoptar para los hogares en cuestión un enfoque participativo y de desarrollo de capacidades en las comunidades, con el fin de que sean las personas que habitan en ellas las que contribuyan a mejorar la infraestructura, pero siempre con el apoyo y seguimiento de las autoridades involucradas. Aquí hablamos de un modelo ganar-ganar, en el que

el gobierno pueda focalizar los recursos financieros donde sean más efectivos, a la vez que pueda atender a los sectores de la población más rezagados, los cuales pueden invertir su capacidad de trabajo en algo concreto que elevará su nivel de vida.

Referencias

Álvarez García, S., M. García Valiñas y J. Suárez Pandiello (2003). "Tarifas no uniformes: servicio de suministro doméstico de agua", DOC. No. 8/03, Instituto de Estudios Fiscales, España: 1-24.

Ávila, P. (2008) "Legislación, política del agua e inversión pública en regiones indígenas", en El agua en México: Consecuencias de las políticas de intervención en el sector, H. R. Guerrero, A. Yúnez-Naude y J. Medellín-Azuara (comp.), FCE, Ciudad de México.

Ávila, S., A. Guevara y C. Muñoz (2008) "Cómo evitar el agotamiento de los acuíferos. Análisis del desacoplamiento del subsidio a la tarifa eléctrica de bombeo agrícola", en El agua en México: Consecuencias de las políticas de intervención en el sector, H. R. Guerrero, A. Yúnez-Naude y J. Medellín-Azuara (comp.), FCE, Ciudad de México.

Bohm, R., T. Essenburg y W. Fox (1993). "Sustainability of potable water services in the Philippines", en *Water Resources Research,* 29 (7): 1955–1963.

Boland, J. J. y D. Whittington (2000). "The Political Economy of Water Tariff Design in Developing Countries: Increasing Block Tariffs versus Uniform Price with Rebate", en A. Dinar. *The political economy of water pricing reforms,* Washington, D. C., World Bank by Oxford University Press: 215-236.

Bosch C., K. Homman, C. Sadoff y L. Travers (2002). *Agua, saneamiento y pobreza*, Banco Mundial, Washington, D.C.

Breña, F. A. (2004). Gestión integral del recurso agua, en M. A. Villa y E. Saborio (coords.), La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable (pp. 39-54). México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Briscoe, J., D. Whittington, M. A. Altaf, P. F. Decastro, C. Griffin, A. Okorafor, A. Okore, B. Singh, R. Ramasubban, P. Robinson y V. K. Smith (1993). "The Demand for Water in Rural-Areas - Determinants and Policy Implications", en *World Bank Research Observer*, **8** (1): 47-70.

CDESC, Observación general núm. 15 (2002). El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales), 29º período de sesiones, Comité sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales.

CONAPO (2005). *Índices de Marginación 2005*, CONAPO, Ciudad de México.

CONEVAL (2007). *Los mapas de Pobreza en México: Anexo técnico metodológico*, CONEVAL, Ciudad de México.

Fass, S. M. (1988). *Political economy in Haiti: the drama of survival*, New Brunswick, N. J., Transaction Books.

Fisman R. y Miguel E. (2008). *Economic Gangsters: Corruption, Violence and the Poverty of Nations*, Princeton University Press, N. Jersey.

Flores, M. L. (2002). "La medición de la pobreza en México", *Boletín del CESOP,* núm. 1.

Foster, V., A. Gómez-Lobo y J. Halpern (2000). *Designing direct subsidies for water and sanitation services: Panama. A case study*, Washington, D. C., World Bank Latin America and Caribbean Region Finance Private Sector and Infrastructure Sector Unit.

GDF (2006). *Código Financiero del Distrito Federal 2006*, México, D. F., Secretaría de Finanzas, Ciudad de México.

Goldblatt, M. (1999). "Assessing the Effective Demand for Improved Water Supplies in Informal Settlements: a Willingness to Pay Survey in Vlakfontein and Finetown, Johannesburg", en *Geoforum,* 30: 27-41.

Guevara, A. (2003). *Pobreza y Medio Ambiente en México: Teoría y evaluación de una teoría pública*, UIA/INE/INAP, Ciudad de México.

Howitt, R. E., J. Medellín-Azuara (2008) "Un modelo regional agrícola de equilibrio parcial. El caso de la cuenca del Río Bravo", en *El agua en México: Consecuencias de las políticas de intervención en el sector*, H. R. Guerrero, A. Yúnez-Naude y J. Medellín-Azuara (comp.), FCE, Ciudad de México.

INEGI (2000). *Censo General de Población y Vivienda 2000*, INEGI, Ciudad de México.

—— (2005). *II Conteo de Población y Vivienda 2005*, INEGI, Ciudad de México.

—— (2006). *Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares 2006*, INEGI, Ciudad de México.

—— (2006). *Estadísticas a Propósito del Día Mundial del Agua: datos nacionales,* INEGI, Ciudad de México.

Izazola, H. (2001). "Agua y sustentabilidad en la Ciudad de México", en *Estudios demográficos y urbanos*, **16** (2): 285-320.

Komovies, K., J. Halpern, V. Foster y Q. Wodon (2006). "The Distributional Incidence of Residential Water and Electricity Subsidies", en World Bank Policy Research Paper 3878, April, 2006.

Legorreta, J. (30/3/2001). "Difieren sobre subsidio", en *Reforma,* México, D. F.

Lidonde, R. (2004). *Scaling up School Sanitation and Hygiene Promotion and Gender Concerns*. Artículo presentado en *School Sanitation & Hygiene Education Symposium*, Delft, Holanda.

North, J. H. y C. C. Griffin (1993). "Water Source as a Housing Characteristic - Hedonic Property Valuation and Willingness-to-Pay for Water", en *Water Resources Research,* **29** (7): 1923-1929.

OECD (1987). *Pricing of water services*, Paris, Washington, D. C., Organization for Economic Co-operation and Development.

PNUD (2006). *Human Development Report 2006, Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis*, UNDP, New York.

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT, 2008), Informe del proyecto "Diagnóstico sobre la situación y vulnerabilidad de los habitantes de Distrito Federal al no contar con el servicio de agua potable, con base para el análisis del derecho humano al agua y los derechos colectivos de los habitantes del Distrito Federal"

Reddy, V. R. (1999). "Quenching the Thirst: The Cost of Water in Fragile Environments", en *Development and Change*, 30 (1): 79-114.

Reforma (2006) "Desperdicia México 40% de agua en fugas", Reforma, 8-mar-2006.

Rijsberman, F. R. (2004). "Water Scarcity: Fact or Fiction?" New Directions for a Diverse Planet, Fourth International Crop Science Congress, 26 September–1 October, Brisbane, Australia.

Rosenthal, S. (2001). *The Manila water concessions and their impact on the poor*, New Heaven, Yale School of Forestry and Environmental Studies.

SACM (2008a). Volumen anual de agua entregada de fuentes locales y federales, Dirección de sectorización y automatización, informe interno del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

SEMARNAT (2008). *Estadísticas del Agua en México, Edición 2008*, SEMARNAT, Ciudad de México.

Sen, A. (1984). "Poor, Relatively Speaking", en Resources Values and Development, Harvard University Press.

Sen, A. (1991). *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Oxford University Press, New York.

Singh, B., R. Ramasubban, R. Bhatia, J. Briscoe, C. C. Griffin y C. Kim (1993). "Rural Water Supply in Kerala, India: How to Emerge from a Low-Level Equilibrium Trap", en *Water Resources Research,* 29 (7): 1931-1942.

Soto Montes de Oca, G. (2007). Agua: Tarifas, escasez y sustentabilidad en las megaciudades. ¿Cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la Ciudad de México? Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Universidad Iberoamericana, Centro de Estudios Jurídicos y Ambientales y Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F., México.

—— Montes de Oca, G. e I. J. Bateman (2006a). "Scope sensitivity in households' willingness to pay for maintained and improved water supplies in a developing world urban area: Investigating the influence of baseline supply quality and income distribution upon stated preferences in Mexico City", Water Resources Research, W07421: 1-15.

UNICEF (2006). *Progreso para la Infancia: Un balance sobre agua y saneamiento*, UNICEF, Nueva York.

WB (2008). *Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities*. [En línea]. Disponible en www.worldbank.org/eap/climatecities

WHO, WHO/UNICEF Joint Water Supply/Sanitation Monitoring Programme, Water Supply and Sanitation Collaborative Council and UNICEF (2000). Global water supply and sanitation assessment 2000 report, Geneva, Switzerland, New York, World Health Organization, United Nations Children's Fund.

World Bank (1992). *World development report 1992: Development and the environment*, Oxford, Oxford University Press.

16. Pueblos indígenas, agua local y conflictos

Francisco Javier Peña de la Paz*
Edna Herrera Pinedo**
Luis Enrique Granados Muñoz***

Resumen

No todos los actores sociales han sido considerados por igual en las políticas federales de gestión del agua. Hasta ahora, en el diseño y ejecución de las mismas son invisibles los pueblos y comunidades indígenas, pese a que en sus territorios se precipitan importantes volúmenes de agua superficial que alimentan las corrientes y acuíferos del país, y a que esas comunidades tienen un papel muy importante en la conservación de la cubierta vegetal en las partes altas de las cuencas. Este trabajo analiza las relaciones sociales que se establecen en esas comunidades para la regulación del acceso al agua y la protección de las fuentes que las abastecen, bajo la hipótesis de que se trata de formas de gestión de agua local. Se abordan casos donde esas regulaciones parecen estar funcionando con relativa estabilidad y aquellos donde son sometidas a prueba por presiones internas o por modificaciones externas, como la construcción de grandes embalses.

Palabras clave:

Agua local, conflicto, pueblos indígenas, territorios.

* Investigador del Programa Agua y Sociedad, El Colegio de San Luis.
** Estudiante de la Maestría en Asuntos Políticos y Políticas Públicas, El Colegio de San Luis.
*** Estudiante de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, Universidad Autónoma de Querétaro.

Introducción

En las dos últimas décadas, a nivel internacional los pueblos indígenas han ido ganando un espacio de mayor visibilidad pública en los asuntos relacionados con la administración y propiedad del agua, sobre todo a partir de la disputa que se ha manifestado en aquellos lugares donde la intervención gubernamental o privada ha significado la pérdida de derechos para los pueblos asentados a las riberas de los ríos o en lugares especialmente húmedos, como la cuenca Amazónica o las selvas centroamericanas. En México, la administración federal del agua no se ha caracterizado por tomar en cuenta a las comunidades indígenas, lo que se nota particularmente en la ausencia casi absoluta de representaciones indígenas en los Consejos y Comités de Cuenca y en que las decisiones más trascendentes de la gestión del agua se toman -e históricamente se han tomado- sin ellas o contra ellas, como es el caso de las obras para trasvases y de prácticamente todas las grandes represas construidas en el México independiente, que alteran los territorios donde viven los pueblos originarios.

Este trabajo analiza algunas formas de relación que las comunidades indígenas de México establecen para el acceso, uso y distribución del agua y los conflictos intra y extracomunitarios que se asocian a este proceso, bajo la hipótesis de que se trata de una forma de gestión de agua local, donde la identificación del grupo que la utiliza, protege y reclama está sostenida por su condición de adscripción lingüística o cultural y sobre todo por los alcances del gobierno que la comunidad ejerce o puede ejercer en su territorio. Nuestro objetivo es llamar la atención sobre lo que el análisis de este tipo de relaciones puede ofrecer a la investigación social de la crisis de la gestión del agua, por dos razones que en los pueblos indígenas se hacen más evidentes: la imposibilidad de separar práctica y simbólicamente el agua del territorio; y dos, el ejercicio del acceso al agua como un derecho territorial colectivo, que termina matizando o restringiendo la perspectiva mercantil que se intenta imponer en ese terreno.

Desde el ámbito gubernamental, la crisis de la gestión del agua en México ha sido abordada como un fenómeno preferentemente urbano, que se manifiesta en la fragilidad del abasto a las ciudades, sobre todo a las grandes, y que se resolvería con la aplicación de mecanismos de mercado. Con el propósito de combatir la escasez, definida como problema principal, los distintos componentes de la política federal en el sector se han orientado durante los últimos 25 años a promover una nueva reasignación y concentración del agua, para llevarla de las actividades "improductivas" a las "rentables". Se busca garantizar volúmenes crecientes de la mejor calidad de agua para las actividades industriales y de servicios, la gran propiedad agroexportadora y la demanda urbana.

El agua para las actividades rentables se ha buscado principalmente de dos maneras: comprando, despojando y desplazando de los derechos de agua a los campesinos y pequeños agricultores y concentrando los derechos del "agua libre" o sin concesión federal, así como incrementando la extracción de los acuíferos (Moreno, 2006) y la conducción del agua superficial a nuevos embalses para su distribución o venta y uso en generación de energía.

Las políticas de lo que Aboites (2009) ha denominado el agua mercantil-ambiental no otorgan importancia a procesos significativos para comprender la crisis de la gestión del agua. Estos procesos son el tipo de manejo territorial que se realiza en las áreas de captación de las lluvias; la autoorganización de cientos, miles, de pequeñas localidades y comunidades para el abastecimiento del agua doméstica; el sofisticado conocimiento y organización de las comunidades campesinas que permiten cosechar amplias superficies de agricultura de temporal y pequeño riego, y las afectaciones sociales que, en ámbitos como la seguridad de las viviendas, el abasto de alimentos y la salud, ocasionan los procesos de concentración de derechos de agua por parte de la industria, la especulación inmobiliaria o la generación de energía eléctrica para las ciudades. En todos estos procesos, las comunidades indígenas de México son actores destacados.

Las ideas que aquí se exponen para el caso de México son producto de nuestra experiencia como integrantes del programa "Ley de aguas y derechos indígenas".[1] Esa investigación identificó nuevos grupos de interés, sobre todo los grandes centros urbanos y en particular el capital inmobiliario, las empresas agroexportadoras, industriales, mineras y de energía que están protagonizando lo que podríamos llamar una nueva colonización. Estos actores entran en los territorios de pueblos indígenas y comunidades campesinas y, haciendo caso omiso de los acuerdos y las reglas locales que habían venido regulando el acceso a ese líquido, se reapropian de una porción sustantiva de los derechos de agua existentes.. Esa reapropiación del agua a menudo lleva a transformaciones territoriales profundas que desatan o aceleran procesos de cambio en la vida de esos pueblos. Ese despojo de derechos locales del agua se realiza con el acompañamiento de la fuerza o la legitimación por parte de los gobiernos de esos países, y se enfrenta a niveles distintos de resistencia por parte de las comunidades afectadas (Gelles, 2006; Peña, 2004).

Estamos en presencia de una profunda reorganización de los derechos del agua, la cual lleva la inequidad social a un nivel crítico y expresa un fenómeno contemporáneo alarmante: escasez de agua para la vida (abasto doméstico, conservación de la salud, agricultura campesina, pesca) y abundancia de agua para el

[1] Water Law and Indigenous Rights (WALIR) entre 2003 y 2007 investigó seis países americanos: Ecuador, Bolivia, Perú, Chile, México y Estados Unidos (Boelens, 2002).

capital.[2] Uno de los grupos sociales más afectados en ese proceso son los pueblos nativos del subcontinente.

El texto está dividido en cuatro partes: en la primera se aclara el sentido en el que se utilizan los conceptos de territorio indígena y agua local. La segunda está dedicada a la importancia social y cultural del agua en la construcción territorial indígena en México. En la tercera sección hacemos un recuento de algunos asuntos conflictivos en la relación de los pueblos indígenas con el Estado, a partir del ejercicio de derechos territoriales y disposición del agua. La última parte está dedicada a las conclusiones.

1. El agua local en los territorios indígenas

México es un país de gran diversidad étnica y lingüística. El conteo de población de 2005 calculó un poco más de 10 millones de indígenas que hablan más de 62 lenguas y viven en todo el país, aunque se concentran principalmente en los estados del centro y del sur.[3] Las entidades con mayor población originaria son Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Yucatán, Estado de México y Puebla, con entre 900 mil y hasta millón y medio de habitantes indígenas en cada uno de ellos. Hidalgo, Guerrero, Quintana Roo, San Luis Potosí y Tabasco son otros estados con una numerosa población originaria. En la frontera mexicana con Estados Unidos destacan por su población indígena Sonora y Chihuahua.

Más allá del criterio numérico, que no es un asunto menor, para evaluar la importancia de los pueblos indígenas en el manejo del agua es necesario considerar los lugares donde habitan, cultivan, trabajan y gobiernan: es decir, sus territorios. Durante el debate reabierto por la insurrección zapatista de 1994,[4]

[2] Cada país estudiado tiene peculiaridades y situaciones heterogéneas en su interior. El sur chileno, con los mapuches, es distinto frente a las regiones interculturales donde confluyen más de dos pueblos indígenas en el centro y sur de México. Registramos procesos de organización y resistencia local vigorosos, como los experimentados por pueblos de la amazonia ecuatoriana frente a las compañías petroleras transnacionales. Finalmente, sobre un mar de políticas neoliberales destaca el proceso político que llevan adelante los pueblos originarios de Bolivia no sólo para defender sus derechos, sino para dirigir el Estado.

[3] El conteo de 2005 registró una ligera disminución de la población originaria a partir del criterio lingüístico. Sin embargo, según el criterio de autoadscripción, reconocido como fundamental en el ámbito internacional, la población indígena es mayor. En 2000, el Instituto Nacional Indigenista estimó 12 millones 707 mil indígenas (Serrano *et al.*, 2002).

[4] La madrugada del 1 de enero de 1994, el Ejército Zapatista de Liberación Nacional, formado por comunidades indígenas de una amplia zona de Chiapas, irrumpió en las ciudades de San Cristóbal de las Casas, Ocosingo, Altamirano, Las Margaritas y otras poblaciones y declaró la guerra al gobierno federal. Luego de cruentos combates en los primeros seis días de enero, una amplia movilización civil a lo largo del país, que demandaba paz y diálogo, obligó al gobierno de

la reivindicación de la autonomía indígena sobre el territorio enriqueció una discusión y un programa que venía de años antes. Durante ese proceso, hubo un momento que entre las comunidades y organizaciones indígenas e intelectuales indígenas y no indígenas se manifestaron diferencias sobre este punto, en las que podían distinguirse –de manera simplificada- dos grandes opiniones: una vertiente que identificaba a la comunidad como el principal ámbito donde se ejerce el gobierno indígena, y otra que propuso, bajo diversas fórmulas (remunicipalización, coaliciones de municipios indígenas y regiones autonómicas), un tipo de unidad territorial mayor como proyecto que había que defender e incluir en la reforma constitucional. Estas diferencias tenían que ver con percepciones distintas sobre el proceso de construcción política de la autonomía indígena en México. Algunos autores subrayan la síntesis de ambas posiciones, al considerar a la comunidad indígena como bastión o cimiento político para reconstruir el pueblo como sujeto de derecho.[5]

El asunto no está –ni de lejos- resuelto. El incumplimiento federal de los acuerdos de San Andrés dio como resultado la limitada reforma constitucional de 2001, en medio de una exacerbada campaña de los grupos más conservadores, quienes agitaron como peligro el fantasma del separatismo para negar los derechos territoriales a los pueblos indígenas.[6]

Para los propósitos que aquí nos ocupan, el debate que se protagonizó entonces sobre el asunto territorial, se puede ilustrar con la oposición entre la formulación de la propuesta presentada por la Comisión de Concordia y Pacificación

Salinas de Gortari a ordenar un alto al fuego por parte del ejército federal.

[5] "...no se puede olvidar que el sujeto titular de los derechos indígenas es el pueblo, no la comunidad indígena. *En esta coyuntura la comunidad indígena puede ser el cimiento de la autonomía pero no se puede renunciar a la utopía de reconstituir los pueblos indígenas* de los que forman parte para que éstos asuman la titularidad del derecho" (López Bárcenas, 2005, subrayado nuestro). Ver Díaz Polanco (1998) y Hernández *et al.* (2004).

[6] Después del alto al fuego y los primeros intentos de diálogo entre los insurgentes zapatistas y el gobierno federal, en marzo de 1995 se decretó la "Ley para el diálogo, la conciliación y la paz digna en Chiapas", y se formó la Comisión de Concordia y Pacificación (COCOPA) integrada por legisladores federales. Al amparo de esa ley se dan los Diálogos de San Andrés Larráinzar, donde la delegación gubernamental y los zapatistas abordarían cuatro grandes temas: Derechos y cultura indígena, Democracia y justicia, Bienestar y desarrollo y Derechos de la mujer indígena. En febrero de 1996, los zapatistas y el gobierno federal firman los acuerdos resultantes de la primera de las mesas. En noviembre de 1996 los zapatistas aceptan la iniciativa de ley redactada por la COCOPA, para dar cumplimiento a los acuerdos firmados. El gobierno de Ernesto Zedillo la rechaza. Cuando Vicente Fox asume la presidencia, envía el proyecto COCOPA al Congreso, pero el propio partido del presidente (PAN) se opone a aprobarla. El Congreso le hace modificaciones sustantivas que termina con los acuerdos adoptados. Se rompe desde entonces el diálogo entre el zapatismo y el gobierno.

(COCOPA) y la que finalmente aprobó el Senado de la República en uno de los puntos significativos que tiene que ver con el acceso a los bienes territoriales. La propuesta COCOPA decía: "Los pueblos indígenas tienen el derecho a la libre determinación y, como expresión de esta, a la autonomía como parte del Estado Mexicano para […] V. Acceder de *manera colectiva al uso y disfrute de los recursos naturales de sus tierras y territorios*, entendidos éstos como la *totalidad del hábitat que los pueblos indígenas usan u ocupan*, salvo aquellos cuyo dominio directo corresponde a la Nación".[7]

El Senado aprobó un párrafo distinto: "Esta Constitución reconoce y garantiza el derecho de los pueblos y las comunidades indígenas a la libre determinación y, en consecuencia, a la autonomía para […] VI. Acceder, con respeto a las formas y modalidades de propiedad y tenencia de la tierra establecidas en esta Constitución y a las leyes de la materia, así como a los derechos adquiridos por terceros o por integrantes de la comunidad, al uso y disfrute *preferente* de los recursos naturales de los lugares que habitan y ocupan las comunidades, salvo aquéllos que corresponden a las áreas estratégicas, en términos de esta Constitución. Para estos efectos las comunidades podrán asociarse en términos de ley".[8] El Senado evitó la mención de los derechos territoriales colectivos y añadió la palabra "preferente" como condicional limitante para el ejercicio de cualquier tipo de gobierno autonómico.

Pese a lo limitado del reconocimiento legal, la población indígena mexicana es también significativa por la superficie que sus comunidades ocupan como unidades sociopolíticas que detentan la propiedad agraria (ejidos y comunidades), y por la densidad de población que representan en cuando menos 655 municipios del país.

La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) identificó que esos municipios tienen más de 40% de población originaria, 481 de ellos con más de 70% de población indígena: significan 13.3% de la superficie del territorio nacional. Aunque en esos municipios existe población no indígena e incluso localidades mayoritariamente mestizas, no se puede reducir el ejercicio de gobierno local de los pueblos originarios solamente a los asuntos agrarios vinculados con el perímetro de los ejidos o comunidades. Los pueblos y comunidades indígenas ocupan, construyen y recrean espacios territoriales más amplios, no parcelas, ni ecosistemas, sino etnoterritorios donde ejercen gobierno

[7] Iniciativa enviada por el titular del Ejecutivo en diciembre de 2000, conocida como "ley COCOPA" (subrayados nuestros).

[8] Dictamen aprobado por el Senado de la República el 25 de abril de 2001 (subrayados nuestros).

a través de múltiples organismos, y conservan y recrean su cultura (Giménez, 2007; Barabas, 2003).[9]

Boege (2008) ha hecho una propuesta metodológica que permite identificar amplias zonas continuas como territorios indígenas actuales, donde las instituciones comunitarias ejercen gobierno y gestionan asuntos públicos, y que son reconocidos como propiedad común o ejidal agraria, colonias en propiedad privada y condueñazgos. Calculados de esa manera, los territorios indígenas suman más de 28 millones de hectáreas de la superficie del país, es decir, 14.3% del territorio nacional. Aunque legalmente los ejidos y comunidades son unidades más discretas, los criterios de contigüidad, densidad cultural y fortaleza institucional de los gobiernos locales que Boege propone considerar, permiten valorar esos espacios como territorios donde se reproducen material, social y culturalmente los pueblos originarios. Esos territorios son referentes de identidad. En este trabajo los llamamos territorios indígenas, los cuales están sostenidos en las distintas formas de propiedad de la tierra, especialmente la propiedad social, pero sin restringirse a los polígonos delimitados de las escrituras agrarias.

Una parte significativa de los territorios indígenas se localiza en las partes altas –los parteaguas- de las sierras que atraviesan el territorio nacional. En ellos se precipitan cada año millones de metros cúbicos (Mm^3) de agua. Según cálculos de Boege (2008, pp. 94-100), los territorios indígenas ocupan 64% de la superficie nacional donde llueve entre 4000 y 4500 mm por año, lo mismo que 67% de aquellos lugares donde llueve más de 4500 mm anuales.[10] Se trata de las montañas que reciben año con año los huracanes tanto en el Pacífico como en el Golfo de México.

Esas lluvias humedecen las partes altas, escurren o se infiltran para aflorar posteriormente como manantiales y ojos de agua y alimentar ríos, lagunas y esteros

[9] Dehouve (2001) ha demostrado para el caso de la Montaña de Guerrero que las unidades agrarias indígenas tlapanecas buscan convertirse en municipios para ejercer gobierno y contar con capacidad de interlocución frente al Estado. Es lo que sucede también en Oaxaca, donde las comunidades se han constituido, en la inmensa mayoría de los casos, en ayuntamientos. En los altos de Chiapas, el *Lum* es una expresión de la reivindicación de un territorio ancestral más amplio que el que ocupan los parajes en el polígono municipal hoy reconocido. El *Lum* no es equivalente a municipio, concepto que "le queda limitado" (Burguete, 1998, p. 26).

[10] "Los pueblos indígenas que más altos valores alcanzan -4 000 mm y más- en la precipitación son los mame, choles, zoques, chinantecos, mazatecos, nahuas de Zongolica, nahuas de la Sierra Norte de Puebla, nahuas de los Tuxtlas, popolucas y totonacos. Estas regiones se consideran como de alto impacto de tormentas tropicales o huracanes, así como nortes con carga de agua inusual" (Boege, 2008, p. 95). Con estos datos, se comprende la importancia de la propiedad comunitaria en los bosques mexicanos y los procesos de buen manejo que pueden realizar las comunidades indígenas, pues impactan directamente en la captación de agua en las principales cuencas del país (Merino, 1997).

aprovechados para múltiples actividades sociales, incluidas las productivas. El agua que circula por el territorio indígena y a la cual se tiene acceso, se reparte, disfruta y protege mediante sistemas normativos locales o comunitarios, la llamamos aquí "agua local". La existencia de agua local no es exclusiva de las comunidades indígenas. En múltiples regiones, parajes y caseríos mestizos o no indígenas se tiene acceso al líquido a partir de normatividades propias, no necesariamente opuestas a las federales, pero cuya fuente de autoridad no proviene de fuera, sino del interior mismo del grupo social. Estas normatividades se asignan y gestionan según el sistema de usos y costumbres en un abigarrado sistema de pluralismo legal[11] (Boelens *et al.*, 2004).

Lo peculiar de las comunidades indígenas es que la normatividad local forma parte de la reivindicación de los derechos colectivos, sostenidos por la identidad cultural, reconocidos por el derecho internacional.[12] Esto último es particularmente importante para entender la dinámica que esas reivindicaciones han alcanzado en México y de manera más evidente en otros países de América Latina. El crecimiento de la autoadscripción indígena va asociado a la reivindicación de derechos territoriales y sociales diversos, al amparo de esas declaraciones, convenios y recomendaciones internacionales.

El acceso a esa agua es ejercido –con múltiples variantes- como un derecho por pertenecer a la comunidad y vivir en el lugar. Este principio está en la génesis de muchos conflictos entre las comunidades y algunos actores extralocales, principalmente las agencias gubernamentales que no reconocen ningún tipo de preferencia a los nativos, y administrativa y analíticamente separan el agua del territorio donde se precipita y escurre, para convertirla en un recurso de propiedad estatal, capaz de ser puesta en el mercado como cualquier otra mercancía, a menudo alegando el "interés público".

Sánchez (1993), Aboites (1998) y otros autores han documentado un largo proceso histórico de disputa entre el poder central y las regiones para expropiar el control de esas aguas y, en particular, imponer la legislación positiva del Estado en contra de las reglas locales. Se trata de un proceso inacabado, de equilibrios

[11] Boelens *et al,* explican que las normas locales no son obligadamente equitativas. Como veremos más adelante, eso debe analizarse caso por caso.

[12] En las diversas condiciones ambientales, los pueblos indígenas y campesinos cuentan con diversas reglas de uso para tener acceso al líquido con dos ejes de interés: asegurar algún tipo de acceso equitativo al agua disponible y controlar la incertidumbre sobre los volúmenes que pueden aprovecharse. Se trata de reglas mantenidas por usos y costumbres que no pueden ser ajenas al reacomodo de los distintos actores en el interior de las comunidades, que no son entidades homogéneas. Un ejemplo son los sistemas normativos para aprovechamiento de manantiales en los altos de Chiapas (Burguete Cal y Mayor, 1998), que es muy semejante a lo que ocurre en otras partes de México (para el caso de Guerrero, Aguilar *et al.*, 2002).

frágiles, en el que el Estado no consigue imponer de una vez y para siempre sus reglas. Se trata de campos en disputa permanente, aunque amplias superficies del territorio nacional e importantes volúmenes de agua entraron bajo el control directo de agencias gubernamentales, sobre todo a partir de la planeación y ejecución de la llamada "gran hidráulica" posrevolucionaria.[13]

2. Agua, cultura y gobierno local en los territorios indígenas

La construcción de los territorios indígenas es simultáneamente una apropiación simbólica que no puede desvincularse de su apropiación práctica (o utilitaria); ambas dimensiones expresan el ejercicio de gobierno comunitario. A continuación reseñamos brevemente –a guisa de ejemplo- un caso en el que es posible observar ese vínculo entre la apropiación simbólica y práctica del agua en la construcción territorial, y sobre todo el ejercicio de gobierno local. Se trata de las formas de abastecimiento para uso doméstico en Tampaxal, un ejido de población tének en San Luis Potosí. En Tampaxal no existe una importante polarización interna por el uso del agua entre los habitantes, y se privilegia la negociación y la conciliación en la gestión local del agua. Al final del apartado nos referiremos a otro caso, en el estado de Chiapas, donde las tensiones internas son altas por la polarización social y la demanda creciente de agua que ha ocasionado el éxito de la floricultura comercial.

Las comunidades tének de San Luis Potosí se localizan mayoritariamente en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, donde reciben cada año tormentas, huracanes y nortes lluviosos que arrastran a tierra firme la humedad del Golfo y dejan un promedio anual de 2800 mm de agua y algunos años aún más. Quizá por ello simbolizan el mundo como un rombo: "cuadrado, pero alargadito, con cuatro cardinales", uno en cada esquina. Semejante a un balón que flota en un cubo de agua, "todo está rodeado por agua" y tiene fronteras claras que es peligroso traspasar. El significado del agua es ambivalente. Origina y sostiene el mundo, da vida: los niños nacen entre agua, de la misma manera que el agua sirve para cultivar, cocinar y beber. Pero también es amenazante y se niega a los hombres trayendo escasez o inundando sus poblaciones.[14] Ambas cualidades están separadas por una delgada línea. Por eso se requiere de ofrendas propiciatorias y de respetar las presencias sobrenaturales que la custodian. El agua del nacimiento en Huichihuayán, por ejemplo, tiene peces de colores que, como sirenas, hacen perder la conciencia a quienes tratan de tomarlos, para que caigan y se ahoguen.

[13] Aboites (2009) ofrece suficientes evidencias que permiten desconfiar de la capacidad omnipresente y omnipotente del Estado mexicano en el control de las aguas.

[14] Entrevista a Santos Amador, San Isidro, Tampaxal (octubre de 2006). Ver también Valle Esquivel (2003).

El agua del pozo de San Juanita tiene una especie de camarones que no deben ser tocados para evitar que el pozo se seque. El agua de las cuevas de Joljá es custodiada por una serpiente, o dragón, que cuida que el agua esté limpia. Cada uno de esos sitios de agua asociados a cuevas o peñas no sólo tiene un papel ritual importante como lugar de oración para pedir salud, fertilidad, bienestar en la familia y buenas cosechas, sino que el agua es valorada como de usufructo general, colectivo, en suma, un derecho territorial.[15]

Tampaxal es una comunidad tének de casi 6000 habitantes, 550 de ellos son ejidatarios. La comunidad cuenta con 17 localidades (barrios o secciones): Las Ánimas, La Cruz, Xolmón, Joljá, Tampaxal Centro, San Isidro, Los Hornos, San Francisco, San José, La Mina, San Rafael Tampaxal, El Túnel, Santa Rita, San Juanita, La Soledad, La Mesa y Joya de las Vacas. Sus barrios se localizan en pequeños valles intermontanos, sobre la vertiente del Golfo de México de la Sierra Madre Oriental. Cultivan las laderas y los pocos terrenos planos con maíz, frijol, calabaza y café, y utilizan las lluvias que precipitan la humedad que se interna desde el mar. Las zonas más bajas del Plan más grande las ocupan los barrios de La Cruz, San Isidro, Centro y San Juanita. A partir del barrio de La Cruz, el camino se separa en una serie de veredas que conducen hacia los demás barrios, ubicados en las tierras más altas. El más inaccesible por su altura y orografía es Joya de las Vacas.

En esas condiciones de relieve accidentado, los 16 barrios de Tampaxal deben asegurarse el abasto de agua doméstica a partir de las fuentes que reconocen como propias: los manantiales localizados en las cuevas y peñas de la pared montañosa que los rodea. Utilizan para ello los órganos comunitarios, que constituyen un cuarto nivel de gobierno, y que sólo en algunos puntos se vincula con las instancias municipales, como con los regidores que consigue incluir en el Ayuntamiento de Aquismón, al que pertenece Tampaxal. Para efectos del abasto de agua nos referiremos a la asamblea general del ejido, la asamblea de barrio y los comités de agua.[16]

---

[15] Diversos estudios han mostrado que las narraciones de seres mitológicos que cuidan las aguas y otros bienes ambientales son expresión cultural de una concepción amerindia de la naturaleza que establece regulaciones sociales para cuidar la integridad de los bienes comunes. Algunas de esas regulaciones siguen funcionando y otras permanecen sólo como referentes de identidad (Nigh y Rodríguez, 1995; Gray, 1996; Kessel, 2002). Para Durand (2005), los chaneques entre los nahuas de la Sierra de Santa Martha (en Veracruz) muestran que "El monte o selva era un bien, de él obtenían alimentos, leña y materiales para la construcción, vestido y medicamentos… lo que destaca es que la perspectiva nahua derivaba en un conjunto de ritos y conductas que parecían sostener un sistema de aprovechamiento de los recursos naturales, adecuado a los rasgos del ecosistema local" (pp. 216-217).

[16] Para mayor información sobre el funcionamiento de los órganos de gobierno de esta comu-

La asamblea general de barrio, que se reúne cada dos meses, es la máxima autoridad en cada barrio que toma los acuerdos y asigna responsabilidades. A diferencia de la asamblea ejidal, constituida sólo por ejidatarios, la asamblea barrial se constituye con todos los habitantes del barrio mayores de 18 años, independientemente del género y tipo de acceso a la tierra, aunque las opiniones de los varones casados son mejor acogidas, mientras que la participación de las mujeres se mantiene en un plano secundario.

El comité es la unidad elemental de la organización barrial. En ocasiones es un cargo que recae en una sola persona. Los comités se encargan de diferentes asuntos específicos, por ejemplo, el del agua, la telesecundaria, etcétera. El comité de un barrio tiene jurisdicción sobre un grupo delimitado y relativamente pequeño: el barrio. La obligación de los comités ejidales consiste en vigilar y articular las funciones de los comités barriales. El comité del agua de cada barrio tiene la encomienda de buscar y organizar los brazos que sean necesarios para las faenas, así como la de vigilar y reparar la infraestructura de conducción del agua: tanques de almacenamiento, líneas de tubería, llaves de paso. También es responsable de asegurar que el agua llegue durante su turno en cantidad suficiente y que no sea desviada por otro comité.

Uno de los problemas más importantes del comité del agua tiene que ver con el criterio –establecido por el comisariado ejidal- para determinar la cantidad de horas durante las cuales se dota de agua a cada barrio. Se adoptó para ello el número de habitantes, por ser considerado el más equitativo, aunque esto relega los asuntos técnicos de la conducción, como la lejanía del poblado o la presión que se requiere debido a los accidentes orográficos que es necesario atravesar. Los comités de barrio aceptan que estas imperfecciones del sistema se compensan desviando el agua durante un mayor tiempo a criterio del encargado, para asegurar el abasto a la población del barrio del que es responsable.

El sistema de abasto de agua doméstica fue construido por la propia comunidad en los años 80 y beneficia a 11 de los 16 barrios. Se trata de una intrincada red en la que un tubo principal conduce agua hacia cada uno de los barrios. Se abastece de un manantial ubicado en la peña del Tancojob, que a juicio de los habitantes locales es una fuente inagotable de agua limpia. Los comités coordinados por el comisariado ejidal deciden cuándo, cuánto y dónde se abastece de agua, y establecen de común acuerdo un orden de tandeo que mantiene abiertas las válvulas desde 30 hasta 6 horas para la población más pequeña, bajo el principio de reciprocidad.[17]

---

nidad, ver Ávila (2008).

[17] Cada uno de los beneficiados, individualmente y como barrio, adopta el compromiso de participar en las faenas y todo tipo de actividades, incluidas las rituales, para mantener funcionando el sistema. Como ha explicado Burguete (1998), reciprocidad no es sinónimo de equidad;

Las diferencias entre los vecinos de un mismo barrio son arbitradas por el comité del agua, quien sugiere algunos arreglos. Si los vecinos mantienen su inconformidad, pueden llevar su opinión a la asamblea de barrio, que tomará la decisión final. En caso de diferendo entre dos barrios o entre dos encargados del agua, el comisariado ejidal funge como árbitro; si el conflicto es mayor, se lleva a la asamblea ejidal, que es quien da la última palabra.[18]

Durante el estiaje, el agua del Tancojob disminuye, pero nunca se agota, afirman en Tampaxal. Para asegurar que el agua no falte, se realizan dos tipos de actividades: por una parte el mantenimiento de la infraestructura que significa sobre todo la inversión de jornadas de trabajo para realizar reparaciones y la limpieza del lugar, y por otra, la realización de rezos propiciatorios a la Virgen de Guadalupe. Hay que ofrendar al manantial cada año para que sea generoso y, sobre todo, cuidar la armonía de la comunidad por el agua. Cuando una fuente es manejada con avaricia y se le niega a otros, el agua se entristece. El manantial, pozo o arroyo puede morir de tristeza y secarse. Es un castigo ejemplar para las personas que intentan aprisionar lo que no es de nadie y al mismo tiempo es de todos. Las enfermedades y la escasez –afirman- son producto de omisiones graves como la falta de gratitud y de ofrendas.[19]

El encargado del comité del agua, igual que todo el sistema de cargos de la comunidad, realiza sus funciones sin pago. Ofrece su trabajo como servicio comunitario y no puede rechazar el nombramiento sin una justificación clara ante la asamblea de barrio. Para asumir los costos de las reparaciones o de las ampliaciones del sistema de conducción y distribución, la asamblea de barrio, o ejidal según sea el alcance de las obras, establece una cuota por habitante mayor de edad. Los encargados deben dar cuenta detallada a la asamblea del dinero reunido y los gastos realizados. El comisariado ejidal también realiza gestiones ante el Ayuntamiento para conseguir recursos que se destinan a las obras de ampliación o reparación del sistema de abasto. Generalmente obtiene medios escasos que llegan tarde, casi siempre en época de elecciones locales o federales.

Aunque durante los periodos de estiaje el gobierno municipal envía pipas de agua, la población de Tampaxal la considera de mala calidad. Recurren a ella sólo

---

marca responsabilidades comunes, aunque diferenciadas e impregnadas de poder.

[18] El trabajo voluntario para el abastecimiento del agua y la resolución de conflictos en el interior de las comunidades es una práctica vigente aun en sistemas más grandes o complejos. Otro caso cercano es el de las localidades, también tének, Tamaletón, Octzen, Tzac Anam, Guadalupe Victoria y Alhuitot, en el municipio de Tancanhuitz.

[19] Estas creencias no impiden que haya conflictos por la obtención del agua entre los vecinos, pero generan un ambiente poco favorable a la prolongación de las diferencias. Es una forma de regular la conducta social para favorecer un clima de entendimiento, cuando se trata de ejercer un derecho colectivo en una comunidad heterogénea y, por lo tanto, susceptible de disensos fuertes.

si se agota el agua de sus propios pozos y la que han almacenado en tinacos durante las lluvias, gracias a los techos acanalados de sus viviendas.[20] Las fuentes locales de agua suelen valorarse como de mejor calidad: agua saludable para tomar, cocinar y asearse. El agua de mejor calidad es la que llega desde las montañas, la lluvia y la que recién brota en los manantiales o nacimientos, es decir, aquélla de la que se abastece la propia comunidad. A esta clase de agua se le adjudican importantes propiedades simbólicas y terapéuticas.

Los barrios -reciban o no agua del sistema general- se abastecen de otros manantiales o de pozos localizados en sus predios; en ese caso, cada barrio establece las condiciones para utilizar el líquido y las obligaciones que se obtienen por ello. La Mesa, por ejemplo, cuenta con un pozo del que toman agua los que viven en la zona más baja del valle. En Joljá, donde por la altitud se registran lluvias con mayor frecuencia, el abasto se da a partir del agua almacenada en dos cuevas. La Mina tiene un manantial exclusivamente para beber. Santa Rita depende en mayor medida del abasto del Tancojob, pero tiene también una fuente natural denominada Joya de la Arena que conserva agua durante los 4 o 5 días posteriores a la lluvia. San Isidro cuenta con dos pozos ubicados en los dos caminos más importantes de la población, y está cerca de dos arroyos que en época de lluvias llevan agua suficiente.

El abasto doméstico de Tampaxal, que combina un sistema general y fuentes particulares desconcentradas por barrio o por hogar, permite sobre todo mantener la independencia de la comunidad frente al municipio, en un tema tan importante como la satisfacción de sus necesidades de agua doméstica. En sentido contrario a lo que afirman algunos organismos gubernamentales respecto del abasto de agua a comunidades rurales, los habitantes de Tampaxal han estado organizados siempre para gestionar sus propias fuentes y asegurar el abasto de agua a sus familias. Lo hacen bajo la convicción de que tienen derecho al usufructo de las fuentes de agua que están en su territorio. No es su propósito ponerse al margen de la ley federal, pero no son las concesiones o permisos de la Comisión Nacional del Agua lo que más les inquieta, sino la organización interna del ejido y el manejo autónomo de las tensiones y conflictos que siempre acarrea el abasto de agua.

La falta de agua de calidad segura para pueblos y comunidades indígenas se ha querido explicar con el argumento de que, debido a la dispersión de los asentamientos, no existen suficientes recursos para invertir en sistemas que atenderían a núcleos de población muy pequeños. El problema no puede reducirse a la disper-

[20] La captación de lluvia es una práctica extendida en el ejido. Los techos de las viviendas son modificados para conducir el agua hacia depósitos particulares mediante canaletas de lámina. Cuando es posible, los depósitos son de cemento, o bien cubetas, tambos de lata y en ocasiones depósitos de plástico rígido que la población llama *rotoplás*, por una marca comercial.

sión, que es un elemento importante, pero no el más significativo. El mal estado del abasto a los pueblos indígenas se explica fundamentalmente por los procesos de reapropiación del agua y del territorio que seca sus manantiales o sus lagos; los arrincona en las partes más secas o agrestes de las regiones donde viven, o contaminan los ríos y lagunas que aprovechaban. El ejemplo más claro del primer proceso es la parte alta de la cuenca del Lerma, donde la transferencia de agua a la ciudad de México significó la pérdida de cientos de manantiales y norias de donde se abastecían los pequeños ranchos, comunidades y pueblos. La desecación de esas fuentes propias fue el detonante de las exigencias para tener acceso a otros sistemas de abasto a partir de pozos profundos con bombas eléctricas.

Tampaxal muestra que otros escenarios son posibles, cuando las comunidades pueden ejercer el control sobre fuentes de agua centrales para sus propios aprovechamientos. No escapa a nuestro análisis el hecho de que el sistema regulatorio de abasto en Tampaxal se manifiesta con cierta estabilidad y puede resolver los conflictos internos a partir de mecanismos de negociación y conciliación, por el hecho de que ecológicamente dispone de volúmenes importantes de agua, y no existe por ahora ningún proyecto gubernamental que busque cambiar sustancialmente el manejo que realizan de sus aguas. Tampoco hay presiones internas significativas, como las que se presentan cuando un cambio en las condiciones de producción u organización social se traduce en mayor o desigual demanda de agua entre los propios habitantes de la comunidad. De este último tipo son los casos de San Juan Chamula y Zinacantán en los altos del estado de Chiapas, estudiados por Burguete (1998).

La construcción de la carretera Panamericana en los años 50 estimuló la tradicional floricultura de Zinacantán. Pese a ello, durante décadas siguió siendo una producción "de carácter familiar que se realizaba a cielo abierto y cuyo principal propósito era la demanda local –y a lo sumo regional- limitado al consumo de ciertas épocas y festividades" (p. 183). Al inicio de los 70, organismos gubernamentales promueven la adopción de variedades comerciales, cultivadas en invernadero, con un alto consumo de agroquímicos. Aunque el proyecto se promovió también en Chamula, no arraigó ni tuvo el éxito que alcanzó en Zinacantán. En los años 90, cuando realiza su investigación, Burguete encontró que la floricultura intensiva se había multiplicado con 722 invernaderos registrados en los parajes de Salinas, Patosil, Nachig, Tierra Blanca, Navenchauc, Bochojbo Alto, Bochojbo Bajo, San Nicolás Buena Vista y la propia cabecera municipal, todos concentrados en la zona con más infraestructura, población y disponibilidad de agua en el municipio.

El crecimiento de la floricultura en Zinacantán no ha beneficiado a todos por igual. Hay un evidente proceso de concentración de los invernaderos que exigen altos niveles de inversión que no están al alcance de todos. Esos pocos propie-

tarios cuya capacidad económica ha crecido articulan nuevos grupos de poder y procesos de monopolización del agua. Esta situación se ha traducido en un mayor número de conflictos por el líquido, que significan nuevos retos a las normas locales que regulan el acceso al agua de la comunidad. La evidencia que muestra la autora nos permite concluir que esos casos se juzgan y resuelven en medio de una modificación de los propios sistemas normativos aplicados, manteniendo y cambiando a la vez los términos de la reciprocidad exigida. En condiciones de mayor desigualdad económica (y política) en el interior de la comunidad, los términos de los acuerdos locales se revelan menos capaces de mantener la cohesión interna, entre otras razones porque se estrecha el margen de la acción conciliadora. Pese a ello, Burguete muestra que se mantiene -aunque sea formalmente- una solución de conciliación, es decir, de "acuerdos que no suponen la ganancia total y tampoco la pérdida total, sino un cierto número de beneficios para todas las partes" (p. 222). Muestra también que los nuevos intereses de la floricultura comercial buscan el apoyo del estado nacional en los marcos legales positivos, pero cuidan de no utilizarlos en la argumentación para buscar acuerdos en el interior de la comunidad.[21]

Más investigaciones sobre este tema y el análisis de nuevos casos permitirá dilucidar qué tanta flexibilidad pueden tener las normatividades locales de acceso al agua, para ser modificadas ante nuevos acontecimientos sociales, políticos y religiosos que obligan a soluciones diferentes, pero sin perder la capacidad comunitaria de autogobernarse y cohesionar socialmente al grupo. Una creciente y marcada desigualdad social, como la que de manera tendencial aparece en el caso de Zinacantán, no parece ser el mejor escenario para el fortalecimiento de los marcos normativos locales. Hasta hoy, las modificaciones registradas en las normatividades de acceso al agua en Zinacantán, por la presión de la demanda de la floricultura, parecen no disminuir las capacidades de su autogobierno, pero sí

[21] En uno de los casos, un poderoso grupo de productores de flor conecta sus mangueras al principal manantial (Nio´) de Zinacantán sin autorización de nadie. Luego de que las autoridades del municipio se manifiestan incapaces de resolver el litigio que significa la protesta de los habitantes contra la actitud que se juzga abusiva, los ancianos de la comunidad deciden permitir que se tome el agua, pero quitan las mangueras del corazón del manantial que es sagrado y las desplazan unos metros adelante, sobre el arroyo. Los infractores debían además pedir disculpas a la madre tierra y a los ofendidos por meter mangueras en sus terrenos sin permiso. Poco tiempo después, un segundo grupo de floricultores procedieron de la misma forma para tomar agua, y ante la oposición de los primeros, que son además sus competidores, las autoridades establecen "que todos necesitamos tener una fuente de trabajo y que por lo tanto los nuevos también tienen derecho al agua" (Burguete, 1998, p. 237). Una vez obtenida la anuencia comunitaria de conexión, los floricultores tramitaron rápidamente su concesión en la Comisión Nacional del Agua.

revelan una agudización de las condiciones de reciprocidad desigual que acumula tensiones que pueden convertirse en insostenibles.

3. Conflictos con actores extralocales

Las disputas más significativas –y también las que más han convocado a estudiosos- se han presentado cuando importantes transformaciones territoriales cambian el sentido de las corrientes, las contaminan o las retiran del usufructo de las comunidades. Desde esa perspectiva, la relocalización forzada de pueblos por la construcción de embalses y el trasvase de agua de una cuenca a otra son sólo algunos de los temas más sensibles.

Abundan los ejemplos de comunidades indígenas que en consonancia con sus prácticas de construcción territorial han organizado o reactivado mecanismos de coalición para defender sus aguas locales, no sólo las que son utilizadas directamente por cada comunidad, sino las que escurren por territorios más amplios y que forman corrientes, lagos y manantiales significativos para sus culturas y modos de vida. En este punto, los pueblos originarios responden en forma semejante a muchos otros pueblos, rancherías y parajes mestizos que ven afectados sus derechos locales.

Entre esos ejemplos tenemos los frentes de organizaciones, comunidades y ayuntamientos indígenas opositores a la construcción de nuevos embalses en Chiapas (Peña, 2004); el caso de los pueblos nahuas del Alto Balsas que se organizaron para impedir la transferencia de agua hacia el Distrito Federal, y la denuncia de la tribu Yaqui frente a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos para plantear sus reivindicaciones sobre los derechos de agua que les fueron reconocidos por el Estado mexicano y que, a su juicio, no les han sido respetados (Luna, 2007).

Un caso más reciente y conocido en los medios de comunicación es la movilización de comunidades mazahuas en el estado de México, en protesta por los efectos adversos que ha tenido sobre sus pueblos la transferencia de agua al área metropolitana de la ciudad de México (Gómez Fuentes, 2006). La concentración en manos del gobierno federal del control de múltiples corrientes y cuerpos de agua superficial afectó de manera particular el derecho de los pueblos indígenas al manejo por usos y costumbres de sus aguas, y alteró los territorios donde se desecaron lagunas y humedales o se construyeron los grandes embalses que ocasionaron modificaciones importantes en las formas de vida de innumerables comunidades. Se trata de una historia debidamente documentada en diversos estudios.[22]

[22] Ver, entre otros, Barabas y Bartolomé (1973), Boege (1988) y Camacho (1998).

Nos detendremos aquí brevemente en un caso que, por ser reciente, ilustra una historia más amplia de agravios hacia pueblos y comunidades indígenas en el manejo del agua: la proyectada construcción de la presa La Parota, en Guerrero.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) inició en 2003 los trabajos para la construcción del proyecto hidroeléctrico La Parota, que almacenaría aguas del río Papagayo, a unos 30 km de la ciudad de Acapulco, en el estado sureño de Guerrero. La cortina mediría 162 metros de altura, el embalse inundaría 14,000 hectáreas de selva baja y la presa almacenaría un poco más de 7000 Mm^3 de agua.[23] El sitio intervenido significaría la afectación total o parcial de 16 núcleos agrarios y el desplazamiento de 25,000 personas de sus lugares de vivienda y trabajo, pues –como denunciaron las comunidades afectadas- a la superficie que sería inundada había que añadir el terreno necesario para ejecutar los trabajos, hasta alcanzar un total de casi 60 hectáreas para obras de desvío, contención del embalse, excedencia y para la generación de energía eléctrica, además de obras complementarias para extracción de material, campamentos, oficinas y zona industrial, caminos de acceso definitivos y temporales y relleno sanitario.[24]

Según la empresa paraestatal, los beneficios saldarían con creces las afectaciones: los turbogeneradores que serían instalados producirían al año mil millones de kilowatts-hora, el consumo anual de todo el estado de Guerrero. Asimismo, el abasto de agua a la ciudad de Acapulco estaría asegurado por 50 años más, y la obra permitiría poner en marcha proyectos productivos y de desarrollo social para toda la zona.

Pese a un conjunto de maniobras realizadas por la CFE,[25] los pobladores de los terrenos que serían intervenidos se organizaron en el Consejo de Ejidos y Comunidades Opositores a la Presa La Parota (CECOP), donde juega un papel de eje organizativo fundamental la Comunidad Indígena de Bienes Comunales de Cacahuatepec, y rechazaron mayoritariamente el proyecto.

---

[23] A juzgar por el volumen almacenado previsto, la obra es de gran magnitud. Para comparar, es necesario recordar el volumen de captación de las presas Miguel Alemán (9000 Mm^3) y Cerro de Oro (4400 Mm^3). Localizadas en el Istmo de Tehuantepec, ambas significaron una grave afectación a la vida social de los pueblos mazatecos y chinantecos, dueños de los territorios inundados (Barabas y Bartolomé, 1973; Boege, 1988).

[24] Ver "Petitoria" al H. Tribunal Latinoamericano del Agua, presentado por el Consejo de Ejidos y Comunidades Opositores a la Presa La Parota, 6 de febrero de 2005.

[25] Las maniobras quedaron especialmente al descubierto cuando el Tribunal Unitario Agrario anuló la asamblea de Bienes Comunales de Cacahuatepec, donde supuestamente la CFE había obtenido la aprobación de su proyecto. En ese proceso de anulación quedó demostrado que se había alterado e inhibido la expresión de la voluntad de la mayoría de los comuneros, al haber recurrido incluso a la amenaza y a acciones de fuerza por parte de las instancias gubernamentales.

Los motivos señalados para oponerse a la construcción de La Parota fueron diversos,[26] pero aquí nos concentraremos en tres de ellos: la violación que el proyecto significaba a los derechos territoriales de los comuneros, ejidatarios y avecindados; las graves violaciones que durante el proceso de preparación e inicio de las obras cometieron la CFE y otras instancias gubernamentales al derecho de información, participación y libre determinación de los demandantes, y la experiencia mundial, y particularmente mexicana, de lo que ha significado la construcción de embalses para la población del territorio intervenido.

Para defender sus reivindicaciones, el CECOP se ha apoyado tanto en las leyes nacionales como también en el marco jurídico internacional, y ha apelado a los convenios, declaraciones e informes especiales que definen regulaciones, vinculantes y no vinculantes, sobre derechos humanos y derechos de los pueblos indígenas. Un principio fundamental de la regulación internacional es utilizar como criterio básico de identificación la autoadscripción como pueblo indígena. En el caso de Cacahuatepec, además de la autoadscripción, sus tierras son bienes comunales, figura agraria generalmente utilizada por el Estado mexicano como mecanismo de restitución de tierras a poblaciones indígenas. El énfasis puesto por los comuneros en su reindianización ha sido motivado por el tipo de conflicto que enfrentan, pero de ninguna manera es un mecanismo ilegítimo o artificioso, pues existen evidencias del reconocimiento gubernamental de esa condición histórica de la comunidad en la propia forma de tenencia de la tierra.

En su condición de indígenas, el CECOP, y particularmente la comunidad de Cacahuatepec, cuenta con legitimidad plena para apelar al marco normativo internacional aplicable a los pueblos originarios, frente a la amenaza de relocalización forzada de sus poblaciones por la expropiación de sus terrenos para la obra proyectada.

El eje de ese reclamo es que "al enajenar las tierras de los afectados, así como los recursos que en ellas se encuentran, se violaría el derecho de los pueblos a preservar su territorio (entendido como la totalidad de sus tierras, hábitat y medio ambiente que las componen) así como la misma identidad que como pueblos han construido históricamente".[27] Con esta reivindicación, el CECOP apeló al eje básico del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que identifica el derecho a la tierra y el territorio como una condición fundamental para el ejercicio de los demás derechos de los pueblos indígenas.[28]

---

[26] Un resumen detallado y argumentado puede ser revisado en la "Petitoria" ya citada.

[27] "Petitoria", p. 44.

[28] Es el mismo espíritu, quizá con mayor énfasis, de la declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas, adoptada en septiembre de 2007, después de lo que ahora estamos reseñando.

Los afectados por el posible desplazamiento alegaron también que el proceso llevado adelante por la CFE violaba los derechos de la información, la participación y la libre determinación. Las evidencias ofrecidas fueron abundantes: la CFE no entregó información de manera veraz, suficiente y oportuna a los posibles afectados para que pudiesen tomar decisiones libremente. Por el contrario, favoreció e incluso promovió la realización de consultas manipuladas, y llegó al extremo de pretender hacer pasar como válidas asambleas que los jueces agrarios declararon nulas, debido a que se realizaron sin la mayoría de los comuneros y en un clima de intimidación violenta.

Este proceso, viciado de origen, se convertiría –a juicio de los inconformes- en un duro agravante en caso de que el desalojo de los habitantes se ejecutara: "dadas las condiciones en las que se está produciendo la imposición del proyecto, existe un temor fundado de que los campesinos indígenas que serán desalojados de sus lugares originales, lo serán contra su voluntad". De nuevo en violación a lo marcado en el Convenio 169.

Finalmente, la lucha de los opositores se sostenía no sólo por lo que de manera directa percibían como un despojo al expropiarles sus tierras y desplazarlos de sus hogares y territorios para construir la hidroeléctrica: los inconformes tienen la convicción de que esos proyectos cargan duros costos sobre la población local y nunca regresan beneficios, ni siquiera algo lejanamente semejante. Por el contrario, los beneficios se acumulan entre los actores extralocales, en este caso, las ganancias de los constructores de la presa, la especulación inmobiliaria en Acapulco, la inversión industrial y comercial extranjera y nacional, el consumo urbano derrochador de agua. Esa convicción se alimenta de la experiencia de otros embalses construidos para generar electricidad, como Miguel Alemán y Cerro de Oro en la cuenca del río Papaloapan, y las construidas en el Grijalva-Usumacinta, en Chiapas. En este último estado se produce 46% de la hidroelectricidad de México (en las presas Malpaso, La Angostura, Chicoasén y Peñitas) y paradójicamente registra un alto rezago en el abasto de energía eléctrica a sus comunidades rurales e indígenas: 78% de cobertura en el año 2000, frente a 95.4% de cobertura nacional (Carrasco *et al.*, 2007).

A diferencia de los años 50 o 70, cuando se construyeron aquellos embalses, ahora existen abundantes referencias críticas sobre las presas en el mundo. Los opositores de La Parota han tomado como argumentos los expresados por el comité de especialistas de la Comisión Mundial de Represas, que dio a conocer un informe crítico en 2000. Además de los problemas ambientales que acarrean, la Comisión llamó la atención sobre los graves efectos sociales que sufre la población local por las relocalizaciones forzadas que acompañan la apertura de esos embalses.

El CECOP ha encabezado un proceso de oposición a la hidroeléctrica persistente, informado, flexible, y que utiliza todas las formas de expresión política: desde la reocupación de los terrenos donde la CFE había empezado a realizar obras -violando los amparos ganados por el CECOP-, hasta la manifestación pública en centros urbanos, litigios jurídicos complejos y la denuncia en los foros internacionales más diversos. En todo ese proceso, el CECOP se ha amparado bajo las normas y recomendaciones nacionales e internacionales que tutelan los derechos de los pueblos indígenas.

Con el apoyo de múltiples organizaciones civiles, particularmente el Centro de Derechos Humanos de la Montaña Tlachinollan, han conseguido algunos éxitos jurídicos como la declaración de nulidad de las asambleas que la CFE quiso hacer pasar como expresión auténtica de la voluntad de los afectados; el otorgamiento de amparos para detener las obras en sus terrenos, y la atención de instancias de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

El 19 de octubre de 2007, los relatores especiales de la ONU sobre la situación de los derechos humanos y las libertades fundamentales de los pueblos indígenas, Rodolfo Stavenhagen, y para la Vivienda Adecuada, Miloon Khotari, recomendaron al Gobierno Mexicano que suspendiera los trabajos de La Parota porque "no se ha garantizado el respeto de los derechos humanos de los afectados", y le pidieron promover un proceso de diálogo y reconciliación entre las comunidades.

Sin que exista una sentencia legal definitiva, los trabajos de La Parota se suspendieron durante 2009. En los primeros meses de 2010, el gobierno estatal ha pretendido reactivar el proyecto con la misma estrategia de buscar como interlocutor una dirección ilegítima de los comuneros. En los medios políticos de Chilpancingo se afirma que el proyecto se ha frustrado; el gobierno federal encontró que para imponerlo debería pagar un precio político muy alto. Los habitantes que inicialmente habían aceptado los ofrecimientos de la CFE han empezado a dudar y están retractándose de recibir las indemnizaciones por la tierra. La oposición continúa organizada y con varios recursos jurídicos en los tribunales mexicanos, pendientes de ser desahogados. No hay nada definitivo, pero parece que en el caso de La Parota el gobierno federal (panista) y el gobierno estatal (perredista) han sido derrotados por los comuneros, pese a la nueva intentona de revertir la voluntad local por parte del gobernador de Guerrero y la CFE.

En la última década y media es más frecuente que los movimientos locales por la defensa de territorio y de agua busquen el amparo de las regulaciones internacionales de derechos humanos. En el caso de los movimientos indígenas, cuentan además con un número amplio de regulaciones específicas para la tutela de sus derechos, que en forma creciente pueden ser utilizadas también en los litigios frente a tribunales nacionales. Por eso no es extraño que un conjunto de

movimientos locales en México experimenten un proceso de reindianización, al reclamar la protección de esas normas.

Conclusiones

En la investigación social de las causas, manifestaciones y procesos locales de la crisis del agua en México, sería conveniente poner más atención en los que tienen como actores destacados a las comunidades indígenas. Lo que aquí hemos reseñado nos permite afirmar que los asuntos del agua no pueden ser desligados de la construcción y gobierno territorial. En ese campo, sin duda los poderes federales y estatales tienen responsabilidades que jugar, pero no pueden dejar de lado o ignorar para siempre a los actores organizados que ejercen diversas maneras de control y gobierno en el ámbito local. Cuando se trata de agua en México, los pueblos indígenas son particularmente relevantes, cuando menos por los siguientes motivos:

1. Viven, siembran, trabajan, gobiernan en una porción significativa del territorio nacional, especialmente en las cuencas más abundantes, en los parteaguas donde se precipitan las lluvias de ambas vertientes del país.
2. La condición anterior y la vigencia de sus formas de gobierno local los hace actores clave para la conservación hidrológica, pues mantienen la cubierta vegetal, los suelos y la salud de fuentes y corrientes de agua, actividades que todavía hoy encierran un importante conocimiento nativo del cual esos pueblos son poseedores.
3. Han demostrado capacidad organizativa y política para resolver sus propios asuntos, a condición de que se les respeten las fuentes de agua fundamentales que requieren para su propia vida social, económica y cultural.
4. Existen ejemplos suficientes de que saben cómo defender sus patrimonios naturales, territoriales y de agua en condiciones de adversidad por la gran inequidad que los enfrenta con actores sociales que movilizan grandes recursos financieros y de influencia política.

La gestión local que realizan los pueblos y comunidades indígenas tiene enseñanzas qué aportar a otros movimientos reivindicativos que no cuentan con el respaldo de exigir respeto a sus procesos de gestión, a partir de la protección de sus derechos colectivos culturales y económicos. Los mismos movimientos locales parecen darse cuenta de ello, por eso algunos han empezado a explorar la autoadscripción indígena como una posibilidad legítima para contar con mejores recursos en la defensa de su agua, sus territorios y su vida social.

Referencias

Aboites, Luis (1998). *El agua de la nación. Una historia política de México (1888-1946).* CIESAS, México.

——, Luis (2009). *La decadencia del agua de la nación. Estudio sobre desigualdad social y cambio político en México. Segunda mitad del siglo XX.* El Colegio de México, México.

Aguilar, Jasmin *et al.* (2002). *Normas comunitarias indígenas y campesinas para el acceso y uso de los recursos naturales.* GAIA-GEA, México.

Ávila Méndez, Agustín (2008). *Catálogo de comunidades indígenas de San Luis Potosí (resultados preliminares)*, informe técnico, Programa Agua y Sociedad. El Colegio de San Luis, San Luis Potosí.

Barabas, Alicia y Miguel Bartolomé (1973). *Hydraulic development and Ethnocide. The Mazatec and Chinantec People of Oaxaca*, en International Workgroup for Indigenous Affairs, 15, Copenhague.

——, Alicia (2003). "Introducción: una mirada etnográfica sobre los territorios simbólicos indígenas", en Alicia Barabas (coord.), *Diálogos con el territorio*, Vol. I. CONACULTA-INAH, México.

Boege, Eckart (1988). *Los mazatecos ante la nación. Contradicciones de la identidad étnica en el México actual.* Siglo XXI, México.

——, Eckart (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas.* INAH-Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México.

Boelens, Rutgerd (2002). *Water Law and Indigenous Rights: Research, Action and Debate*, en WALIR Studies, Volume 2. Wageningen University/IWE and United Nations/CEPAL, Wageningen.

——, Rutgerd, Dik Roth y Margreet Zwarteveen (2004). "Pluralismo legal, derechos locales y gestión del agua: entre el reconocimiento analítico y la estrategia política", en Francisco Peña (coord.), *Los pueblos indígenas y el agua: desafíos del siglo XXI*. IMTA-WALIR, COLSAN, México.

Burguete Cal y Mayor, Aracely (1998). *Sistemas normativos indígenas y disputas por el agua en Chamula y Zinacantán, Altos de Chiapas.* Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Camacho, Gloria (1998). "Proyectos hidráulicos en las lagunas del alto Lerma (1880-1942), en Blanca Estela Suárez Cortez (coord.), *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940).* Comisión Nacional del Agua, CIESAS, IMTA, México.

Consejo de Ejidos y Comunidades Opositores a la Presa La Parota (2005). "Petitoria al H. Tribunal Latinoamericano del Agua", 6 de febrero, México.

Carrasco, Tania, Raúl Benitez Manaut y Armando Rodríguez Luna (2007). "La crisis de Chiapas: negociaciones, democracia y gobernabilidad", en *LIMINAR, Estudios sociales y humanísticos*, Vol. V, Núm. 2, julio-diciembre. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.

Dehouve, Danièle (2001). *Ensayo de geopolítica indígena. Los municipios tlapanecos.* CIESAS-Miguel Ángel Porrúa-CEMCA, México.

Díaz Polanco, Héctor (1998). *La rebelión zapatista y la autonomía.* Siglo XXI, México.

Durand, Leticia (2005). "Los mitos y la conservación ambiental". Revista LIDER, Vol. 13, año 10, pp. 215-225, Osorno, Chile.

Gelles, Paul (2004). "Etnohidrología, desarrollo y política cultural en la sierra peruana", en Francisco Peña (coord), *Los pueblos indígenas y el agua: desafíos del siglo XXI.* WALIR-IMTA-SEMARNAT, El Colegio de San Luis, México.

——, Paul (2006). *Indigenous Peoples, Cultural Identity and Water Rights in the Andean Nations*, WALIR Studies, Volume 7. Wageningen University, Wageningen.

Giménez, Gilberto (2007). *Estudios sobre la cultura y las identidades sociales*, Cap. V, "Territorio, paisaje y apego socio-territorial". ITESO-CONACULTA, México.

Gómez Fuentes y Anahí Copitzy (2006). *El frente mazahua: la lucha por el derecho al agua.* Tesis de maestría, CIESAS, Guadalajara.

Gray, Andrew (1996). Indigenous Rights and Development. Self-Determination in an Amazonian Community. Berghahn Books, Oxford.

Hernández, Rosalva Aída, Sarela Paz y María Teresa Sierra (coord.) (2004). *El Estado y los indígenas en tiempos del PAN: neoindigenismo, legalidad e identidad.* CIESAS-Miguel Ángel Porrúa, México.

Kessel, Juan van (2002). Tecnología Aymara: un enfoque cultural, Cuaderno de Investigación en Cultura y Tecnología Andina Núm. 5. Instituto para el Estudio de la Cultura y Tecnología Andina, Tocopilla.

Luna Escalante, Gustavo (2007). *Derechos, usos y gestión del agua en el territorio Yaqui.* Tesina, El Colegio de Sonora, Hermosillo.

López Bárcenas, Francisco (2005). *Autonomía y derechos indígenas en México.* CEIICH-UNAM, Ediciones Coyoacán, México.

Merino, Leticia (coord.) (1997). *El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad*. UNAM-SEMARNAP-World Resources Institute-Consejo Mexicano para la Silvicultura Sustentable, México.

Moreno Vázquez, José Luis (2006). *Por debajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005.* el Colegio de Sonora, Hermosillo.

Nigh, Ronald y Nemesio J. Rodríguez (1995). *Territorios violados.* Colección Presencias, INI-CNCA, México.

Peña, Francisco (2004). "Gestión local y control estatal del agua en regiones indígenas de México", en Peña (coord.), *Los pueblos indígenas y el agua: desafíos del siglo XXI.* El Colegio de San Luis, SEMARNAT-IMTA, WALIR, México.

Sánchez, Martín (1993). "La herencia del pasado. La centralización de los recursos acuíferos durante el porfiriato 1888-1910", en *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, No. 54. El Colegio de Michoacán, Zamora.

Serrano, Enrique, Arnulfo Embriz y Patricia Fernández (coord.) (2002). *Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México.* INI, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, CONAPO, México.

Valle Esquivel, Julieta (2003). "Hijos de la lluvia, exorcistas del huracán: el territorio en las representaciones y las prácticas de los indios de la Huasteca", en Alicia Barabas (coord.), *Diálogos con el territorio*, Vol. II. CONACULTA-INAH, México.

17. El agua en el noreste

Jesús Adolfo Román Calleros*
Alfonso Andrés Cortez Lara**
Roberto Soto Ortiz*
Fernando Escoboza García*
Oscar A. Viramontes Olivas***

Resumen

Este trabajo presenta un análisis comparativo de las regiones hidrológicas del estado de Baja California y extremo noroeste de Sonora. Se distingue la heterogeneidad y complejidad que envuelve el proceso de uso y manejo del agua en esta región árida y con alta competencia por un recurso hídrico escaso. Se presentan algunos elementos de juicio que permiten entender la dimensión de la problemática del agua en el noroeste de México. En este análisis, se incluyen características de disponibilidad, demanda, abasto y eficiencia en el uso y manejo del agua, así como la discusión de algunos aspectos de desarrollo económico, social y tecnológico relacionados con el recurso agua. El trabajo se enfoca en la revisión de aspectos de disponibilidad, distribución, uso y aprovechamiento del recurso en los cinco municipios que integran el estado de Baja California y el municipio de San Luis Río Colorado, en Sonora a efecto de considerar a usuarios que comparten la misma fuente de agua, el río Colorado. Además, se analizan los retos, riesgos y oportunidades que enfrenta la sociedad en general con el fin de lograr un desarrollo regional armónico en un contexto de escasez y alta competencia por el recurso agua. Se analizan también las fuentes de agua en cuanto a calidad, cantidad y delimitación de dominio geopolítico. Lo anterior permite visualizar aspectos críticos que deben revisarse con miras al replanteamiento de las políticas públicas del agua que propicien la asignación equitativa, eficiente y sustentable de este recurso base del desarrollo regional.

* Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Baja California.
** Profesor-Investigador Titular, El Colegio de la Frontera Norte.
*** Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Introducción

En este capítulo se realiza un análisis comparativo de las diferentes regiones hidrológicas que comprenden el estado de Baja California y extremo noroeste de Sonora. Se describe el heterogéneo y complejo proceso de uso y manejo del agua característico de una región árida y con alta competencia por el recurso hídrico que desde hace varias décadas se observa en esta y en toda la región fronteriza del norte de México (COLEF, 2002; Cortez, Whiteford y Chávez 2005).

Este apartado presenta algunos elementos de juicio que permiten al lector conocer y entender la dimensión de la problemática del agua en el noroeste de México. En el análisis, se incluyen características de disponibilidad, demanda, abasto y eficiencia en el uso, así como el análisis de algunos aspectos de desarrollo económico, social y tecnológico relacionados con el manejo del agua del agua.

Esta región se ubica en latitudes que coinciden con los grandes desiertos del mundo y, por ende, puede ser observada como una combinación compleja de abundancia, escasez y mal uso y manejo del agua. También es posible encontrar en ella una gran variedad de condiciones climatológicas y ambientales, que dan origen a una amplia gama de subregiones con alta biodiversidad cuyo ordenamiento y manejo han estado sujetos a leyes y reglamentos que son con frecuencia ignorados o, en el mejor de los casos, muestran dificultad en su implementación.

Específicamente, este trabajo se enfoca al análisis de la disponibilidad, distribución, uso y aprovechamiento del recurso agua en los cinco municipios que integran el estado de Baja California e incluye además el municipio de San Luis Río Colorado, en el estado de Sonora, considerando así a todos los usuarios que comparten la misma fuente de agua, el río Colorado. Se identifican y cuantifican los principales cuerpos de agua de esta región, así como su ubicación geográfica. Se analizan los retos, riesgos y oportunidades que, en términos de asignación del derecho a disponer de agua, enfrenta la sociedad en general, con el fin de lograr el desarrollo armónico entre los usuarios, dentro de un contexto evidente de exigencia de optimización debido a la escasez y alta competencia por el recurso. Se analizan también las fuentes de agua en cuanto a calidad, cantidad y delimitación de dominio geopolítico, al igual que las características relevantes de los recursos hidrológicos. Lo anterior con el objeto de visualizar aspectos críticos que deben re-evaluarse en términos del diseño de políticas públicas que propicien el ordenamiento y la asignación equitativa y eficiente del recurso base del desarrollo regional.

Características hídricas de la región

La fuente principal de agua de la región proviene del río Colorado que abastece para el consumo humano y productivo a la mayor parte de la población del

estado de Baja California que corresponde a los municipios de Mexicali, Tecate y Tijuana y, en el estado de Sonora, al municipio de San Luis Río Colorado. La región de Mexicali forma parte de la cuenca hidrológica del río Colorado, en su región deltaica y equivale a 0.5% (3,522 km^2) del total del área de la cuenca, aunque sin aportar volumen de agua al cauce. El abastecimiento de agua para la región depende en 57.47% (1,850 Mm^3/a) de la fuente superficial que proviene del río Colorado, la cual es entregada anualmente por el gobierno estadounidense a México, de acuerdo con el Tratado de Aguas Internacionales que ambos países firmaron el 3 de febrero de 1944. Bajo esta perspectiva, la entidad se convierte en una de las pocas regiones privilegiadas, que de manera permanente, sin contar con un régimen de lluvias apreciable, recibe agua para el desarrollo de sus actividades. La región que incluye Mexicali y San Luis Río Colorado también dispone de fuentes subterráneas en el orden de 21.74%, que equivale a 700 Mm^3/a, volumen que se extrae mediante la operación de 725 pozos profundos. El acuífero que subyace en el Valle de Mexicali se recarga por las infiltraciones del propio río Colorado, en su trayecto libre al Golfo de California. Es importante subrayar que el total del agua disponible en la región (Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora) alcanza 3,219 Mm^3/a y el municipio de Mexicali aporta 2,550.234 Mm^3/a, que equivalen a 79.22% (CONAGUA, 2008).

El estado de Baja California se ubica en el extremo noroeste de la República Mexicana, dentro de la franja territorial que a nivel nacional es reconocida por las regiones áridas y semiáridas, pero que además, a nivel mundial, es donde se ubican los grandes desiertos del planeta, cuya característica principal es la escasez de agua para consumo humano. No obstante la falta de agua, esto no ha sido factor limitante para propiciar el desarrollo económico y social de una de las regiones económicamente más importantes de México, donde casi 4 millones de habitantes han establecido su forma de vida con gente que, al provenir de todas las entidades del país, conforma un mosaico de culturas, tradiciones y costumbres que da origen a una nueva comunidad en la frontera norte de México.

Baja California limita al norte con Estados Unidos, en una extensión de 265 km (de un total de 3,181 km de frontera con ese país), donde 233 km colindan con el estado de California y los 32 km restantes con el estado de Arizona. Para ambos países, esta frontera es de suma importancia, ya que permite la existencia de relaciones comerciales, industriales, laborales y turísticas, tanto en la parte norte de Baja California, como en la parte sur de California, lo que constituye una de las regiones más dinámicas y prósperas de Estados Unidos, a la cual concurre una inmensa cantidad de trabajadores mexicanos, legales e ilegales. En esta región, la relación entre los dos países adquiere una característica adicional, debido a que el agua que consume la población es compartida. Al este de Baja California, la región colinda con el municipio de San Luis Río Colorado, Sono-

ra, y con el Golfo de California; al sur, con el estado de Baja California Sur, y al oeste, con el Océano Pacífico. En total, la región cuenta con una superficie de 72,057.62 km^2, en la cual se incluyen 281.47 km^2 que corresponden al municipio de San Luis Río Colorado ya que forma parte de la misma región hidrológica.

En Baja California se identifican 49 cuencas hidrológicas, y a partir de ello se delimitan 177 subcuencas. La región presenta condiciones particulares en cuanto a escurrimientos superficiales, ya que la mayor parte de ellos se presentan en las cuencas costeras del Pacífico, que son generadas por las lluvias estacionales de invierno, con flujos de poca importancia.

Condiciones climatológicas de la región

El clima de la región es seco y cálido, con partes templadas en la costa del Pacífico y las zonas serranas. Köppen clasifica cuatro tipos principales de clima: semidesértico (bajo delta del Río Colorado y planicie oriental), templado (desde la frontera noroeste hasta el Valle de San Quintín), templado húmedo (parte central montañosa) y desértico (al sur, en las planicies). Las lluvias son escasas en la mayor parte de la región; la franja costera del Golfo de California presenta la menor incidencia, especialmente en el delta del Río Colorado, con un registro medio anual cercano a 65 mm. Una particularidad relevante en la climatología de Baja California es la disposición en toda la porción central y occidental de las sierras, que dan origen a los diferentes climas. Las lluvias más importantes se registran en las zonas central y norte del estado y conforme asciende de la costa a la sierra, donde se capta la humedad que proviene del océano. Las precipitaciones máximas ocurren de diciembre a marzo y las de menor cuantía de abril a noviembre, para un promedio anual de 215 mm (CONAGUA, 2008).

La temperatura media anual varía, según la región, en el rango de 6 °C a 22°C, ya que puede tratarse de región de montaña, región de costa del Pacífico o región de desierto. Esta última tiene temperaturas extremas, por lo que es necesario señalar que las temperaturas medias anuales de esta región no representan las condiciones reales, pues durante el verano, en el área de desierto, es frecuente que se presenten temperaturas superiores a 50°C (el registro más alto es de 53.6°C, del 28 de julio de 1995). Durante el invierno, las temperaturas pueden ser menores a 5°C, lo que da como resultado uno de los climas más extremosos del país, en especial el municipio de Mexicali, donde durante el verano se registran las temperaturas más altas de México.

Desde la perspectiva anterior, la presencia frecuente de sequías es causa de los mayores daños económicos; sin embargo, lo errático del clima hace que en algunas ocasiones se presenten escurrimientos torrenciales en las regiones de montaña y costa, por lo que las inundaciones también pueden ser causa de daños de

consideración. Estos eventos se presentan principalmente debido a que se rebasa la capacidad de drenaje natural de los suelos, o bien, por la falta de capacidad de almacenamiento de las estructuras hidráulicas, el rompimiento de bordos de defensa o, en general, por la operación deficiente de la infraestructura hidráulica. Otra causa de daños es atribuible a la falta de coordinación interinstitucional, al realizarse obras poco eficientes que aumentan el riesgo de inundaciones.

Durante el periodo de registro de lluvias de 49 años (1959-2008), se anota que las precipitaciones mayores de 100% del promedio anual (132 mm) se han presentado únicamente en nueve ocasiones: 1965, 1976, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983, 1993 y 1995. Se tiene registro que los escurrimientos de mayor importancia que ocasionaron daños en las ciudades de Tijuana, Tecate, Ensenada y Mexicali se presentaron en 1978, 1983 y 1993.

Es conveniente señalar que, durante los periodos que comprenden de 1978 a 1981 y de 1983 a 1988, se presentaron volúmenes extraordinarios en el cauce del río Colorado, y que hubo necesidad de desfogar del sistema de presas estadounidense más de 100,000 Mm^3 de agua, que impactaron de manera adversa en una amplia superficie de cultivos agrícolas y zonas urbanas del Valle de Mexicali, y en donde más de 20,000 hectáreas en el sur del Valle de Mexicali resultaron inundadas, incluidas las cosechas, que no fue posible rescatar (Trava, 1991).

La disponibilidad de agua en Baja California

Contraria y paradójicamente a lo que pudiera observarse desde una perspectiva satelital, donde la Península de Baja California está rodeada de agua, vemos que la realidad es otra muy diferente, ya que la mayor parte del estado presenta serias deficiencias por el abasto de agua para consumo humano. Con base en el análisis de disponibilidad de agua de los cinco municipios, podemos observar que sólo el municipio de Mexicali dispone de manera permanente de un volumen de agua que le permite cubrir la demanda de la mayor parte de la población, durante todos los meses del año. Esto ha sido posible gracias a que los gobiernos de México y Estados Unidos, tras 50 años de negociaciones diplomáticas, acordaron la firma del Tratado de Aguas Internacionales, mediante el cual se regulan las aguas que escurren en tres cauces internacionales compartidos: el río Tijuana, el río Bravo (Grande) y el río Colorado.

A través del río Colorado se entrega anualmente a Baja California un volumen de 1,850**.**234 Mm^3/a que equivale al 9.1% del escurrimiento base anual del río Colorado (20,350.10 Mm^3/a), mismo que es controlado en su totalidad por el gobierno estadounidense (CILA, 2000). En este punto cabe hacer la aclaración que en realidad no todo este volumen proviene del cauce del río Colorado. Para la entrega oficial de agua a México se han establecido dos sitios oficiales: el Lin-

dero Internacional Norte, conocido como presa derivadora José María Morelos y el Lindero Internacional Sur, ubicado en el municipio de San Luis Río Colorado, Sonora. En el primer sitio se entregan 1,673 Mm^3/a mientras que en el Lindero Sur se derivan 177.234 Mm^3/a; sin embargo, esta agua del Lindero Sur no es para consumo humano e inclusive es inapropiada para uso directo en la agricultura considerando la elevada concentración de sal. Para atender este ultimo problema técnico, el gobierno de México ha establecido, en el sitio conocido como La Licuadora, un procedimiento para el mezclado de estas aguas, con agua del acuífero y del río Colorado con el fin de reducir la concentración total de sal y adecuar el agua para fines productivos.

No obstante lo anterior, esta región del valle presenta la más baja calidad del agua. A pesar de ello, se acepta que, gracias a este volumen, ha sido posible establecer los planes de desarrollo económico y social de la entidad sobre bases reales de disponibilidad de agua que proviene de este río, que nace en territorio estadounidense, y que recorre casi 2,500 km a lo largo de siete estados del vecino país del norte, hasta desembocar en el Golfo de California, en territorio mexicano. El agua que llega a México por conducto del río Colorado es en gran medida agua que ha sido reciclada y esto se evidencia aún más durante la época de invierno, cuando la programación de la demanda de agua mexicana se reduce significativamente y, consecuentemente, se observa una elevación significativa del nivel de la concentración de sal y sólidos totales disueltos en el agua. Los niveles de concentración de la salinidad en el agua se incrementan hasta en 20%, lo que se le ha hecho notar a la sección estadounidense Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) en diversos foros académicos; sin embargo, el gobierno de México no ha logrado avances que tiendan a resolver este problema permanente. Por su parte, el gobierno de Estados Unidos afirma no violar el Tratado de Aguas Internacionales, considerando que los promedios anuales de salinidad cumplen con la norma establecida en el Acta 242 de 1973, lo cual es cierto, sin embargo, son las variaciones diarias y mensuales las que continúan afectando la acumulación de sales en aguas y suelos agrícolas mexicanos (Cortez, 2005; Cortez, 2010).

El Acta 242 establece que la concentración del agua derivada en la presa Morelos deberá tener 121 ± 30 ppm, respecto de la concentración del agua que se presente en la presa Imperial situada 40 km aguas arriba en el lado estadounidense. El problema radica en que el volumen entregado durante el invierno es utilizado en tierras que no tienen las condiciones de drenaje agrícola natural que les permitan eliminar las sales contenidas en el agua. Para el gobierno estadounidense resulta muy conveniente hacer este ajuste de concentraciones para cada tres años, ya que, como todo es en promedio trianual, cualquier concentración, por alta que sea, puede ser utilizada por ellos.

Se ha establecido de manera experimental que un cultivo invernal de las características del Valle de Mexicali que utiliza estas aguas puede tolerar hasta 1,180 ppm, pero se ha recibido agua con concentraciones de más de 1,200 ppm. Éste y otros puntos similares deben ser tratados por nuestros diplomáticos con su contraparte estadounidense. Ante este escenario, la CILA sección mexicana no ha logrado ninguna acción efectiva.

Orografía

El eje geológico principal de la región lo integra la cordillera peninsular que forma a la vez un parte aguas que por un lado drena con pendiente abrupta hacia el Golfo de California (zona calida y seca) y por el otro drena con pendiente menos pronunciada hacia el Océano Pacífico (zona templada con lluvias en invierno). Destacan la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, que se extienden, a lo largo de la península, desde el límite internacional hasta la mitad del estado de Baja California. Las elevaciones más importantes (con presencia de lluvias) varían entre 1,800 m y 2,000 m y se presentan en la Sierra de San Pedro Mártir. Hacia el sur del estado, se presentan otros dos macizos montañosos, aunque de menor altitud, con lluvias escasas: las sierras Asamblea y Libertad, con elevaciones entre 400 m y 1,000 m. De estas características orográficas, se observa que las comunidades de la costa del Pacífico, aunque registran una mayor cantidad de lluvias, son las que presentan problemas de abasto y calidad debido a que dependen de extracción de agua subterránea y de acuíferos altamente sobreexplotados mientras que la zona desértica recibe la aportación segura del río Colorado y del acuífero del Valle de Mexicali.

Aspectos del abasto de agua

En abril de 1974, por disposición del presidente Luis Echeverría Álvarez, y tomando como base el agua extraída por los pozos de la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, se asignó a las cuatro ciudades de Baja California y a la ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora, un volumen de agua para usos urbanos que garantizara el abasto a la población. El antecedente que marca el origen de este volumen lo da precisamente el presidente Echeverría, cuando en 1972 solicita al gobierno estadounidense que se resuelva, con base en el Tratado, el problema de la salinidad de las aguas del río Colorado (periodo 1961-1973) que son entregadas a México. Ante la continua negativa del gobierno estadounidense, el Presidente dio instrucciones al Secretario de Recursos Hidráulicos, Leandro Rovirosa Wade, para la construcción de una batería de pozos profundos en el área fronteriza Arizona-Sonora, frente al Valle Agrícola de Yuma, donde se ubica un acuífero con excelentes características de extracción de volúmenes. El propósito

de estos pozos era proporcionar a las ciudades de la región agua de buena calidad y hacerle saber al gobierno vecino que México rechazaba esa agua de pésima calidad. La respuesta fue casi inmediata (Rabasa, 1968). El efecto de extracción de los pozos mexicanos de la Mesa Arenosa afectó gravemente los pozos del lado estadounidense al disminuir el nivel estático del acuífero, situación que hizo recapacitar a los vecinos, quienes propusieron una solución definitiva al problema de la salinidad. No obstante, los pozos ya estaban construidos, y han servido para mantener el equilibrio en la demanda de agua urbana de las ciudades de la región. Ambos gobiernos acordaron, en el Acta 242 de la CILA, no extraer, con estos pozos, más de 197.358 Mm^3/a (Román, 2001).

La cantidad asignada fue distribuida de la manera siguiente (Cuadro 1): Mexicali, 82 Mm^3/a; Tijuana, 80 Mm^3/a; Ensenada, 9 Mm^3/a; Tecate, 3.358 Mm^3/a, y San Luis Río Colorado, Sonora, 23 Mm^3/a, que en total es el volumen máximo que los pozos de la Mesa Arenosa tienen autorizado extraer del subsuelo y que en ese tiempo se estimaba sería la solución al problema de abasto de agua para usos urbanos. No obstante esta disponibilidad, y al paso de los años, diversos estudios han evidenciado la existencia de un desequilibrio entre los volúmenes de agua dulce disponible y la creciente demanda de agua para usos urbanos e industriales, principalmente entre el municipio de Mexicali y los municipios de la zona costa del Océano Pacífico del estado (Román, 2001; Román y Ramírez, 2003). Esta situación ha dado como resultado que, en las ciudades de Tijuana, Tecate, Rosarito y Ensenada, la asignación de agua por habitante haya disminuido durante los últimos diez años (2000-2010) lo cual representa un factor limitante del desarrollo regional. Datos oficiales señalan que en la actualidad Baja California dispone de un volumen de agua dulce que asciende a 3,219 Mm^3/a (CONAGUA 2008). Con esto, vemos que la asignación de agua que se hizo durante el mandato del presidente Luis Echeverría Álvarez -de disponer de hasta 197.358 Mm^3/a-, a 36 años de distancia es insuficiente para cubrir una demanda creciente de agua urbana e industrial, y donde el costo de las alternativas de solución es muy alto.

Las causas de la escasez de agua en la región

Tal como ha ocurrido en la gran mayoría de los casos de escasez de agua en el mundo, el problema de escasez de agua para usos agrícola, urbano e industrial en Baja California se ha presentado durante los últimos 40 años, debido al acelerado crecimiento poblacional, el cual se ha intensificado en los últimos diez años. Las altas tasas de crecimiento demográfico registradas en la ciudad de Tijuana (5.1%) en la última década muestran valores muy por encima de los índices promedio a nivel nacional. Esto ha representado un reto permanente de administración para los gobernantes, pues la demanda de bienes y servicios, en ninguno de los casos,

ha podido ser cubierta 100%, debido a la creciente demanda provocada por el fenómeno de la migración interna que cada año recibe la frontera norte de México, con gente que proviene de varios estados del país, como Michoacán, Jalisco, Distrito Federal, Guanajuato, Oaxaca, Zacatecas, Durango y Puebla, considerados como estados expulsores de su población, y aun con gente que viene de Centro y Sudamérica (COLEF, 2002).

Cuadro 1. Fuentes de agua y volúmenes disponibles en Baja California.

Presa José María Morelos	1,673 Mm3
Canal Sánchez Mejorada	177.0 Mm3
Sistema de Pozos Mexicali	700.0 Mm3
Dren La Mesa	32.0 Mm3
Sistema de Pozos Tecate	14.0 Mm3
Sistema de Pozos Tijuana	21.0 Mm3
Sistema de Pozos Rosarito	1.4 Mm3
Sistema de Pozsos Ensenada	221.0 Mm3
Otras fuentes de agua	380.0 Mm3
TOTAL	3,219.4 Mm3

Fuente: CONAGUA (2008).

El antecedente más concreto que marca el inicio de este desequilibrio entre disponibilidad y demanda de agua en Baja California, se presenta cuando la ciudad de Tijuana, en 1972, registra una población de 400,000 habitantes. Es entonces que consideran que la disponibilidad local de agua no era suficiente para cubrir su demanda y solicitan al gobierno de la República que, con base en la firma del Tratado de Aguas Internacionales de 1944, se le otorgue autorización para recibir agua del Río Colorado, a través del acueducto estadounidense que nace en Lago Mohave, de la Presa Parker, y que entrega agua a las áreas metropolitanas de Los Ángeles y San Diego. Para lograr esta entrega de agua, el gobierno de México, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores y la CILA, propuso a su contraparte estadounidense, la aprobación de este acuerdo, el cual quedó asentado en el Acta 240 de la CILA, el 13 de junio de 1972, y la primera entrega de agua a Tijuana se hizo el 14 de agosto de ese mismo año. En este acuerdo se establecen las condiciones del gobierno estadounidense para la entrega de agua a Tijuana, desde la ciudad de San Diego, la cual se haría bombeando agua del represo de Otay, con cargo al Tratado de Aguas Internacionales (Román, 2001).

El gobierno de México se haría cargo de pagar todos los gastos que representara la conexión hidráulica entre ambas ciudades (aproximadamente 1 millón de dólares), más $109.11 dólares por acre-pie (un acre-pie equivale a 1,233.5 m^3) entregado a Tijuana, que, de acuerdo con los técnicos estadounidenses, cubrían los gastos operativos.

El Acta 240 de la CILA establecía que la vigencia del acuerdo era de cinco años, ya que el Distrito Metropolitano de Agua y Electricidad de San Diego argumentó que ellos también habían registrado un incremento en la demanda de agua, por lo que sugerían al gobierno de México que fuera proyectando una solución propia de la entrega de agua a Tijuana en territorio mexicano. De esta iniciativa nace el proyecto de construcción del acueducto Río Colorado-Tijuana, que fue construido en el periodo 1975-1981 y puesto en marcha en noviembre de 1982, con un caudal máximo de diseño de 4 m^3/s (126.14 Mm^3/a) (Román, 2001). No obstante, debido a serios problemas para la terminación del acueducto (Acta 243, CILA), fue necesario solicitar al gobierno estadounidense la ampliación de la fecha de entrega de agua, y para ello se elaboraron las Actas 243, 245, 252, 256, 259 y 260 de la CILA. Una vez concluido el acueducto, Tijuana ha solicitado el apoyo de la ciudad de San Diego para que le entregue agua, debido a problemas operativos del sistema acueducto.

En febrero de 2006, el gobierno de Baja California declaró que el volumen de agua del acueducto Río Colorado-Tijuana ya no era suficiente, y sometió a concurso una obra de ampliación que permitiera conducir 1.4 m^3/s (equivalentes a 44.15 Mm^3/a) adicionales. Esta disposición originó un gran descontento entre los agricultores del Valle de Mexicali, ya que ese volumen adicional habrá de ser descontado de sus derechos actuales de riego. Esto se afirma con base en que el Gobierno del Estado ha declarado que no se dispone de volúmenes adicionales para hacer el envío de agua, y que el proyecto está sustentado en el argumento de la Ley de Aguas Nacionales de 2004, que declara que los usos urbanos de la disponibilidad de agua tienen prioridad sobre cualquier otro uso.

Ante este panorama, podemos afirmar con toda certeza que el problema de abasto de agua en esta región es atribuible, entre otros aspectos, a una heterogénea distribución geográfica, al incremento en el número de usuarios urbanos e industriales, a la baja eficiencia de manejo y conducción agrícola, a errores de planeación agrícola, urbana e industrial, a la falta de coordinación entre sectores, que en conjunto han originado cambios significativos en los patrones de consumo. Esto ha obligado a las autoridades a implementar diversas medidas para contrarrestar este grave desequilibrio, que ha originado que ciudades como Tijuana, Tecate, Rosarito y Ensenada se conviertan en usuarios dependientes de manera permanente, ya que en su ámbito local carecen de agua suficiente para cubrir su demanda.

Las aguas subterráneas

Los acuíferos representan una formación geológica o un conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan y se almacenan aguas del subsuelo, que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento, y cuyos límites laterales y verticales se definen de manera convencional para fines de evaluación, manejo y administración.

Las aguas subterráneas en la región son de carácter estratégico considerando que este recurso hídrico es de gran importancia económica y social que impacta positivamente en el desarrollo. Las principales ciudades localizadas en esta geografía se abastecen de manera significativa de sus acuíferos, los cuales, además, sostienen una de las regiones más productivas del país. La explotación de acuíferos en la región representa alrededor de 40% del total de agua disponible, y entre los acuíferos más importantes se encuentran los de los del valles de Mexicali y San Luis Río Colorado, el acuífero del Valle de Guadalupe, el acuífero de Tecate, el de Maneadero-Ensenada y el de San Quintín. Aunque la mayoría de los acuíferos de la región analizada presentan problemas críticos (5 están sobreexplotados y 7 presentan intrusión marina), estos acuíferos cumplen con el servicio de abasto de agua para consumo humano y para riego agrícola (CONAGUA, 2008).

Particularmente para el caso de acuíferos costeros de la región noroeste, se requiere de una gestión sustentable y una explotación racional de los recursos hídricos en la que se considere la protección frente al fenómeno de intrusión marina. Cada explotación debe ser acorde con las propias condiciones hidrológicas y capacidades naturales de recarga y posteriormente establecer formas eficientes de extraer el caudal disponible para satisfacer las necesidades de los diferentes usos. En un acuífero costero existe una relación de equilibrio natural entre el agua subterránea dulce que descarga al mar, y el agua salada de origen marino que penetra parcialmente tierra adentro, en forma de cuña apoyada en la base del acuífero en su forma más usual. Este equilibrio natural se altera por la acción humana al modificar la descarga de agua dulce al mar, debido a extracciones por bombeos en el acuífero, lo que provoca la intrusión de agua marina tierra adentro. La intrusión marina, en acuíferos sobreexplotados, es un fenómeno común en las áreas costeras que puede dañar, en algunos casos de manera irreversible, la disponibilidad de agua dulce. No obstante que en la región existen más de 4,000 pozos, la gran mayoría aporta agua de mala y regular calidad. Sin embargo, de momento no se tiene otra alternativa para sustituir su operación, por lo que se requiere que la CONAGUA conjuntamente con los usuarios organizados en Asociaciones de Usuarios y los COTAS, establezcan los programas técnicos y tecnológicos que propicien la protección de estos acuíferos y al final de cuentas el uso eficiente del agua.

El agua en las ciudades de la región

El agua en Mexicali

La ciudad de Mexicali y sus más de 250 comunidades rurales que integran el municipio reciben agua para consumo humano, urbano e industrial que proviene del río Colorado y del acuífero (Cortez Lara y García Acevedo, 2000; Cortez Lara, Donovan y Whiteford, 2009). A través del canal principal Independencia, el organismo operador del agua, la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM), que depende del gobierno estatal, recibe el agua para posteriormente, a través de la red de distribución y estaciones de bombeo, realizar el servicio de entrega de agua a nivel domiciliario. Al mes de febrero de 2010 reportaba un total de 312,200 tomas domiciliarias y casi 1,000 tomas industriales, la cuales en conjunto demandan 100 Mm^3/a. Es conveniente mencionar que, no obstante el decreto presidencial de 1974 que establece que Mexicali podrá recibir 82 Mm^3/a, esto en realidad no se ha llevado a efecto, ya que de acuerdo con la CESPM, cada año factura un volumen de 100 Mm^3/a, con una tarifa mínima de $39.00 pesos mensuales, misma que ampara un consumo mínimo de 5 m^3 para uso doméstico, en tanto que una tarifa de $32.00 pesos por m^3 para uso industrial.

En cuanto al proceso de tratamiento, el agua servida sólo es tratada para el decantado de partículas en suspensión y la adición de cloro para eliminar bacterias. Las características topográficas planas de la región hacen que el servicio de entrega a los usuarios no presente ningún problema técnico, salvo el tratamiento para la eliminación de sólidos suspendidos.

Para efectos de satisfacer los volúmenes de agua demandados por la población creciente, la CESPM ha adquirido un volumen adicional de agua proveniente del uso agrícola equivalente a 1,068 hectáreas de derechos de riego, lo que permite realizar el servicio de entrega de agua a usuarios urbanos e industriales. En este sentido, el municipio de Mexicali es el que presenta la mejor disponibilidad de agua de toda la región. No obstante, cabe mencionar que los usuarios agrícolas del Valle de Mexicali, quienes actualmente disponen de 86% del total del agua en la región, han manifestado su preocupación por la demanda extraordinaria de otras ciudades usuarias del río Colorado ubicadas en la zona costa y que pone en riesgo la disponibilidad del vital líquido para los usos agrícolas y pecuarios. En este sentido, los agricultores buscan alternativas que garantice el abasto futuro en los diversos usos y actividades de manera armónica (SRL, 2009).

El diagnóstico del agua para esta ciudad es que aun y cuando se dispone de una fuente de agua segura, ésta es utilizada de manera irracional en todos los niveles de aprovechamiento. Tan sólo el uso agrícola reporta niveles bajos de eficiencia de manejo y conducción del orden de 46%, lo que significaría que cada

año se desperdicien más de 800 Mm^3/a, cantidad que representaría 3.5 veces el agua que actualmente consumen las ciudades de la región. Uno de los aspectos más importantes de la problemática que se enfrentan es la falta de una adecuada coordinación interinstitucional, es decir, entre organismos federales y estatales, pues, a pesar de la creciente demanda y de disponer de un mismo caudal, no han podido avanzar en la definición de una línea estratégica que establezca el orden en la programación, asignación, uso y manejo del agua de manera integral y sustentable.

Por lo anterior, se sugiere en este trabajo la creación de una estructura coordinadora, de carácter estatal, a manera de un Consejo Supremo de Agua, que esté integrado por una representación efectiva e incluyente de los sectores de la población tales como los usos urbanos e industriales, los agricultores, los académicos, entidades gubernamentales y no gubernamentales y donde exista la real posibilidad de expresión, autonomía financiera y toma de decisiones, algo que no ocurre en el actual Consejo de Cuenca de Baja California o en el Consejo de Cuenca del Río Colorado (Castro y Sánchez, 2005).

El agua en Tijuana

Actualmente, la ciudad de Tijuana depende en un 95% del agua que recibe del municipio de Mexicali, a través del acueducto Río Colorado-Tijuana, que a la vez entrega agua a la ciudad de Tecate. No obstante que Tijuana dispone de una pequeña zona donde es posible explotar un acuífero, conocida como La Misión, esta agua, por acuerdo del gobierno municipal, fue cedida a la comunidad de Rosarito a finales de la década de 1990, cuando esta comunidad se convierte en el quinto Municipio de Baja California, asumiendo que el problema de abasto de agua a Tijuana ya estaba resuelto con el funcionamiento del acueducto, la presencia de algunas lluvias estacionales, y la existencia de la presa Abelardo L. Rodríguez, con capacidad de almacenamiento de 118 Mm^3, y la presa El Carrizo, que recibe las aguas entregadas por el acueducto. La presa Abelardo L. Rodríguez, construida en 1934 debido a las escasas lluvias de la región, sólo ha estado llena en tres ocasiones, por lo que su disponibilidad de agua ha sido muy restringida, en comparación con la creciente demanda. El diagnóstico del agua para esta ciudad es que, ante la creciente demanda urbana e industrial, la falta de infraestructura hidráulica para obtener mayores volúmenes de agua de Mexicali, pero sobre todo, ante la falta de una cultura por el uso racional, la población habrá de enfrentar muy serios problemas de abasto que ponen en riesgo la armonía de la sociedad en general. El panorama no es muy halagador; se requiere establecer acuerdos de colaboración conjunta entre usuarios agrícolas, urbanos e industriales, para que se ayuden unos a otros en la solución de sus problemas.

El agua en Tecate

Esta ciudad dispone de una zona de explotación del acuífero Los Pinos, en el arroyo del río Tecate, que en condición de microcuenca hidrológica favorece la recarga de esta zona y la extracción de 23 Mm^3/a de agua, que en la actualidad es en su mayoría utilizada por la industria cervecera de la región, mientras que la comunidad recibe el beneficio del agua entregada vía el acueducto Río Colorado-Tijuana que a su paso también descarga en esta ciudad, para luego ser bombeada a los usuarios. El diagnóstico del agua que podemos enunciar para esta comunidad no es tan catastrófico como el de Tijuana; sin embargo, el solo hecho de que la principal fuente de agua de esta comunidad sea para usos industriales -pues además de la cervecería Tecate existe una industria para elaborar refrescos gaseosos-, hace que la esperanza de crecimiento de la disponibilidad sea muy limitada, por lo que se requiere proponer nuevas alternativas para la obtención de nuevas fuentes de agua que permitan garantizar a la comunidad el abasto en calidad y cantidad. La propuesta hasta ahora es que el acueducto Río Colorado-Tijuana sea ampliado, con el fin de obtener una mayor cantidad de agua, tal como lo ha hecho la ciudad de Tijuana. La falta de una cultura del agua se hace evidente en esta ciudad. Es necesario establecer medidas que al corto plazo permitan garantizar a la población el abasto de agua de buena calidad.

El agua en Rosarito

Esta comunidad, de muy reciente creación como municipio y con una población reducida, se localiza en lo que se conoce como Playas de Rosarito, al suroeste de la ciudad de Tijuana y sobre la vertiente del Océano Pacífico. El agua que dispone esta comunidad proviene del acuífero La Misión, ya que al formarse Rosarito como municipio independiente de Tijuana se le otorgan los derechos sobre estas aguas. Esta agua se destina para usos agropecuarios, domésticos y turísticos. Su volumen de extracción anual es de 1.6 Mm^3, contra un volumen de recarga de 1.4 Mm^3, para una situación considerada aún de equilibrio, aunque precario, con 39 pozos y 115 norias. El diagnóstico para esta pequeña ciudad es que, debido a la gran actividad turística y a la exigencia de agua de buena calidad, muy pronto habrán de registrarse problemas de abasto, por lo que se sugiere que de inmediato las autoridades procedan a instalar plantas de tratamiento y desalación de agua de mar, que es una de las alternativas más viables para esta zona.

El agua en Ensenada

Desde el punto de vista de la disponibilidad de agua, Ensenada es la más favorecida de las cuatro ciudades de la costa del Pacífico de Baja California, ya que

dispone de un acuífero que es abastecido por dos arroyos, El Gallo y El Sauzal, los cuales aportan un volumen de escurrimiento medio anual de 3.90 Mm^3 (CONAGUA, 2008). En esta región se ubica la presa Ing. Emilio López Zamora, que es la única infraestructura hidráulica de la región y se utiliza solamente para el control de avenidas, pues aunque tiene una capacidad de almacenamiento de 6.72 Mm^3, el enorme volumen de azolve que tiene en su vaso impide cualquier aprovechamiento del agua que capta. Con el propósito de abastecer de agua a la población y al turismo que llega a la ciudad, el organismo operador del agua, la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE), ha desarrollado una amplia zona de explotación de pozos, tanto dentro de la mancha urbana como en las cercanías a la ciudad, con el fin de cubrir la creciente demanda de agua para usos urbanos, turísticos e industriales. Cabe mencionar que debido a que la explotación de los acuíferos de esta región ha sido en extremo intensa y desordenada, se ha propiciado el desarrollo del fenómeno de intrusión marina, el cual consiste en que el agua del mar se combina con el agua de los acuíferos, lo que hace que el agua extraída presente características salinas de muy baja calidad.

Se subraya que, aunque el acuerdo presidencial de abril de 1974 dotó a Ensenada con 9 Mm^3/a de agua del río Colorado, este volumen no ha sido utilizado por esta ciudad, ya que el acueducto Río Colorado-Tijuana no dispone de un ramal que haga llegar el agua hasta Ensenada, por lo que la ciudad de Tijuana es la que, en su lugar, ha sido favorecida con este volumen.

La autoridad municipal ha propuesto la construcción de este ramal, con el fin de obtener el volumen de agua que por derecho le corresponde. Al respecto, en el medio académico se ha comentado la inquietud de la gente en Ensenada, en el sentido de que si Tijuana ha estado recibiendo este volumen durante 27 años, el municipio de Tijuana debiera pagar una cantidad de dinero proporcional al volumen que ellos venden a los usuarios en Tijuana, y que este dinero debiera ser utilizado por los ensenadenses para la mejora de obra de infraestructura hidráulica y tratamiento de aguas residuales. Como una forma de atenuar la falta de agua y bloqueo de entrega de agua proveniente del río Colorado a Ensenada, se ha construido, por acuerdo del Gobierno del Estado de Baja California y la CONAGUA, un sistema de bombeo en la zona conocida como Valle de Guadalupe, de vocación agrícola para el cultivo de la vid, donde asientan su influencia las empresas elaboradoras de vinos Luis A. Cetto y Domecq, entre otras, las cuales han manifestado su total rechazo a este tipo de obras. Mediante este sistema se bombea agua a la ciudad de Ensenada, aunque con extracción limitada, pues el acuífero, a diez años de distancia, presenta signos de agotamiento.

Con el propósito de atenuar el problema de la falta de agua en Ensenada, las autoridades han desarrollado la construcción de tres plantas de tratamiento de aguas negras: El Sauzal, El Gallo y El Naranjo, con un caudal total de 650 lps.

Se ha propuesto que el volumen de 450 lps del efluente de la planta de Tratamiento de Aguas Negras El Naranjo, que está ubicada a las afueras de la ciudad y se descarga directamente en el Océano Pacífico, sea intercambiado por agua que provenga del acuífero de la vecina comunidad de Maneadero, que utiliza su agua para el riego de cultivos predominantemente hortícolas. Aparentemente, esta propuesta ha sido aceptada por los productores de Maneadero, a cambio de que el agua tratada sea inyectada en el subsuelo, mediante la construcción de infraestructura hidráulica que permita su aprovechamiento y la recarga del acuífero. Hasta esta fecha, agosto de 2010, no se ha concretado dicho proyecto y el efluente continúa siendo vertido al mar.

El agua en San Luis Río Colorado, Sonora

La ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora, se ubica en la margen izquierda del río Colorado, a 30 km de la presa Morelos, y es el segundo sitio donde Estados Unidos entrega a México parte del agua convenida en el Tratado. La calidad química y bacteriológica de estas aguas presenta características indeseables, debido a que provienen del sistema de drenaje agrícola, urbano e industrial de la ciudad de Yuma, Arizona. Para poder ser utilizadas requieren que se les agregue agua del acuífero y del propio río Colorado, en un lugar denominado "La Licuadora". No obstante que la ciudad tiene en la actualidad una población de 172,824 habitantes y además no presenta problemas de disponibilidad ni abasto de agua porque dispone, al igual que Mexicali, de una dotación segura de 23 Mm^3/a, se enfrenta con la problemática de la operación de los pozos de la Mesa Arenosa, que es de donde debiera obtenerse el agua para consumo de la ciudad. El problema consiste en que los 67 pozos construidos para el abasto de agua a las ciudades están ubicados en una zona de características desérticas, con suelos arenosos y expuestos a la presencia de los fuertes y frecuentes vientos, que originan que tanto los equipos de bombeo, como los canales por donde se conduce el agua, se vean afectados por la presencia de arena que impide su correcto funcionamiento, además de que con frecuencia registran descomposturas que difícilmente son reparadas.

En repetidas ocasiones, esta situación ha provocado disgusto y malestar entre los productores agrícolas, pues, debido a estos problemas, el abasto de agua a las ciudades no se lleva a efecto mediante el agua de los pozos de la Mesa Arenosa como se estipula, por lo que las ciudades se ven precisadas a tomar el agua de los canales de riego, que es para uso agrícola. Uno de los reclamos es que si bien las ciudades utilizan la infraestructura agrícola, también debieran apoyar económicamente en las labores de conservación y reparación de la infraestructura hidráulica. Se ha propuesto incluso que, cuando los pozos de la Mesa Arenosa no

extraigan la cantidad de agua acordada, las ciudades paguen una cantidad de dinero equivalente a las tarifas que les son aplicadas por los organismos operadores.

En cuanto a los servicios, la ciudad de San Luis Río Colorado presenta graves problemas, pues sólo 40% de la población tiene el servicio de drenaje, en tanto que el resto tiene letrinas, o bien fosas sépticas, y bajo las condiciones de los suelos arenosos, esto representa una alta probabilidad de contaminación de los cuerpos de agua.

Algunos aspectos de gestión de cuencas hidrológicas en la región
Cuenca del río Colorado

La cuenca del río Colorado se extiende sobre porciones de siete estados del vecino país del norte y, de acuerdo con el Pacto de Santa Fe firmado en 1922, se subdivide en cuenca alta y cuenca baja. La cuenca alta incluye los estados de Wyoming, Utah y Colorado, mientras que la baja incluye los estados de Nevada, Arizona, Nuevo México y California. Aunque físicamente porciones de los estados de Baja California y Sonora, en México, forman parte de la cuenca del río Colorado, esto no es reconocido por el gobierno estadounidense cuando menciona las divisiones de "cuenca alta" y "cuenca baja". La extensión total de la cuenca es de 634,000 km^2, de los cuales México ocupa 1.6%, divididos en 5,923 km^2 en Baja California y 1,162 km^2 en Sonora (Bernal, 2005).

Debido a que los escurrimientos del Río Colorado, que son de 18,509 Mm^3/a, están asignados en su totalidad a los usuarios, y son controlados por un complejo sistema de presas de regulación y almacenamiento ubicadas a lo largo de su recorrido de 2,500 km, se considera que las aguas de este río están totalmente asignadas. Debido a esta situación, en muy pocas ocasiones se ha visto, en los últimos 50 años, que sus escurrimientos fluyan hacia el Golfo de California, tal como ocurría hasta antes de 1934, fecha que marca el inicio de la construcción de las grandes presas del sistema hidrológico. Luego de un largo proceso de negociaciones diplomáticas de más de 50 años, el gobierno de México logra que se firme el Tratado de Aguas Internacionales entre los dos países, el 3 de febrero de 1944. Así, se asigna a México un volumen garantizado de 1,850.234 Mm^3/a, de los cuales 1,677 Mm^3/a son entregados en la presa José María Morelos, y el resto en el Canal Sánchez Mejorada, en la ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora.

El Tratado estipula que las entregas de agua podrán tener tres diferentes modalidades: a) en condición normal de escurrimiento (1,850.234 Mm^3/a); b) en condición de excedencia (hasta 2,096 Mm^3/a), y c) en condición de sequía extraordinaria, donde el gobierno estadounidense podría reducir el volumen del inciso a) hasta en una proporción similar a lo que se reduzca a los usuarios del lado estadounidense (Enríquez, 1985). Con el agua que llega a México, se abastece a

los usuarios agropecuarios del municipio de Mexicali y San Luis Río Colorado y a los usuarios urbanos e industriales de los municipios de Mexicali, Tecate, Tijuana y Rosarito.

Cuenca Laguna Salada Macuta

Tiene una superficie de 6,069 km² y posee gran cantidad de arroyos efímeros provenientes de la Sierra de Juárez, las Tinajas y Cucapá. Registra una precipitación media anual de 223 mm y un escurrimiento medio anual de 9 Mm^3, y cuenta con un área inundable, que es la Laguna Salada, la cual ocasionalmente recibe las aguas de drenaje agrícola del Valle de Mexicali y los excedentes del Río Colorado.

Cuenca del río Tijuana

Esta cuenca es de carácter internacional, con 4,460 km² de superficie, de los cuales 3,215 (72%) se encuentran en México y el resto (28%) en Estados Unidos de América. Este río genera un volumen escurrido medio anual de 79 Mm^3, con una precipitación media anual de 255 mm. Se origina en el arroyo de Agua Hechicera, que nace en la Sierra de Juárez, y recibe el aporte de tres afluentes antes de llegar a la presa Abelardo L. Rodríguez, de 118 Mm^3 de capacidad de almacenamiento, en el municipio de Tijuana, punto que se denomina Arroyo Las Palmas. Aguas abajo de la presa se denomina río Tijuana, cuyo cauce cruza la ciudad, para luego internarse en territorio de Estados Unidos y desembocar finalmente en el Océano Pacífico, donde en muy pocas ocasiones ha descargado agua de lluvia. Dentro de esta cuenca también está la presa El Carrizo, con una capacidad de 47 Mm^3, ubicada sobre el Arroyo Tecate, cerca de la localidad del mismo nombre. Originalmente se planeó que esta agua fuera utilizada para riego agrícola y abastecimiento de agua potable a la ciudad de Tecate; sin embargo, en la actualidad se utiliza para conservar un almacenamiento estratégico del agua procedente del acueducto Río Colorado-Tijuana con el objeto de garantizar el abastecimiento de agua potable a Tijuana.

Cuenca Arroyo Guadalupe

Tiene una superficie de 2,398 km² y genera un volumen escurrido medio anual de 36 Mm^3, con precipitación media anual de 330 mm. La única corriente superficial de esta cuenca es el Arroyo Guadalupe, que desemboca en la vertiente del Pacífico al norte de la ciudad de Ensenada. En esta cuenca se ubica el Valle de Guadalupe, donde el agua se utiliza en su mayoría para el riego del cultivo de la vid destinada a la elaboración de vinos.

Generalidades de los acuíferos en la región

Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado

Se ubica en el extremo noroeste de Sonora y se vincula a la región peninsular de Baja California, debido a que el acuífero de esta región colinda con el Valle de Mexicali y existen estudios que apuntan hacia las interconexiones entre ambos. Se establece también que este acuífero es compartido con productores del Valle de Yuma, Arizona. Los estratos acuíferos están integrados por sedimentos aluviales del Periodo Cuaternario como arcillas, limos, arenas y gravas que forman parte del delta del Río Colorado, y subyacen a depósitos eólicos recientes ubicados en la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, Sonora. Este acuífero funciona como un acuífero libre, y el nivel estático se ubica en profundidades que varían desde 3 m en el noroeste del área, hasta 40 m en la parte oriente, donde operan 67 pozos para abastecimiento de agua a las ciudades de Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora. La calidad del agua varía de tolerable a salada, con contenido de sólidos de 800 a 2,200 mg/lt. El flujo del agua subterránea es en dirección noreste-suroeste, hacia el Golfo de California. Estos pozos fueron construidos en 1972, por órdenes del presidente Luis Echeverría, durante el conflicto con Estados Unidos por la presencia de altos niveles de salinidad en el agua del Río Colorado. En junio de 1974, se dio a conocer el mandato presidencial donde la totalidad de esta agua (197.357 Mm^3/a) se asigna al abasto de agua de las ciudades de San Luis Río Colorado, Mexicali, Tecate, Tijuana y Ensenada. Hasta la fecha, no ha habido otro mandato presidencial para modificar el volumen de agua entregado, a pesar de que en ninguna de las ciudades de la región el volumen de agua es suficiente, por lo que se ven precisadas a tomar el agua de la agricultura.

Acuífero del Valle de Tecate

Se localiza hacia el sureste de la ciudad de Tecate y cuenta con acuífero libre que está formado por grava, arena, limo y arcilla. Su capacidad de extracción anual varía entre 6 y 8 Mm^3, con recarga del mismo valor, por lo que constituye un acuífero en equilibrio. La extracción se realiza mediante 57 pozos y 30 norias con caudales de 30 lps, y tuberías de descarga de 5 cm de diámetro. El nivel estático varía entre 0.5 y 0.8 m de profundidad. La calidad del agua es de dulce a salada y domina la tolerable con porcentaje de entre 200 y 2,500 mg/lt de sólidos totales disueltos. El agua se destina exclusivamente para uso doméstico e industrial.

Acuífero del Valle de Tijuana

Se localiza al sureste de la ciudad de Tijuana y cuenta con un acuífero tipo libre formado con grava y arena, así como limo y arcilla. Se extraen en promedio 18 Mm^3 al año, con una recarga de 18 Mm^3, lo que constituye una situación de equilibrio. La extracción se realiza con 142 pozos y 274 norias. El nivel estático fluctúa entre 1 y 20 m, con valores máximos (10 a 20 m) en el sur y sureste, y en el resto las profundidades se encuentran entre 1 y 5 m. La calidad del agua es de tolerable a salada, con una concentración de sólidos totales de 500 a 3,000 mg/lt. A partir de 1,150 mg/lt, el agua se considera salada.

Acuífero Ensenada-Maneadero

El acuífero subyace en la zona del municipio de Ensenada, cercano a la ciudad, e incluye parte de las poblaciones de El Sauzal, Villa de Juárez y Maneadero. El acuífero es de tipo libre y se ubica dentro de un relleno costero constituido por sedimentos clásticos aluviales que contienen grava y arena. Tiene una extracción anual de 3.6 Mm^3, con una recarga de 3.5 Mm^3, para una situación de equilibrio. Se cuenta con 28 pozos, 81 norias y 3 galerías filtrantes, con un gasto promedio de 3 y 8 lps y diámetros de salida de las tuberías que varían entre 2.5 y 5.0 cm. El uso del agua es para fines doméstico-urbanos. El nivel estático se ubica entre 1 y 16 m, con fluctuaciones de 2 a 13 m en Villa de Juárez; de 2 a 10 m en El Sauzal, y de 2 a 16 m en Ensenada. La calidad del agua es de tolerable a salada con presencia de sólidos totales, variables de 500 a 9,000 mg/lt. Hasta el año 2000, el acuífero local había permitido autoabastecerse; sin embargo, debido al crecimiento poblacional, fue necesario obtener agua adicional del Valle de Guadalupe y del Valle de Maneadero, ambos en colindancia con la ciudad, dentro del propio municipio de Ensenada.

Respecto al acuífero de Maneadero, cuya agua es para usos urbanos y agrícolas, la ciudad les ha propuesto a los agricultores establecer un intercambio de 500 lps de aguas de drenaje urbano "tratadas" de la planta El Naranjo, por las aguas del acuífero de Maneadero. Esta propuesta no ha sido plenamente aceptada por la comunidad de Maneadero.

Esta zona se localiza en la vertiente del Pacífico, hacia el oeste del poblado Rodolfo Sánchez Taboada. El acuífero es de tipo libre formado por sedimentos de grava, arena y arcilla de origen aluvial. La extracción anual es de 39.5 Mm^3, con una recarga de 18.5 Mm^3, para una situación de sobreexplotación. La extracción se realiza mediante 235 pozos, 4 manantiales y 80 norias, con un gasto promedio de 20 lps y un diámetro promedio en las tuberías de descarga de 5 pulgadas. El agua se destina a fines agropecuarios y domésticos. El nivel estático varía entre 15 y 25 m de profundidad. La calidad del agua es de tolerable a salada, con predo-

minio de esta última, y la presencia de sólidos totales disueltos varía entre 1,000 y 11,000 mg/lt. Se subraya que a lo largo de la zona de la costa del Pacífico del estado de Baja California, la cuenca del Río Tijuana y los arroyos Guadalupe, Ensenada, San Carlos, las Ánimas, Santo Tomás, San Vicente, San Telmo, Santo Domingo, San Simón, el Rosario y San Fernando sirven como colectores principales de las precipitaciones que se registran en el ciclo de lluvias de invierno, entre noviembre y abril de cada año. Todos ellos son explotados intensamente, al grado de ser considerados acuíferos sobreexplotados, con severos problemas de salinidad debido al fenómeno de intrusión marina.

Acuífero del Valle de Las Palmas

Está ubicado al oeste del poblado Las Palmas y al sur de la ciudad de Tecate. Cuenta con un acuífero tipo libre y de buena permeabilidad. Se extraen 6.5 Mm^3 de agua al año y la recarga anual estimada es de 6.5 Mm^3, para una situación de equilibrio, pero con la restricción de veda estricta. La extracción se realiza a través de 46 pozos, 26 norias y 4 manantiales; la profundidad de las obras es de 12 m en promedio, con tuberías de 8 cm de diámetro y un caudal de 10.5 lps. El agua se utiliza básicamente con fines agropecuarios. El nivel estático varía de 1 a 8 m de profundidad, y las máximas profundidades se localizan en el extremo norte del valle. La calidad del agua es de tolerable a salada, con presencia de sólidos totales de entre 1,000 y 4,000 mg/lt.

Acuífero de La Misión

Se ubica en el cauce del arroyo Guadalupe (al norte de Ensenada), en el municipio de Tijuana, que incluye la superficie de la localidad de La Misión. Su acuífero es de tipo libre, de origen aluvial, y está formado principalmente por grava y arena con lentículas de sedimentos limo-arcillosos. Se extraen 7 Mm^3 de agua al año, con una recarga de 7 Mm^3, que lo ubican en situación de equilibrio. La extracción se hace mediante 43 pozos y 67 norias, con un caudal promedio de 4 lps y un diámetro en la tubería de salida de los pozos que varía entre 5 y 10 cm. El agua se utiliza con fines agropecuarios, y en menor proporción con fines domésticos. El nivel estático varía entre 1 y 23 m de profundidad, y las profundidades mayores están hacia el interior del continente y las menores hacia la costa. La calidad del agua es de tolerable a salada, con un contenido de sólidos totales que varía entre 1,000 y 3,000 mg/lt. El agua del acuífero de este valle ha sido utilizada por los habitantes del municipio de Rosarito, que hasta el año 2000 era parte del municipio de Tijuana.

Un problema adicional: el Campo Geotérmico de Cerro Prieto en Mexicali

La zona se ubica a 32 Km al sureste de la ciudad de Mexicali y ocupa una extensión de 74 km^2 dentro del Valle de Mexicali. Desde el punto de vista geotérmico, es la unidad litológica más importante del país, cuyo espesor alcanza 2,200 m y constituye un elemento geológico ideal para la retención del fluido geotérmico. El vapor endógeno obtenido a través de los pozos geotérmicos presenta temperaturas mayores a 360 ºC, y la extracción de este vapor a altas presiones permite accionar el funcionamiento de grandes generadores de energía eléctrica. En la actualidad, existen en operación 165 pozos, en profundidades que varían entre 1,200 m y más de 3,000 m.

Los pozos geotérmicos están equipados con tubería de 4 pulgadas de diámetro y caudales de 45 m^3/h, para una generación total de 720 GW. Derivado de la operación de este sistema de pozos, cada año, a través del vapor endógeno, se producen 63 Mm^3a de agua contaminada, los cuales son depositados en un sistema lagunar como desecho del proceso. Esta agua, que es en esencia salmuera geotérmica, produce un gran foco de contaminación en los niveles freáticos de influencia agrícola, el cual, a través del fenómeno de capilaridad, ha provocado el ensalitramiento de suelos agrícolas de al menos 8,500 hectáreas en el área circundante a este campo geotérmico. Los 165 pozos extraen en promedio alrededor de 100 Mm^3/a, lo que ha provocado el hundimiento de los terrenos, que en algunos sitios alcanza 4.28 m, afectando el movimiento del agua en los canales de riego y el funcionamiento de los drenes agrícolas, que son impedidos para evacuar las aguas contaminadas y afectan de manera adversa los terrenos agrícolas aledaños a este campo geotérmico que opera la Comisión Federal de Electricidad en Baja California (Román, 2005).

Conclusiones

Derivado del análisis realizado en este trabajo, se asienta lo siguiente:

1. Los usuarios agrícolas, urbanos e industriales de la región presentan problemas críticos en torno a la disponibilidad y abasto de agua; sin embargo, se carece de mecanismos de coordinación efectiva que potencie las sinergias hacia los procesos de solución de problemas de falta de infraestructura hidroagrícola y acceso al agua en oportunidad, cantidad y calidad.

2. De los municipios de la región estudiada, sólo el de Mexicali presenta condiciones de abasto seguro. El resto, con 80% de la población estatal, no cuenta con el agua necesaria para sobrevivir.
3. La región presenta un acelerado crecimiento demográfico, con tasas de hasta 5.1% en Tijuana, que ha provocado que la demanda de agua del río Colorado haya incrementado exponencialmente en años recientes.
4. Las fuentes de agua en la región no se han diversificado y hoy en día la única fuente segura es la del río Colorado, garantizada en el Tratado de Aguas Internacionales.
5. La agricultura es el usuario que utiliza el mayor volumen (86% del total) y sin embargo, los niveles de eficiencia en el uso y manejo son bajos (46%).
6. Las ciudades no disponen de derechos de agua que les garantice el abasto futuro.
7. El acueducto Río Colorado-Tijuana ya no es suficiente para cubrir las demandas de agua para las ciudades de la costa del Pacífico de Baja California.
8. No existe entre la población la cultura del uso racional y reuso del agua.
9. Los volúmenes efluentes de las plantas de tratamiento de aguas negras son muy poco utilizados; la mayor parte es vertida al mar.
10. Es necesaria la creación de un organismo novedoso, plural y efectivo, en sustitución de los actuales Consejos de Cuenca, que si puedan establecer el orden y el respeto por el recurso hídrico para bien de generaciones presentes y futuras de usuarios.

Referencias

Alfie-Cohen, M. (2004). *El agua: reto político-ambiental en la región de América del Norte*. Observatoire des Ameriques, Université du Québec á Montréal, No. 37. pp. 1-12.

Bernal, F. A. (2005). Retos Internacionales para el Manejo del agua en el bajo río Colorado. En Cortez Lara, Alfonso Andrés, S. Whiteford y M. Chávez (Eds.) *Seguridad, Agua y Desarrollo. El Futuro de la Frontera México-Estados Unidos*. El Colegio de la Frontera Norte-Michigan State University, pp. 365-415.

Carter, D. *et al.* (1996). "Environmental Health and Hazardous Water Issues Related to U.S. Mexico Border", en *Environmental Health Perspectives*, Vol. 104, No. 6, USA.

Castro R., J.L. y Vicente Sanchez. (2005). "La experiencia de un consejo de cuenca en un contexto binacional: el Consejo de Cuenca de Baja California." En S. Vargas y E. Mollard (editores). *Problemas Socio-Ambientales y Experiencias Organizativas en las Cuencas de México.* México, D.F. y Jiutepec: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Institut de Recherche pour le Développement y CONACYT, pp. 316-330.

Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). (2000). *Ejemplo de Cooperación entre dos Países*. Documento interno. Ciudad Juárez, Chih.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2008). *Estadísticas del Agua en México*. México, D.F.

Cortez Lara, A. A. (2010). "Reflexiones teórico-metodológicas sobre la cultura de sustentabilidad en el manejo de aguas transfronterizas del bajo río Colorado." *Estudios Culturales* 11 (VI) (Enero-Junio). CIC-Museo UABC, Mexicali, B. C. pp. 25-55.

Cortez Lara, A. A., M. K. Donovan y S. Whiteford (2009). The All-American Canal Lining Dispute: An American Resolution over Mexican Groundwater Rights? *Frontera Norte* 41 (21) (Enero-Junio): 127-150.

—— Lara, A. A., Scott Whiteford y Manuel Chávez Márquez. (2005). *Seguridad, Agua y Desarrollo: El Futuro de la Frontera México-Estados Unidos.* Tijuana: El COLEF y Michigan State University, 414 pp. ISBN 968-7947-26-8.

—— Lara, A. A. (2005). "¿Hacia una Gestión Binacional de las Aguas Transfronterizas en la Cuenca Baja del Río Colorado?." En S. Vargas y E. Mollard (editores). *Problemas Socio-Ambientales y Experiencias Organizativas en las Cuencas de México.* México, D.F. y Jiutepec: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Institut de Recherche pour le Développement y CONACYT, pp. 331-355.

—— Lara A. A. y M. R. García Acevedo (2000). The Lining of the All-American Canal: The Forgotten Voices. *Natural Resources Journal*, 40 (2) (Primavera): 261-280.

Currie-Alder, B. (2004). *La Corresponsabilidad Ambiental en el Sureste Mexicano: Procesos de Participación Social en la Gestión de los Recursos Naturales.* Estudio preparado para la Iniciativa de Proyecto Minga. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC/CRDI), Ottawa, Ontario, Canadá.

Distrito de Riego del Río Colorado (SRL). (2009). "Reunión de trabajo e informativa con funcionarios de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Banco de Desarrollo de America del Norte (BANDAN) para evaluar alternativas de financiamiento para aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego en el Valle de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora." Mexicali, B. C. Junio 25 de 2009.

El Colegio de la Frontera Norte (COLEF). (2002). *Diagnostico Integral para el Plan de Desarrollo de la Frontera Norte*. El COLEF, Tijuana, B. C. 35pp.

Enríquez C., E. (1985). *El Tratado entre México y los Estados Unidos de America sobre Ríos Internacionales. Una lucha nacional de 90 años*. Tomo I. FCPS, Serie Estudios, UNAM, México, D.F.

Rabasa, O. (1968). El Problema de la Salinidad de las Aguas entregadas a México en el Río Colorado. Estudio jurídico de los derechos de México conforme a los princípios generales del derecho internacional. Secretaría de Relaciones Exteriores. Gobierno Mexicano.

Román, C. J. (2005). "El Sistema Hidrológico del Río Colorado: sus impactos en el Delta Mexicano." *Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Octubre de 2005.

——, C. J. y J. Ramírez (2003). "Aspectos de la interdependencia en el abasto de agua en la frontera : valles de Imperial y Mexicali." En Suzanne Michel (ed.). *The U.S.-Mexican border environment: Binational Water Management Planning*. SERP Monograph Series, No. 8, San Diego State University Press, San Diego Ca.

——, C. J. (2001). *El Delta del Río Colorado: impactos del desarrollo urbano sobre la agricultura regional*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas.

Trava M. J. L. (1991). "El Manejo del agua en México. Estados sección oeste: Baja California y Sonora. Aspectos físicos, biológicos, ecológicos y socioeconómicos." En Trava M., José Luis, Jesús Román Calleros y Francisco A. Bernal R. (compiladores). *Manejo ambientalmente adecuado del agua. La frontera México-Estados Unidos*. El Colegio de la Frontera Norte. Mexicali, B. C., pp. 143-227.

18. El agua en la frontera sur de México: entre continuidades y claroscuros

Edith F. Kauffer Michel*
Antonino García García**
María Guadalupe Solís Hernández*

Resumen

En su frontera sur, México comparte aguas con Guatemala y Belice bajo diversas modalidades articuladas con tres tipos de continuidades más allá de la frontera política: la continuidad natural de las cuencas transfronterizas, la abundancia de recursos hídricos que fluyen de un país a otro y un continuum cultural indígena de normas y cosmovisiones en torno al agua. A pesar de la existencia de estas continuidades, la situación de las cuencas transfronterizas presenta una serie de aspectos que reafirman la presencia de las fronteras establecidas por los Estados nacionales.

Palabras clave:

Belice, continuum, cuencas transfronterizas, Guatemala, México, recursos hídricos.

* Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)-Sureste
** Doctorado en Ecología y Desarrollo sustentable, El Colegio de La Frontera Sur.

Introducción

En la frontera que México comparte con Guatemala y Belice, el agua es omnipresente. La mayor parte de la frontera México-Guatemala es fluvial (53%) y corresponde a los ríos Suchiate y Usumacinta, mientras que la casi totalidad de la frontera con Belice (87%) está conformada por el río Hondo. Varios humedales se extienden más allá de la línea de división internacional entre México y Guatemala, y numerosos ríos transfronterizos de distintos tamaños se suman a los tres ríos internacionales anteriormente mencionados.[1] A éstos, podemos añadir algunas lagunas y pequeños lagos divididos artificialmente por la demarcación política, así como aguas subterráneas cuyas conexiones transfronterizas no han sido exploradas a través de estudios detallados. Esta variedad de corrientes y de cuerpos de agua forma seis cuencas transfronterizas de diversos tamaños, de las cuales dos drenan hacia el Océano Pacífico, tres hacia el Golfo de México y una hacia el Mar Caribe.

La omnipresencia de agua en la frontera sur se presenta de forma natural y se articula en el escenario transfronterizo con dinámicas políticas estatales y con relaciones internacionales construidas desde las sociedades locales. Así, el agua es, a la vez, una herramienta de división política y de expresión de soberanía territorial para los Estados y un instrumento fundamental de comunicación y de intercambio para las poblaciones locales instaladas en ambos lados de la frontera política. En efecto, dicha frontera se caracteriza por su porosidad y su permeabilidad dado que fue establecida por los Estados nacionales a finales del siglo XIX en un escenario de continuidad cultural, en particular en la parte mexicano-guatemalteca, donde separó a varios grupos etnolingüísticos como el mam y el jacalteko.

A pesar de la omnipresencia del agua en su relación con aspectos fronterizos y a diferencia de la frontera con Estados Unidos de América, la frontera sur parece ser poco relevante en materia hídrica para el gobierno mexicano y sus vecinos sureños. Asimismo, la dimensión fronteriza y transfronteriza del agua es escasamente estudiada en la región (Kauffer, 2005). Dos razones pueden explicar esta situación. En primer lugar, la frontera entre México, Guatemala y Belice constituye una zona alejada de los centros políticos nacionales y de las capitales de los estados mexicanos, de los departamentos guatemaltecos y de los distritos beliceños, por lo que resulta excluida históricamente de los principales procesos nacionales de desarrollo.[2] En segundo lugar, la abundancia de agua de dicha zona,

[1] Los ríos internacionales forman la frontera fluvial, mientras que los ríos transfronterizos fluyen del territorio de un Estado nacional a otro, así que cruzan la frontera.

[2] Administrativamente, la frontera sur abarca los cuatro estados fronterizos que son, de poniente a oriente, Chiapas, Tabasco, Campeche y Quintana Roo. También corresponde a la frontera norte de los departamentos guatemaltecos de San Marcos, Huehuetenango, El Quiché y El

que contrasta con la escasez de otras regiones de México o de Guatemala, puede haber producido cierto desinterés de los Estados mexicano y guatemalteco debido a que su atención no es prioritaria,[3] aun cuando la cobertura de los servicios públicos de agua (suministro y saneamiento) sea baja, en particular en Chiapas.

No existe sistematización de la información sobre usos del agua, contaminación y situación de las extracciones en Guatemala y Belice, por lo cual solamente es posible referirnos a la situación mexicana de la frontera. Cabe subrayar que, del lado mexicano, la información está disponible por estados o por región hidrológica y no por cuencas, a pesar de ser la cuenca el eje de la política hídrica mexicana. La región frontera sur abarca los estados de Chiapas, Tabasco, tres municipios de Oaxaca y el municipio de Palizada, en Campeche. La región Península de Yucatán incorpora la otra parte del estado de Campeche y la totalidad de los estados de Quintana Roo y Yucatán. En materia de extracciones, la situación de la región frontera sur, que posee grandes escurrimientos superficiales, se refleja en Chiapas y Tabasco, que usan respectivamente 82.7% y 66.7% de aguas superficiales, en contraste con la Península de Yucatán, que tiene pocos ríos aprovechables con una extracción de 90.2% de aguas subterráneas en Campeche y 99.9% en Quintana Roo. En cuanto a los usos del agua, predominan el agrícola en Chiapas (82.7%), Campeche (77%) y Tabasco (46.2%), y el industrial en Quintana Roo (60%). Sin embargo, el trabajo de campo indica que los títulos de concesión registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) y la realidad de los usos del agua en zonas rurales y urbanas del estado de Chiapas difieren mucho, ya que la población tiende a tener acceso al líquido mediante acuerdos locales y no vía los títulos de concesión.

En materia de contaminación, la CONAGUA (2008) reporta el estado de las aguas de la región entre excelente y aceptable, con excepción de Tuxtla con respecto a los sólidos suspendidos totales, donde indica que es agua contaminada. Sin embargo, cabe señalar que la ausencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en las partes altas de las cuencas en Guatemala y su poco desarrollo y operación en Chiapas y Campeche tienen como consecuencia que los ríos que atreviesan los centros urbanos se vean transformados en cloacas y en focos de contaminación.

Finalmente, la CONAGUA (2009) no reporta problemas de sobreexplotación de acuíferos en la frontera sur, debido a la importante disponibilidad de agua y a las reducidas extracciones.

Petén, y los distritos beliceños de Corozal y Orange Walk.

[3] Debido a la extensión limitada de su territorio (22,966 km^2), Belice no se caracteriza por la heterogeneidad de Guatemala y de México en materia de distribución de los recursos hídricos en su territorio.

Este trabajo pretende explorar la relación entre las aguas, la población y la frontera política en la frontera sur de México. Para ello, aborda tres aspectos fundamentales de esta problemática en torno a la realidad de una continuidad en materia hídrica más allá de la línea de división política, la cual no está exenta de una serie de contradicciones. La primera continuidad observada es natural y se refiere a la existencia de seis cuencas transfronterizas que contrastan con la ausencia de cooperación entre Estados en materia de aguas compartidas. La segunda continuidad aborda la abundancia natural de agua en la región, la cual se opone a la falta de acceso de las poblaciones a los servicios básicos de agua y saneamiento de ambos lados de la línea de división internacional. La tercera continuidad se deriva de la existencia de un continuum cultural que se traduce en la existencia de normas de uso y de cosmovisiones de los pueblos indígenas en torno al agua, que transcienden la frontera y contrastan con el derecho positivo y las políticas hídricas estatales.

Las cuencas transfronterizas[4] entre México, Guatemala y Belice: cuando el agua no respeta las fronteras

Esta primera sección aborda la continuidad natural existente entre México, Guatemala y Belice más allá de la frontera política. Describe la delimitación de las seis cuencas transfronterizas y subraya cómo su existencia contrasta con la visión de los Estados nacionales centrada en la reafirmación de su soberanía.

En su base de datos denominada *Transboundary freshwater dispute database*, el departamento de Geociencias de la Universidad Estatal de Oregón registra 261 corrientes de agua internacionales, dentro de las cuales 39 se encuentran en América del Norte (Centroamérica y el Caribe incluidos) y 38 en América del Sur (TFDD, 2007). Esta base de datos identifica las cuencas compartidas entre México y los Estados Unidos, así como las cuencas de la frontera sur de México, que son las de los ríos Suchiate, Coatán, Grijalva, Candelaria y Hondo, es decir, un número de cinco cuencas transfronterizas. No existe hoy en día una delimitación oficial consensuada en materia de cuencas transfronterizas entre México, Guatemala y Belice, de tal forma que nos dimos a la tarea de realizar una delimitación nueva debido a la existencia de propuestas discordantes. Todos los mapas nacionales presentan cuencas que terminan en la frontera política. El resultado de nuestra delimitación evidencia seis cuencas transfronterizas en la frontera sur de México, es decir, una más que las que identifica la base de datos de la Universidad Estatal de Oregón. A diferencia de la base de datos, nuestra delimitación,

[4] Para los fines de este trabajo, se utilizan los términos de cuencas transfronterizas, compartidas o internacionales como sinónimos, para describir las áreas de escurrimiento superficial hacia una corriente principal que son delimitadas por un parteaguas y rebasan los territorios nacionales.

que considera los parteaguas desde las partes más altas en Guatemala hasta las partes bajas ubicadas en México y Belice, no propone incorporar la cuenca del río Usumacinta como parte del Grijalva, dado que los dos ríos solamente comparten un mismo cauce durante 22 kilómetros cerca de la desembocadura.

Delimitación de las cuencas compartidas en la frontera sur de México

Entre las seis cuencas compartidas identificadas, cuatro son binacionales (México y Guatemala) y dos son trinacionales (México, Guatemala y Belice). Las cuatro cuencas binacionales corresponden a los ríos Suchiate, Coatán, Grijalva, Candelaria y las trinacionales se ubican en los ríos Usumacinta y Hondo.[5]

La elaboración del mapa de cuencas hidrográficas de la frontera sur (Mapa 1) se realizó con curvas de nivel a cada 20 metros, mediante las cuales construimos un modelo de elevación digital que nos permitió compatibilizar información de México, Guatemala y Belice. Para esta delimitación, utilizamos un acervo de información del Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística del Colegio de la Frontera Sur (LAIGE-ECOSUR) y la base de datos extremadamente detallada, con curvas de nivel a cada siete metros, de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (UPGGR-MAGA). A las curvas de nivel se añadió la información sobre las corrientes superficiales, para incorporar así el elemento hidrográfico al topográfico después de verificar la correspondencia entre las curvas de nivel, la continuidad de los escurrimientos y de los parteaguas entre los tres países. La delimitación se realizó mediante un proceso automatizado que se deriva de aplicaciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que incorporó los datos vectoriales de curvas de nivel y de hidrografía. Posteriormente, el resultado fue verificado de manera manual.

[5] Cabe subrayar que la cuenca del río Usumacinta solamente posee una porción muy reducida en Belice de 16 km^2.

Mapa 1. Cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice

Fuente. García (2010), con el apoyo del Ing. Emmanuel Valencia Barrera, técnico del LAIGE-ECOSUR, Unidad San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Como se muestra en el Mapa 1 y en el Cuadro 1, identificamos seis cuencas transfronterizas y una interna, denominada Grijalva-Usumacinta, de sólo 624 km^2. En efecto, esta pequeña cuenca es el delta de 22 kilómetros lineales que recorren, antes de descargar en el Golfo de México, los ríos Grijalva y Usumacinta desde el punto denominado tres brazos hasta la comunidad El Bosque, Municipio de Centla, Tabasco.

Cuadro 1. Características de las cuencas compartidas de la frontera sur

Cuenca	Superficie km^2	Número de localidades	Número de habitantes	Habitantes por km^2	Bosques y selvas (% del total de superficie de km^2 de la cuenca)
Suchiate	1,230	749	274,347	223.04	23.73
Coatán	733	369	103,090	140.64	23.87
Grijalva	56,895	15,144	4´804,794	84.45	42.63
Usumacinta	73,192	9,058	2´353,842	32.15	45.24
Grijalva/ Usumacinta	624	118	65,233	104.54	0
Candelaria	20,816	1,547	114,276	5.48	61.66
Hondo	14,859	213	88,145	5.90	66.00
Total Promedio	168,349	27,198	7´803,727	46.35	47.80

Fuente. García (2009); elaborado con datos de LAIGE-ECOSUR, UPGGR-MAGA, INEGI (2005), Instituto Nacional de Estadística de Guatemala-INE (2002).

Las seis cuencas transfronterizas abarcan una extensión total de 167,725 km^2, es decir, un poco más de 1.5 veces el territorio de Guatemala, alrededor de siete veces el territorio de Belice y más de dos veces el territorio de Chiapas.[6] Su superficie total constituye el equivalente a 8.58% del territorio mexicano. La superficie guatemalteca que se encuentra dentro de las cuencas compartidas (hasta la línea fronteriza) constituye 52.40% de su territorio, 21.44% de Belice y 5.41% de México. La superficie mexicana, aunque es poca -comparada con la nacional- representa casi dos veces la de Guatemala y veintiuna veces la que involucra Belice en la cuenca del río Hondo y Usumacinta.

La extensión de las cuencas transfronterizas y su relación con la superficie total del territorio de cada país es un elemento fundamental para entender lo que representaría, para cada uno de los Estados nacionales, en materia de cooperación.

[6] Las extensiones territoriales en kilómetros cuadrados de los tres países son como sigue: Guatemala, 108,889; Belice, 22,966; México, 1´953,162. Chiapas tiene una extensión de 75,634 km^2.

Para ello, es necesario considerar las asimetrías en superficie y en capacidad económica e institucional para concertar una política pública de cuencas compartidas entre los tres países. Para Guatemala, una gestión de cuencas transfronterizas con México y Belice representa comprometerse a ordenar o intervenir más de la mitad de su territorio; para Belice, una quinta parte del mismo, y para México, una mínima parte del total de su territorio que, sin embargo, representa una superficie mucho más grande que la comprometida por los otros dos países.

México debería ser el más interesado en la gestión de las cuencas compartidas por dos razones concretas: en las seis cuencas transfronterizas escurre aproximadamente 40% de toda el agua superficial del país y el territorio mexicano se encuentra en la parte baja de las mismas. Es decir, toda acción positiva o negativa en torno al agua en las cuencas tendrá un impacto directo en México. Es obvia la dependencia de México con respecto a Guatemala, porque este último país está geográficamente ubicado arriba de las seis cuencas.

De cuencas transfronterizas a políticas centradas en la soberanía nacional

A pesar de la continuidad territorial e hidrográfica evidenciada en las seis cuencas transfronterizas anteriormente descritas y de su importancia en volúmenes de escurrimientos, las políticas de los Estados permanecen centradas en los intereses nacionales. En consecuencia, no existen, en primer lugar, mecanismos institucionales de coordinación entre los tres países para abordar el tema de agua y cuencas. En segundo lugar, la ausencia de conflicto abierto y de cooperación entre los tres países para el tema de aguas y cuencas compartidas los lleva a planear y ejecutar acciones dispersas, sin objetivos ni metas comunes, con una visión político administrativa que termina donde inicia la frontera límite de los Estados nación, sin considerar el territorio natural de las cuencas.

El principal mecanismo de coordinación que tiene México para abordar el tema de límites y aguas en la frontera sur es la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), organismo dependiente de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE): se trata de un organismo binacional que tiene sus contrapartes en Guatemala y Belice. La CILA México-Guatemala fue establecida en 1961, a través de un canje de notas diplomáticas, y la CILA México-Belice en 1993. En el año 1990, México y Guatemala firmaron el tratado de fortalecimiento de la CILA, que fue ratificado y publicado en 2003.

El trabajo de la CILA en los tres países ha consistido básicamente en delimitar la línea divisoria terrestre acordada entre ambas naciones -en los acuerdos de límites de 1882 entre México y Guatemala y de 1893 entre México y Honduras

Británica (hoy Belice)-, con monumentos y con una brecha, así como en fijar la frontera fluvial.

La lógica de negociación entre México y Belice pretende lograr un acuerdo para establecer la línea fronteriza en el arroyo azul (parte alta de la cuenca del río Hondo), en una zona de humedal que desaparece en tiempo de estiaje. La preocupación se relaciona con el hecho de que el límite está convenido, desde 1893, bajo el método europeo thalweg de ríos navegables, es decir, el canal más profundo del río, por lo cual la desaparición del humedal provoca la evaporación del thalweg y, por consiguiente, de la línea fronteriza en ese tramo. En el río Suchiate, la preocupación se relaciona con la movilidad del río que provoca no solamente inundaciones en los márgenes de su parte baja, sino también la movilidad de la línea de división internacional entre México y Guatemala. En respuesta a esta problemática, ambos riberanos llevan a cabo, desde hace seis décadas, intentos infructuosos de regresar el agua al cauce del río.

En la lógica de defensa de la soberanía nacional centrada en el establecimiento, delimitación y ratificación de la frontera común, un acuerdo binacional o trinacional sobre aguas y gestión de cuencas compartidas no resulta prioritario.

El tema de cuencas transfronterizas no ha sido atendido por las CILAS, y México carece de tratados sobre aguas transfronterizas con sus dos vecinos. Es impensable en la actualidad llegar a acuerdos al respecto, dada las declaraciones oficiales del gobierno guatemalteco. Éste señala que no se firmará ninguna convención internacional ni acuerdo en materia de agua con sus vecinos, debido a la presión y escasez cada vez más alta sobre el recurso. Hace énfasis que Guatemala es un productor de agua y drena 60% de su recurso a México (principalmente), El Salvador, Belice y Honduras (Colom, 2009), y no está dispuesto a comprometerse con los países vecinos a entregar cierta cantidad o calidad de agua.[7]

La actitud del gobierno guatemalteco en torno al recurso agua tiene una explicación histórica con respecto a México y Belice. La anexión de Chiapas a México, en 1882, es una deuda pendiente desde la perspectiva guatemalteca. Así también, después de reclamar la soberanía sobre Belice a raíz de su independencia en 1981, Guatemala se encuentra todavía inmersa en un conflicto de límites que aún no se soluciona.

El desinterés hacia la cooperación conjunta en materia de cuencas transfronterizas se deriva también de la existencia de una política hídrica sectorizada en cada país, la cual no logra visualizar lo estratégico, urgente y necesario de concertar

[7] La Universidad Rafael Landivar –URL- y el Instituto de Incidencia Ambiental –IIA- (2004) mencionan en el *Perfil Ambiental de Guatemala* que 55% del territorio guatemalteco está integrado por cuencas tributarias hacia los países vecinos o parte de sus cauces forman límites fronterizos. El mayor aporte de aguas superficiales es hacia México, con 47.5% del total de caudal, 7% a El Salvador, 0.5% a Honduras y 6% hacia Belice.

una política integral de cuencas compartidas, que tome como base el territorio natural de la cuenca y no la división política de los Estados nación.

Hoy en día, las altas tasas de deforestación de las cuencas transfronterizas (ver Cuadro 1) contribuyen a derrumbes y azolvamiento de ríos que provocan inundaciones de gran amplitud en cinco de las seis cuencas (Suchiate, Coatán, Grijalva, Usumacinta y Candelaria). Asimismo, la contaminación del agua por drenajes y desechos sólidos, el uso de agroquímicos, la minería a cielo abierto (Grijalva, Suchiate y Coatán) y la contaminación derivada de la industria petrolera (Grijalva y Usumacinta en la planicie tabasqueña y en el Petén guatemalteco) son problemáticas no estudiadas y no contempladas por los Estados. En el río Hondo, el problema central es la descarga de aguas de drenaje y de aguas agroindustriales usadas de los ingenios cañeros localizados en Quintana Roo, México, y en Corozal y Orange Walk, Belice.

Finalmente, un problema central que hay que visualizar entre los tres países es el cambio climático. Las cuencas compartidas se encuentran en una franja continental promedio de 500 kilómetros lineales entre el Océano Pacífico, el Golfo de México y el Mar Caribe, es decir, en una ruta de huracanes potencialmente fuertes. Si no se intervienen los territorios de estas cuencas en su chasis natural (cubierta vegetal, suelo y agua) y en un ordenamiento de actividades productivas y de asentamientos humanos, se atenta contra la seguridad de la población. En los últimos veinte años, ocho huracanes provocaron cuantiosos daños económicos, agrícolas y en las infraestructuras de las cuencas transfronterizas, e incluso se llegó a la pérdida de vidas humanas.

Así, las respuestas de los Estados, centradas en la protección de su soberanía nacional, no han sido hasta el momento encaminadas hacia una toma de conciencia de la importancia de realizar una gestión conjunta de las seis cuencas transfronterizas que se encuentran en la frontera entre México, Guatemala y Belice, sino hacia la protección y reafirmación de sus soberanías nacionales.

De una abundancia que fluye de un territorio a otro a una escasez compartida

Es probable que la abundancia natural de las aguas en la frontera sur de México haya históricamente motivado el respectivo desinterés de los gobiernos hacia estos espacios recónditos de sus territorios. La continuidad que analizaremos en esta sección parte de la observación de que, en las cuencas transfronterizas, México, Guatemala y Belice concentran y comparten una gran cantidad de agua. Sin embargo, en contraste con esta abundancia, las poblaciones locales comparten rezagos y dificultad para tener acceso de manera equitativa a los servicios de agua entubada y de saneamiento en toda la región fronteriza.

Abundancia transfronteriza en materia de aguas compartidas

Del lado mexicano de la frontera, los cuatro estados forman parte de las cinco entidades federativas con mayores precipitaciones a escala nacional. Así, Tabasco y Chiapas, que ocupan los dos primeros lugares, recibieron respectivamente un promedio de 2,102 y 1,763.9 mm de agua entre 1971 y 2000 (CONAGUA, 2008). Por su parte, Quintana Roo y Campeche se ubican en los lugares 4 y 5 con 1,336.8 y 1,234.4 mm de precipitaciones, ante una media nacional de 759.6 mm (CONAGUA, 2008). Asimismo, la región, en especial los estados de Chiapas y Tabasco, concentran 37% de los escurrimientos nacionales de agua y 34% de la disponibilidad natural de agua de México. Por su parte, la región hidrológica de la Península de Yucatán (que abarca los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán) se caracteriza por la mayor recarga de acuíferos de la república (32% del total nacional). En consecuencia, la disponibilidad *per cápita* representa 24,270 m^3 al año para la región frontera sur (Chiapas, Tabasco, tres municipios de Oaxaca y uno de Campeche) y 7,603 m^3 al año para la región Península de Yucatán, frente a un promedio nacional de 4,312 m^3 (CONAGUA, 2008).

Además, Chiapas y Tabasco cuentan con los dos ríos más caudalosos de la república mexicana, el Grijalva y el Usumacinta. Chiapas alberga en su territorio las dos presas hidroeléctricas con mayor capacidad de almacenamiento de agua (La Angostura y Raudales Malpaso) y la presa que genera más hidroelectricidad de todo México (Chicoasén), además de contribuir con 47% de la hidroelectricidad nacional en 2007 (CONAGUA, 2008).

No existen estadísticas oficiales para el caso de Belice y las fuentes consultadas presentan cifras divergentes en cuanto a la situación de dicho país en la materia. De igual forma, no encontramos estadísticas para los distritos fronterizos. Sin embargo, la CONAGUA (2008) ubica a Belice en el lugar 17 en cuanto a los países más dotados de agua a nivel mundial, y reporta una disponibilidad natural de 19,000 millones de metros cúbicos (Mm^3) que resulta de un promedio de precipitaciones de 1,705 mm. En consecuencia, Belice registra una disponibilidad *per cápita* entre 61,566 m^3 (CONAGUA, 2008) y 71,090 m^3 (Greenfacts, 2009), es decir, 15 veces la mexicana y casi tres veces la de la región frontera sur, que es la que tiene mayor disponibilidad en México.

En términos generales, Guatemala posee una disponibilidad de agua por habitante por año que representa el doble de la mexicana (8,600 m^3) (CONAGUA, 2008). En Guatemala, las estadísticas sobre agua son presentadas de forma general para cada gran vertiente, la del Pacífico, la del Golfo de México y la del Mar del Caribe. Las cuencas transfronterizas se ubican en las tres vertientes y, debido a la dificultad de valorar la aportación de las del Pacífico y del Mar del Caribe, solamente reportamos aquí la vertiente del Golfo de México, cuyos escurrimien-

tos drenan exclusivamente hacia México y que incluye las tres principales cuencas transfronterizas en extensión territorial y en caudales (Grijalva, Usumacinta y Candelaria). El escurrimiento de la vertiente del Golfo de México representa entre 40.922 y 43.3 km^3 por año (FAO, 2000), es decir, aproximadamente entre 40% y 60% del caudal total del país, según las fuentes consultadas.[8]

Al igual que Belice, Guatemala presenta diferentes estimaciones y una ausencia de datos a escala local que permitan valorar la situación natural y la disponibilidad *per cápita*. Las diferentes fuentes resaltan que, en la parte alta de la cuenca del río Grijalva ubicada en Guatemala y que corresponde a las cuencas de los ríos Nentón, Selegua y Cuílco, las precipitaciones son muy abundantes y pueden llegar hasta los 5,000 mm al año. En consecuencia, podemos hablar de una abundancia de agua que caracteriza a toda la frontera.

Una escasez compartida por falta de acceso a los servicios básicos

La concentración de las lluvias entre los meses de mayo y octubre provoca una discontinuidad de la disponibilidad del recurso hídrico para la población de la región fronteriza. En consecuencia, el acceso continúo de la población al agua en cantidad y calidad depende del establecimiento de servicios públicos. De hecho, el despoblamiento de las zonas fronterizas mexicanas del sur de Quintana Roo hasta la década de los 70 del siglo XX y de Campeche hasta la década de los años 80 del mismo siglo se relaciona con la ausencia de aguas superficiales susceptibles de garantizar la instalación de centros de población en la zona.

La realidad de la frontera sur en materia de servicios de agua y saneamiento se caracteriza por enormes rezagos. En la parte mexicana, las estadísticas oficiales (CONAGUA, 2008) permiten observar que solamente el estado de Quintana Roo (94.5%) se ubica arriba de la media nacional de acceso a agua entubada[9] (89.2%) en el año 2005.[10] Las demás entidades federativas ocupan situaciones de rezago con respecto a ésta, en particular Chiapas, que se encuentra en el tercer lugar entre los estados con menor cobertura (73.5%) y Tabasco (76.4%) en el quinto. En materia de alcantarillado, únicamente Quintana Roo (89.5%) y

[8] La primera cifra fue calculada a partir de las cifras presentadas por López Choc (2002), y la segunda, a partir de la información del perfil ambiental de 2004 (URL-IIA).

[9] Aunque las cifras oficiales hablen de agua potable, utilizamos aquí el término de agua entubada debido al hecho de que en realidad las características del agua que llega a las viviendas vía los sistemas formales no siempre cumplen con el requerimiento de potabilidad.

[10] Partimos del supuesto de que las estadísticas mexicanas reflejan las realidades locales. En un trabajo de campo reciente realizado en el municipio mexicano y fronterizo de La Independencia, Chiapas, en una localidad reportada por el INEGI con servicio de agua potable y drenaje, encontramos un tanque de almacenamiento comunitario con cinco llaves públicas que recibía agua sólo una vez a la semana y solamente letrinas.

Tabasco (93.4%) rebasan la media nacional (85.6%), mientras que Chiapas y Campeche se ubican, respectivamente, en el cuarto y sexto lugar entre los estados más rezagados de todo el país. Cabe subrayar que al desglosar esta información para las áreas rurales, nos encontramos con que los estados de Chiapas y Tabasco solamente poseen una cobertura de 61% en agua entubada y Campeche de 48% en alcantarillado, de tal forma que, detrás de los promedios estatales, existen enormes disparidades locales.

No tenemos información beliceña en materia de acceso a los servicios de agua y saneamiento, pero la situación de la zona fronteriza de Guatemala es aún más acentuada en rezagos. En materia de agua entubada, frente a una media nacional de 68%, las cifras menos conservadoras que Dardón (2002) presenta para los municipios fronterizos alcanzan coberturas de 40.7% en San Marcos, 63.3% en Huehuetenango, 9.99% en el Quiché y 44% en el Petén. En materia de alcantarillado, encontramos coberturas de 11.5% en San Marcos, 13.7% en Huehuetenango, 1% en El Quiché y 8.8% en El Petén.

Esta situación refleja la alta concentración de pobreza en la frontera sur de México y en la frontera norte de Guatemala, producto del olvido de los Estados, el cual contribuye a que la abundancia natural de agua no sea un factor de desarrollo, sino de peligro para la vida. Así, en México, con 43.4 muertes por 100,000 habitantes, Chiapas registra la tasa más alta de mortalidad infantil por enfermedades diarreicas de toda la república mexicana (CONAGUA, 2008), situación que se incrementa a 3,677.46 en Guatemala (Dardón, 2002). En consecuencia, más allá de la existencia de una línea de demarcación política, las poblaciones ubicadas en ambos lados de la frontera comparten una abundancia estacional de agua que en sus peores expresiones se traduce en desastres (inundaciones y deslaves), situación que no las excluye de problemas de escasez debido a la ausencia de servicios básicos. Finalmente, además de usar el agua de escurrimientos transfronterizos que transmiten diversas fuentes de contaminación debido a la ausencia de saneamiento y de tratamiento de las aguas usadas, comparten una riqueza hídrica que no repercute favorablemente en sus condiciones socioeconómicas.

Normas y cosmovisiones indígenas en torno al uso y manejo del agua: un continuum cultural entre México y Guatemala

En esta tercera sección, se analiza la continuidad cultural derivada de la existencia de normas y cosmovisiones indígenas relacionadas con el agua. Centraremos especialmente la atención en los casos de Chiapas y de Guatemala, debido a que es en esta parte de las cuencas transfronterizas que se encuentra la mayor población indígena.

El estado de Chiapas y el Altiplano guatemalteco se caracterizan por compartir una región geográfica que se puede delimitar a través de la presencia de cuatro de las seis cuencas compartidas: los ríos Suchiate, Coatán, Grijalva (Nentón, Selegua y Cuílco en Guatemala) y Usumacinta.

En la actualidad, podemos observar la existencia de un continuum cultural indígena que se puede expresar como el resultado de la resistencia histórica de los pueblos originarios a una integración o asimilación a la población nacional en ambos países. Esto no quiere decir que sea un área con una misma cultura, por el contrario, existe una gran diversidad de grupos etnolingüísticos que provienen de una matriz cultural indígena que se extendió en el área denominada Mesoamérica. En esta extensa región habitan actualmente los pueblos indígenas k'iche', k'eqchi, ixil, q'anjobal, mam, chuj, akateco y jakalteco (poptí) de Guatemala; los tsotsil, tseltal,[11] chol, zoque, tojolabal, mame, jakalteco y mochó de Chiapas, a los cuales se sumaron los k'iche', k'eqchi, ixil, q'anjobal, mam, chuj, akateco que llegaron con el refugio guatemalteco y permanecieron en México,[12] los mayas y choles de Campeche, además de los chontales de Tabasco.

Este continuum integra una serie de elementos simbólicos que persisten en el imaginario social del indígena actual, producto de su historia cultural sincrética tal como lo menciona Vogt (1992). En este sentido, los diferentes grupos indígenas asentados en estas áreas poseen formas de uso, de acceso y de organización en torno al agua, a su territorio y demás recursos naturales, articuladas con una cosmovisión que difiere de las formas occidentales.

En México, estas prácticas han sido ignoradas por el derecho positivo que no reconoce los derechos y las formas de organización de los grupos indígenas en la Ley de Aguas Nacionales. En Guatemala, la ausencia de ley nacional de aguas permite una mayor flexibilidad, pero a la vez una mercantilización de las fuentes de agua que afecta a las poblaciones más pobres del país (Kauffer, en prensa).

[11] Aunque la ortografía oficial indica que los nombres de estos grupos se escriben con "z", los indígenas de Chiapas han insistido en la necesidad de reemplazarla por "s" ya que sin alfabeto carece de "z". En congruencia con una postura de respeto hacia a las identidades indígenas, utilizaremos las palabras tsotsil y tseltal y no tzotzil y tzeltal como se suele escribir en otros estudios. Cabe subrayar que para los grupos de Guatemala, una nueva ortografía de los diferentes grupos ha sido propuesta y reconocida oficialmente.

[12] Los refugiados guatemaltecos llegaron a principios de los años 80 a Chiapas, y a partir del año 2008, los que no se habían regresado a su país de origen se integraron a México. La mayoría son indígenas.

De un continuum cultural a uno situacional

La presencia de la población indígena en el territorio hidrográfico compartido se concentra principalmente en la región de los Altos y de la Selva de Chiapas, y en el Altiplano guatemalteco.

En Guatemala, esta región comprende los departamentos siguientes, enlistados en función de su superficie en las cuencas transfronterizas: San Marcos y El Petén con 31% de su población indígena, Huehuetenango con 65%, El Quiché con 89%, Alta Verapaz con 93%, Baja Verapaz con 59%, Totonicapán con 98% y Quetzaltenango con 54% de su población indígena.[13] Son seis departamentos con una mayoría de población indígena y dos donde más de una tercera parte de su población es indígena. El impacto nacional de estos departamentos con importante presencia indígena, por su peso poblacional, resulta representar casi 40% del total de la población guatemalteca (Censo Nacional, 2002). Aunque los dos departamentos de San Marcos y de El Petén no representan una población indígena significativa en comparación con los demás, su relevancia consiste en que la mayor parte de esta población se asienta en las partes altas de las cuencas.

En el caso de México, en Chiapas, las cuencas transfronterizas abarcan dos de las regiones con mayor población indígena: Los Altos de Chiapas y la Selva Lacandona, donde más de 40% pertenece a un grupo etnolingüístico, según el último censo del INEGI (2005). Campeche cuenta con una presencia de población indígena de 13,2% de su población total y Tabasco de sólo 0.3%.

A pesar de la magnitud de los recursos hídricos y de la riqueza natural que caracteriza esta región, los pueblos indígenas de ambos países se encuentran en condiciones de alta marginalidad y pobreza, en particular en situación de inequidad en cuanto al acceso a los servicios de agua (UNESCO, 2008; URL-IIA, 2004).

En este sentido, la población indígena constituye el sector más desfavorecido estructuralmente en las políticas hídricas (Peña, 2004; Boelens *et al.*, 2004; Kauffer, 2006). Parte de esta situación es el resultado de la exclusión histórica de esta población por parte de la sociedad dominante y de la priorización que ejercen los Estados hacia la industria, el desarrollo urbano y el crecimiento económico por encima de las necesidades locales de estas poblaciones.

Los recursos públicos destinados para obras de agua potable y saneamiento en regiones indígenas están muy por debajo de los requerimientos de la población. Esta situación provoca el resurgimiento de enfermedades, particularmente en el medio rural, y altos índices de enfermedades infecciosas cuya transmisión está asociada a la falta de agua o al consumo de aguas contaminadas. Incluso,

[13] Debido a que los territorios de las cuencas transfronterizas abarcan no solamente a los departamentos fronterizos sino también a otros departamentos que no lo son, este listado difiere de lo mencionado en cuanto a las divisiones administrativas que se encuentran en la frontera.

en algunas regiones indígenas, como Los Altos de Chiapas, la falta de agua o su calidad están relacionadas con la enfermedad del tracoma que lleva a la ceguera. Los programas gubernamentales para enfrentar esta situación han sido débiles, de corto alcance y mal ejecutados (Peña, 2005; UNESCO, 2008).

Asimismo, los pueblos indígenas frecuentemente se ven obligados a enfrentar disposiciones de políticas hídricas que han sido de alguna manera impuestas, pues no han sido consultadas para su aplicación. En México, el ejemplo más claro de esta aseveración es resultado de las políticas de desarrollo urbano e industrial que se han caracterizado, entre otras acciones, por la construcción de grandes obras hidráulicas que han implicado, en mucho de los casos, el desplazamiento de población indígena de sus territorios ancestrales. Los pobladores han tenido que dejar atrás sus mejores tierras productivas y adaptarse a nuevos entornos ecológicos, lo que provoca cambios en sus formas de representación y cosmovisión, así como en sus estructuras de organización social. Por ejemplo, la construcción de la presa La Angostura, en Chiapas, desplazó a más de 15,000 tsotsiles, tseltales y no indígenas (Murillo, 2008).

En Guatemala, la legislación forestal y la ley de áreas protegidas han establecido un sistema de áreas protegidas en el país conformado por 91 áreas protegidas, cuya extensión es aproximadamente de 3 millones de hectáreas, equivalente a 28% del territorio nacional. En este caso, la problemática de la tenencia de la tierra de estas comunidades y su uso y manejo de recursos naturales entra en conflicto con las políticas conservacionistas de las áreas protegidas.

La explotación minera expresa hoy en día de manera peculiar las tensiones entre gobiernos y grupos indígenas. En Chiapas[14] y en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango, en Guatemala (cuencas del Grijalva, Suchiate y Coatán), los gobiernos nacionales han otorgado permisos de extracción minera a cielo abierto a empresas de Canadá,[15] situación que ha obligado a la población indígena a aceptar la imposición desde el centro. Tanto el gobierno mexicano

[14] En Chiapas, el gobierno federal ha otorgado más de 50 concesiones mineras. El gobierno del estado de Chiapas ha apoyado la decisión del centro ofreciendo servicios públicos, como agua entubada, electricidad, caminos, clínicas, a las comunidades que firmen los contratos mineros. Ante la movilización de las comunidades en contra de la minería, la respuesta ha sido el asesinato de campesinos, tal es el caso de Mariano Abarca Roblero, asesinado el 28 de noviembre de 2009 en Chicomuselo, Chiapas.

[15] En Guatemala, en el departamento de San Marcos, se extrae oro y plata, en particular en la mina Marlin ubicada en la parte alta de la cuenca del río Grijalva, situación que ha generado una extensa movilización social. En Chiapas, en el municipio de Chicomuselo, se explota la barita, un metal no ferroso utilizado en la industria petrolera y aeronáutica. Cabe subrayar que la veta de Chicomuselo es reconocida por su alta calidad. En otras partes de Chiapas, las mineras realizan actualmente exploraciones en busca de oro y titanio.

como el guatemalteco se amparan en las leyes nacionales de minería, estructuradas y ejecutadas por élites políticas y económicas con intereses muy diferentes a los de la población local. La minería ha provocado una intensa movilización entre los grupos indígenas de Chiapas y Guatemala que defienden sus derechos a un ambiente sano.

Estos datos son una evidencia clara de la exclusión política, económica y cultural que vive la población indígena, tanto en México como en Guatemala, con relación a la sociedad nacional. Sin embargo, lejos de pensar que esta población tiene una recepción pasiva a los procesos estructurales, los grupos indígenas han ido, de manera dinámica, seleccionando y apropiándose de aquellos elementos, herramientas y significados que puedan fortalecer sus posiciones y legitimar sus reclamos.

Los aspectos legales y normativos de las poblaciones indígenas frente al derecho positivo

La contradicción existente entre los Estados nación mexicano y guatemalteco y las identidades indígenas se refleja en una estructura político-administrativa que no incluye una especificidad con relación al espacio habitado por los pueblos indígenas. Además, se traduce en la aplicación de una serie de programas gubernamentales para lograr la integración o asimilación de la población indígena a la nación, los cuales no han logrado su objetivo por completo.

En la actualidad, los Estados continúan ejerciendo una serie de medidas excluyentes en la formulación de sus leyes, políticas y proyectos para con la población indígena, porque todas las decisiones se concentran en las entidades gubernamentales. Además no es un secreto que la represión de los aparatos del Estado ha sido una práctica común para desarticular los movimientos de resistencia indígena.

Bajo esta dinámica, es claro que las intervenciones en cuencas compartidas han sido planificadas sin considerar la territorialidad y las autonomías locales, ni los usos y costumbres de los pueblos indígenas. Asimismo, la participación de la población indígena en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua es inexistente. A su vez, las acciones y política hídricas promovidas sólo tienen alcance dentro de los límites políticos de los Estados. Estos límites han segregado a las poblaciones indígenas y fragmentado su organización social.

En el caso de México, como bien señalan Burguete (2000) y Kauffer (2006), el Estado se rige bajo el principio de que el agua es un bien nacional, pero en el ámbito local prevalece la visión del agua como un bien común por parte de las sociedades locales, en particular las comunidades indígenas, que asumen que tie-

nen la capacidad de decidir sobre el uso y la distribución de los recursos hídricos, por el hecho de estar localizadas dentro de su ámbito territorial.

La existencia de una Ley de Aguas Nacionales (LAN), aplicada de manera estandarizada en el territorio mexicano, habla precisamente del desconocimiento y la exclusión de las prácticas indígenas en el manejo del recurso. Tal es así, que la misma ley no menciona la existencia de los pueblos indígenas.[16]

En el caso de Guatemala, la ausencia de un marco legal claro permite un traslape de funciones en torno al recurso hídrico entre las dependencias gubernamentales, pero ninguna ha consolidado su función específica como autoridad de los recursos hídricos, lo cual provoca un vacío en el marco institucional que facilita el desarrollo del derecho consuetudinario en torno a este recurso.

En los últimos años, se han presentado varias propuestas de ley de agua al Congreso de la República de Guatemala, pero no han prosperado debido a una falta de consenso dentro de la sociedad guatemalteca. En 2005, las poblaciones indígenas han manifestado, a través de la movilización, su desacuerdo ante una ley de aguas que afectaría su autonomía en el manejo de sus recursos, debido a que poseen una alta conciencia del valor de sus normas y su organización social en torno al recurso agua. En respuesta a la movilización, la ley fue retirada.

La abundancia de prácticas locales relacionadas con el aprovechamiento del agua, el bosque y la tierra por parte de las comunidades indígenas en ambos países pone en evidencia la ausencia o la baja incidencia de las instituciones y leyes en estas comunidades, pues muchas de las actividades relacionadas con la apropiación y manejo de los recursos se realizan al margen del marco jurídico establecido por los Estados (Burguete, 2000; Murillo, 2008; Zárate, 2008; CALAS, 2003).

La existencia de formas de organización locales ha permitido la continuidad de las formas tradicionales de manejo de recurso frente a Estados incapaces de enfrentar la problemática del agua. Varios estudios realizados en la región dan cuenta de esta situación. Por nombrar algunos, citamos el estudio de Burguete (2000) en Chamula y Zinacantán, municipios de los Altos de Chiapas, que aborda ampliamente el sistema de negociación entre la introducción del agua entubada y las prácticas tradicionales que conllevan lo simbólico.

> "Puede verse la gran capacidad de adecuación y respuesta que las sociedades chamula y zinacanteca han desarrollado para el manejo del conflicto producido en la región por una combinación explosiva de variables que, a su vez resulta de los cambios en la economía, la escasa oferta y el incremento de su demanda del agua, y el explosivo crecimiento de la población." (Burguete, 2000).

[16] El incumplimiento gubernamental de los acuerdos de San Andrés defendidos por el zapatismo ilustra la posición tomada por el gobierno de México ante la demanda de los pueblos indígenas sobre su derecho a la autonomía en sus territorios y recursos naturales.

Pese a esta situación crítica, Burguete resalta la flexibilidad de los sistemas normativos indígenas que han permitido que la disputa no alcance un mayor grado de conflicto. Sin embargo, también augura que la rigidez en la aplicación de la norma estatal no permitirá a estas sociedades adecuarse a las constantes transformaciones que sufren como consecuencia de su incorporación, entre otras cosas, a la economía de mercado.

En Guatemala, el Centro de Acción Legal Ambiental y Social (CALAS, 2003) ha publicado una serie de estudios que recopilan las formas de organización y manejo de los recursos naturales en las poblaciones con mayor presencia indígena. Encuentra que el manejo de los recursos naturales está basado en prácticas tradicionales que permanecen en las comunidades indígenas, prácticas ligadas a los principios fundamentales de la comunidad, que reconoce los recursos como un bien común y, por tanto, hay que cuidarlos. La cosmovisión, la responsabilidad, el valor de la palabra, el valor de la vida y la cultura en general constituyen elementos de equilibrio en las comunidades que permiten el cumplimiento de las normas por sus miembros para el cuidado de los bienes comunales (CALAS, 2003).

La presencia de prácticas sostenibles de manejo de recursos naturales y los principios de respeto a la naturaleza, profundamente arraigados en la cultura maya, deberían ser razones suficientes para que los Estados guatemalteco y mexicano asumieran una actitud respetuosa y de inclusión de estos pueblos indígenas, que pasa necesariamente por el reconocimiento del pluralismo legal.

La cosmovisión indígena en el manejo de los recursos naturales y del agua

A pesar de los cambios en la dinámica de manejo de los recursos naturales en las comunidades indígenas derivados de la presión del sistema económico y social y de la actuación de las agencias gubernamentales, persisten muchas prácticas tradicionales, símbolos y otros elementos de la cultura maya antigua presentes en los sistemas normativos y en las formas de organización y de acceso a los recursos hídricos.

Para la mayor parte de los pueblos indígenas de las cuencas transfronterizas, el agua es concebida como un elemento sagrado, que debe cuidarse y respetarse. El agua es más que un elemento que satisface las necesidades básicas: es la vida, es todo.

En el imaginario indígena, al agua no se le puede separar de su matriz original (agua-suelo-bosque) ni de su territorio; tampoco es una mercancía que posea valor económico. Es un bien común de acceso libre y gratuito, que está sujeto a

regulaciones sociales y sanciones comunitarias (UNESCO, 2008) y depende de las necesidades colectivas.

Las festividades del agua son una invocación a lo sagrado y una conexión con la naturaleza. Las celebraciones del 3 de mayo (día de la Santa Cruz) en la zona de los Altos de Chiapas son una prueba de este marco tradicional y normativo que involucra también los aspectos organizativos (Murillo, 2008).[17]

En estas cosmovisiones indígenas se incluye como prioritarios el mantenimiento de fuentes de agua y el cuidado de los recursos naturales, que derivan en reglas para su uso, como las prohibiciones para tomar agua en ciertos meses o en ciertas fuentes de agua, hasta en tecnología alternativa, como la captación de agua de lluvia -como se hace en algunas comunidades de los Altos de Chiapas- y la prohibición del mini riego en épocas de sequía en algunas comunidades de Guatemala (CALAS, 2003). La presencia de prácticas sostenibles de manejo de recursos naturales por parte de la población indígena maya se puede reflejar también en los bosques comunales celosamente protegidos por comunidades, especialmente por las k'iche' y mam de Guatemala (Secaira, 2000).

El diseño de políticas hídricas circunscritas a los límites de los Estados, sin tomar en cuenta el continuum cultural existente en las cuencas transfronterizas, es una forma de infringir las bases de las regiones indígenas donde existe una cultura de uso y hasta un manejo sustentable del agua. Asimismo, la segregación e incluso la omisión de las dimensiones socioculturales del agua en estas políticas pueden generar conflictos con las comunidades, porque trasgreden los mecanismos de gestión social del agua que han garantizado un acceso y aprovechamiento colectivo en estas poblaciones.

Conclusión

A las características de porosidad de la frontera sur de México, se suman una serie de continuidades naturales de los territorios, una abundancia compartida de agua y un continuum cultural en materia de cosmovisión y de pluralismo legal en torno a los recursos hídricos. Estas realidades tienden a negar la propia existencia de una frontera política entre las soberanías estatales. Sin embargo, en contraposición con estas continuidades, la acción de los Estados nacionales está orientada hacia la ratificación de su presencia en la zona y, en consecuencia, en torno a la constante reafirmación de la demarcación política y de su soberanía nacional sobre los recursos hídricos. Así, los Estados extienden su soberanía

[17] La fiesta de la Santa Cruz demuestra la sobrevivencia hasta la actualidad de este importante nexo entre los ritos de la siembra, la lluvia y los cerros, y tiene un carácter eminentemente agrícola que denota una vinculación con la idea de la fertilidad y el buen logro de las cosechas. En los Altos de Chiapas existe una organización elaborada en torno a la fiesta, articulada a un sistema de cargos a escala comunitaria.

territorial al agua que fluye y se niegan a establecer una cooperación en torno a las cuencas transfronterizas. Además, los Estados poseen políticas hídricas encaminadas hacia intereses nacionales y orientadas hacia las zonas más desarrolladas o hacia fronteras más importantes estratégicamente (México-Estados Unidos), que excluyen las zonas fronterizas marginadas como la región fronteriza que describimos. Y, finalmente, los Estados se rigen por un derecho positivo único y unilateral (México) o fragmentado (Guatemala) que no reconoce la existencia de otros sistemas normativos y otras formas de tener acceso a los recursos hídricos. En estos escenarios transfronterizos, las acciones estatales y las realidades locales parecen adoptar caminos que están, hoy en día, lejos de converger. Así, la ceguera hacia la existencia de recursos hídricos compartidos, las inequidades en el acceso a los servicios y la ignorancia de las realidades culturales relacionadas con el agua constituyen aspectos susceptibles de desencadenar y profundizar conflictos de diversa índole por el recurso en esta región fronteriza.

Referencias

Boelens, Rutgerd; Dik Roth y Margreet Zwarteveen (2004). "Pluralismo legal, derechos locales y gestión del agua: entre el reconocimiento analítico y la estrategia política", en Francisco Peña (coord.), *Los pueblos indígenas y el agua: desafíos del siglo XXI*, El Colegio de San Luis, WALIR, IMTA, SEMANAT, Colombia, pp. 161-186.

Burguete Cal y Mayor, Araceli (2000). *Agua que nace y muere. Sistemas normativos indígenas y disputas por el agua en Chamula y Zinacantán*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Programa de investigaciones multidisciplinarias sobre Mesoamérica y el Sureste, Chiapas, México.

CALAS (2003). *Normas indígenas sobre el uso del agua, el bosque y la vida silvestre*, CALAS, Guatemala.

Censo Nacional (2002). *Población indígena por departamento*. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala.

Colom, Elisa (2009). "Política de Aguas Internacionales de Guatemala", ponencia en *I Encuentro de la Iniciativa Mesoamericana para la Paz y el Desarrollo en Cuencas Compartidas*, Universidad del Zamorano Honduras/IDRC-Canadá, La Antigua Guatemala 18-20 de noviembre de 2009.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2008). *Estadísticas del Agua 2008,* CONAGUA, México.

Dardón S., J. Jacobo (coord.) (2002). *Caracterización de la frontera Guatemala-México: aporte para su caracterización*, FLACSO, Quetzaltenango, Guatemala.

Food and Alimentation Organization (FAO) (2000). *Aquastat, sistema de información sobre el uso del agua en el medio rural y en la agricultura, Guatemala*, http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/guatemala/indexesp.stm, consultada: 13 de noviembre de 2009.

García, Antonino (2009). "Política del agua e instituciones en la cuenca del río Grijalva (1950-2008)", ponencia en *7° Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales, A.C.*, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, 18-21 de agosto de 2009.

Greenfacts (2009). *Información sobre la disponibilidad de agua para Belice,* en http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/figtableboxes/aquastat20.htm, consultada: 28 de noviembre de 2009.

Kauffer Michel, Edith Françoise (2005). "Introducción general", en Edith Françoise Kauffer Michel (ed.), *El agua en la frontera México-Guatemala-Belice,* Colección Social y Humanística, UNACH-ECOSUR-The Nature Conservancy, Tuxtla Gutiérrez, pp. 9-15.

—— Michel, Edith Françoise (2006), "La ley de aguas nacionales frente a las prácticas indígenas locales: ¿una historia de desencuentros?, en Denise Soares Moraes *et al.* (coord,), *Gestión y cultura del agua*, Tomo I, IMTA, COLPOS, pp. 215-236.

—— Michel, Edith Françoise (en prensa). "Las políticas hídricas en las cuencas transfronterizas entre México, Guatemala y Belice".

Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI) (2005). *II conteo de población y vivienda*, México.

Murillo Licea, Daniel (2008). "Manejo y organización comunitaria del agua en Los Altos de Chiapas: El caso del paraje tzotzil Pozuelos". En UNESCO, *Agua y diversidad cultural en México*. Israel Sandre Osorio, Daniel Murillo (eds.), serie cultura y agua del PHI-LAC, No. 2, pp. 25-38.

Peña, Francisco (2005). "La lucha por el agua. Reflexiones para México y América Latina", en Pablo Dávalos (comp.), *Pueblos Indígenas, Estado y Democracia*, CLACSO Libros, Argentina, pp. 217-238.

Secaira, Estuardo (2000). *Implicaciones para conservacionistas*, PROARCA/CAPAS, Guatemala.

Transboundary Freshwater Dispute Database (TFDD) (2007), en *Oregon State University*, http://www.transboundarywaters.orst.edu/, consultada: 3 de febrero de 2009.

UNESCO (2008). *Agua y diversidad cultural en México*. Israel Sandre Osorio, Daniel Murillo (eds.), serie cultura y agua del PHI-LAC, No. 2.

Universidad Rafael Landivar, Instituto de Incidencia Ambiental (URL-IIA) (2004). *Perfil ambiental de Guatemala. Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática*, Universidad Rafael Landivar, Instituto de Incidencia Ambiental, Guatemala.

Vogt, Evon (1992). "Conceptos de los antiguos Mayas en la religión zinacanteca contemporánea", en *Los zinacantecos*, INI-CONACULTA, México.

Zárate Toledo, Antonieta (2008). *Gestión del agua y conflicto en la periferia urbana de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. El caso de Los Alcanfores*, Tesis de Maestría. Centro de Estudios Superiores en Antropología Social, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

19. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos

Polioptro F. Martínez Austria*
Carlos Patiño Gómez*
Martín José Montero Martínez*
José Luis Pérez López*
Waldo Ojeda Bustamante*
Martín D. Mundo Molina**
Leonardo Hernández Barrios***

Resumen

El análisis regional, que utiliza sistemas de interpolación a partir de resultados de modelos de circulación general, muestra que México registrará durante el presente siglo incrementos importantes e inéditos de la temperatura promedio. Hacia el final del siglo, de no adoptarse medidas mundiales de mitigación suficientes, el incremento de la temperatura puede alcanzar en nuestro país hasta 5°C, con efectos potencialmente desastrosos en el medio ambiente y actividades productivas. En este escenario, los recursos hídricos de México serán afectados de manera sustancial. En general, es de esperarse una combinación negativa de disminución de disponibilidad hídrica, ocasionada por menores precipitaciones en la mayor parte del país y mayor evaporación de suelo, vegetación natural y suelo, e incrementos en la demanda de agua. En particular, la demanda de agua para riego, si no se modernizan los sistemas de irrigación o se disminuye superficie bajo riego, se verá incrementada. El riego consume alrededor de 77% de los recursos hídricos en uso en México. De manera previsible, la recarga natural de los acuíferos se verá reducida, lo que incrementará la presión sobre los acuíferos sobreexplotados y los actualmente en equilibrio. El estrés térmico ocasionado por el calentamiento global disminuirá la productividad de algunos de los cultivos

* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
** Universidad Autónoma de Chiapas
*** Universidad Politécnica de Valencia

más importantes para México, lo que alterará también su ciclo fenológico. El incremento en la temperatura incrementará asimismo la tendencia a la eutrofización en lagos y embalses. El reto principal consiste en incorporar los efectos del cambio climático en la planeación y gestión de los recursos hídricos. En términos generales, el sector hídrico de México deberá realizar un enorme y costoso esfuerzo de adaptación al cambio climático, para lo cual serán necesarios cambios institucionales y legales profundos que impacten en una más eficiente y sustentable gestión de sus recursos hídricos.

Palabras clave:

Cambio climático, ciclo hidrológico, escenarios climáticos, evapotranspiración, recursos hídricos.

Introducción

Cambio climático

Por cambio climático se entiende "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables".[1] En la actualidad, el planeta está experimentando un proceso de calentamiento, que es atribuido al efecto invernadero, ocasionado por la presencia de gases que atrapan las radiaciones infrarrojas y capturan el calor que, de otra manera, se perdería naturalmente en el espacio (ver Figura 1).

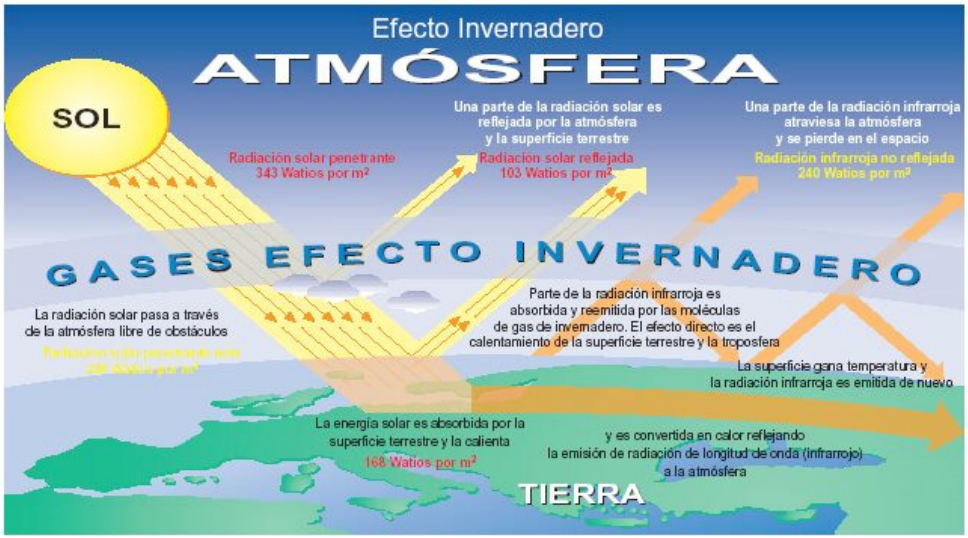


Figura 1. Gases de efecto invernadero.
Fuente: UNEP -GRID-Arendal.

Ha sido documentado el incremento de la presencia de cantidades significativas de gases de efecto invernadero, que son el resultado, principalmente, de la revolución industrial, la cual emplea grandes cantidades de combustibles fósiles para generación de energía. Estos gases han producido ya incrementos relevantes de la temperatura planetaria, como se puede observar en la Figura 2, donde se muestran también los incrementos en el nivel del mar y la disminución en la cubierta de nieve del hemisferio norte en invierno. Como puede observarse, los incrementos en la temperatura son mucho mayores que los atribuibles a un pro-

[1] Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, artículo 1. Definiciones, 1992.

ceso cíclico natural de calentamiento, y han producido ya efectos claramente observables, como el incremento en el nivel del mar y la disminución de glaciares.

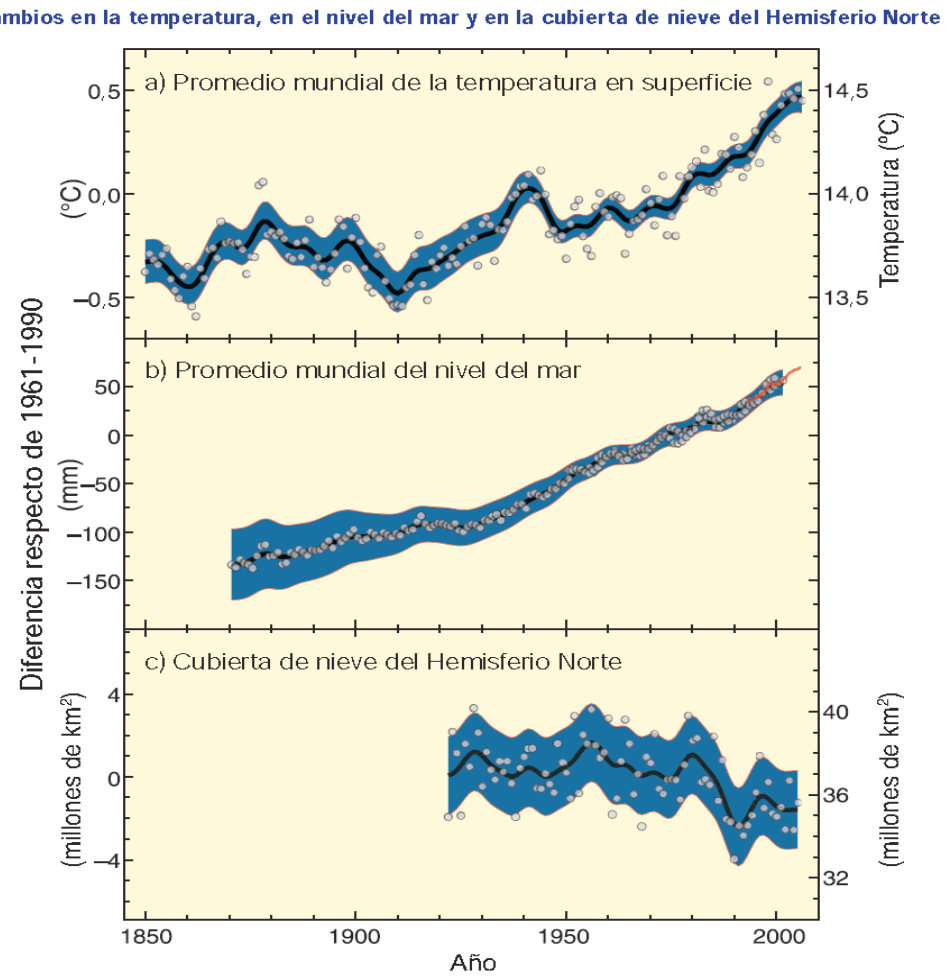


Figura 2. Cambios observados desde el inicio de la revolución industrial en la temperatura, el nivel del mar y la cubierta de nieve en el hemisferio norte (IPCC, 2007).

Efectos en el ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico

Conforme a reportes publicados por la National Geographic Society,[2] el derretimiento de las capas de hielo antárticas y la recesión de los hielos árticos están ocurriendo con mayor rapidez que lo predicho por los modelos. Imágenes de satélite de 300 glaciares muestran que en la antártica los glaciares fluían 12% más rápido en 2003 que una década antes, en 1993. La temperatura promedio del aire en la Antártida ha aumentado 3°C desde 1950.

Las variaciones registradas de temperatura, por otra parte, son diferentes según la región del mundo de que se trate. En la Figura 3 se presentan los resultados más recientes publicados por el grupo de expertos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2007). Puede observarse un acusado incremento de las temperaturas a partir de la década de los setentas, y que estos incrementos son más notables en el hemisferio norte. Asimismo, y debido al efecto inercial de temperatura de los océanos, el incremento de temperatura ha sido mucho mayor en la superficie terrestre. En la figura se muestra en línea negra el valor registrado; en color gris oscuro, el incremento atribuible a efectos naturales, y en gris claro (con tendencia a la alza en todos los casos) azul, el incremento atribuible a efectos naturales más efectos antropogénicos.

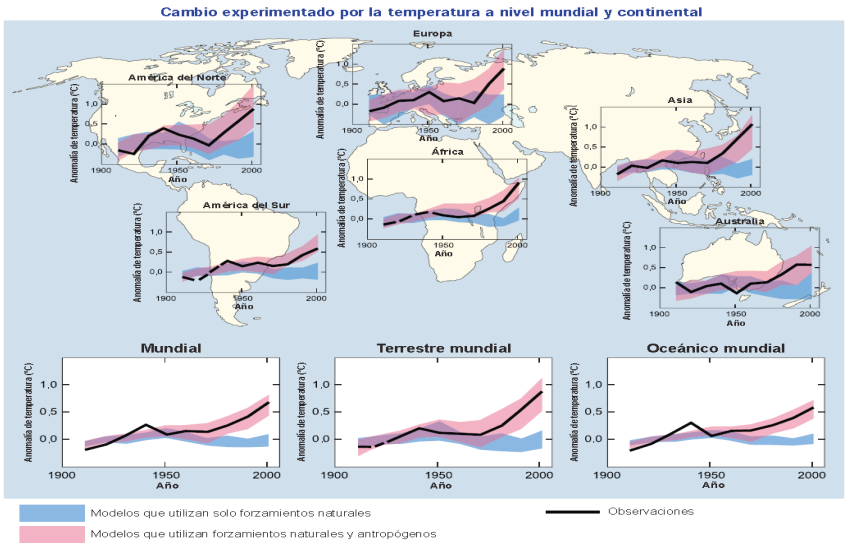


Figura 3. Incremento observado de la temperatura mundial respecto del promedio del periodo 1901-1950 (IPCC, 2007).

[2] http://news.nationalgeographic.com/news/2007/06/070606-antarctica-melt_2.html

El comportamiento futuro del clima terrestre dependerá del desarrollo económico, de la emisión de gases de invernadero y de la aplicación de medidas de mitigación y adaptación; fundamentalmente dependerá del uso de energías limpias. Para estimar el comportamiento futuro del clima terrestre, se han propuesto diversos escenarios, que pueden resumirse como se indica en la Figura 4. El término IEEE designa los escenarios descritos en el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (Nakićenović and Swart, 2000). Los escenarios IEEE están agrupados en cuatro familias principales (A1, A2, B1 y B2) que exploran vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas impulsoras demográficas, económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) resultantes (IPCC, 2007).

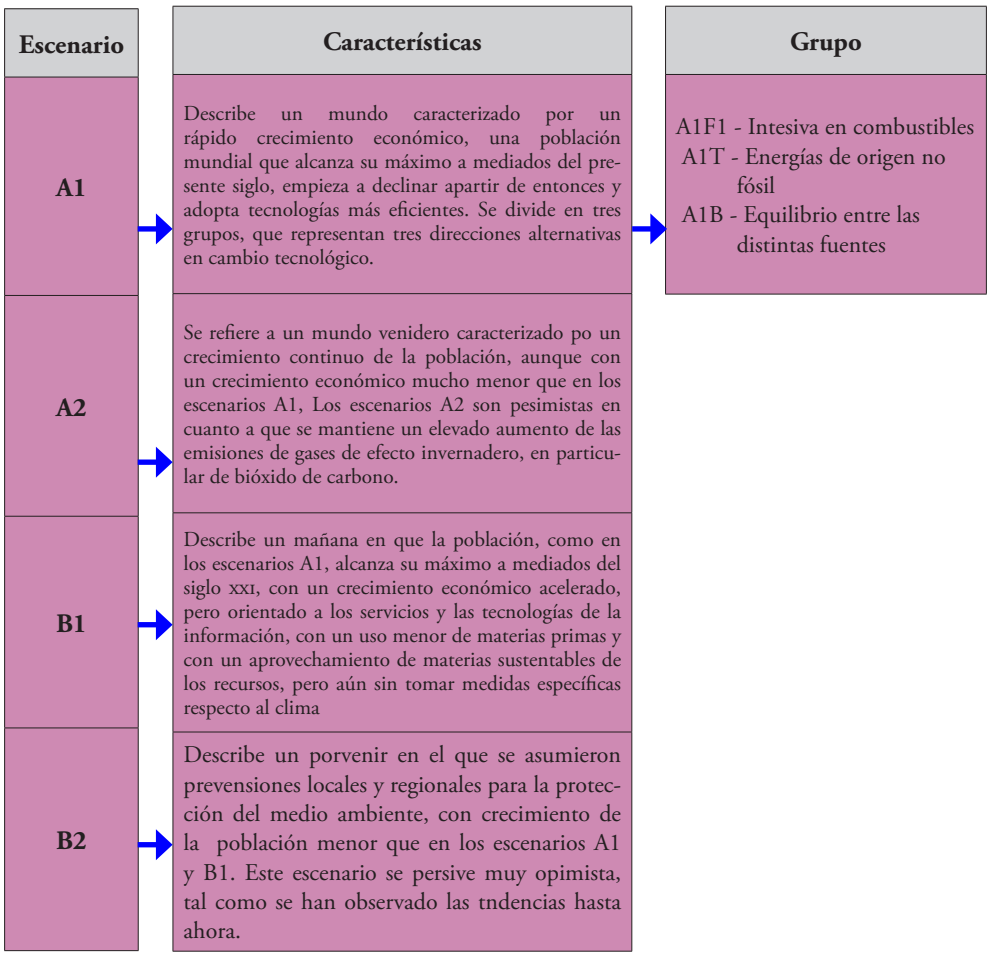


Figura 4. Escenarios de cambio climático (IPCC, 2007).

De acuerdo con estos escenarios, se han realizado estimaciones utilizando modelos globales del clima, cada vez más exactos. Según estos modelos, los cambios esperados en la temperatura global durante el siglo XXI serán los mostrados en la figura 5.

Proyecciones del calentamiento en superficie obtenidas de un modelo de circulación general atmósfera-océano

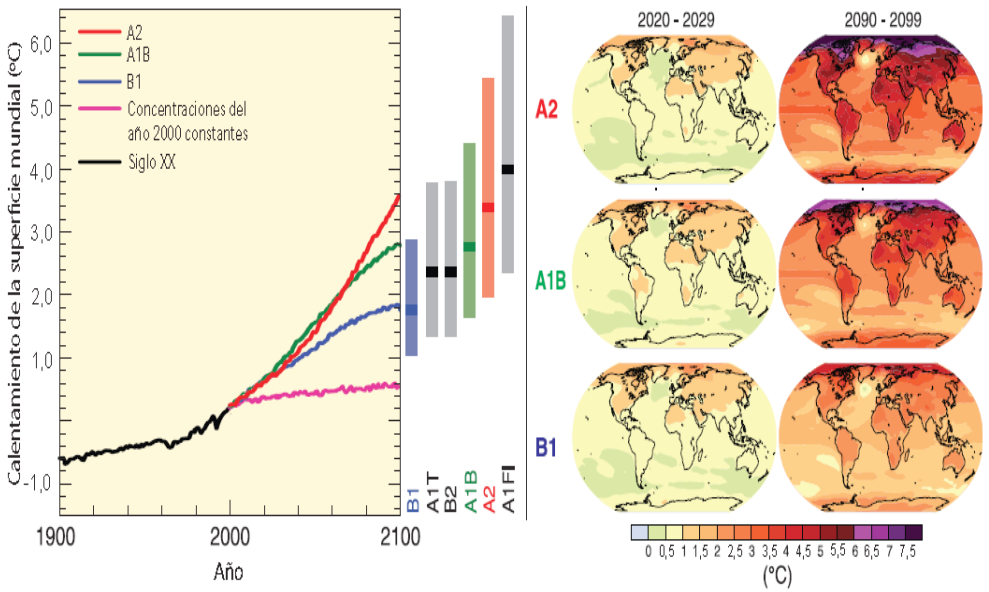


Figura 5. Cambios esperados en la temperatura conforme a diversos escenarios (IPCC, 2007).

Como puede observarse, la temperatura puede elevarse entre 2 y 4°C, depende de si se adoptan o no medidas de mitigación efectivas. Desafortunadamente, los resultados de la reciente Conferencia de las Partes celebrada en Copenhague no nos permiten ser muy optimistas.

Efectos del cambio climático en los recursos hídricos

Desde el inicio de las investigaciones sobre el cambio climático, se observó que la modificación de la temperatura media del planeta acarrearía importantes impactos en el ciclo hidrológico. En efecto, varias de las principales componentes del ciclo hidrológico, como la precipitación y la evaporación, dependen de esta variable climática, lo que a su vez tiene efectos en el escurrimiento, el contenido de humedad de los suelos, la evaporación y la recarga de los acuíferos, entre otras variables hidrológicas relevantes.

Los efectos del calentamiento global sobre los recursos hídricos producirán trascendentales impactos sobre las sociedades humanas y sobre los ecosistemas.

La intensidad de estos impactos puede estimarse a partir de los cambios observados en las sociedades del pasado ocasionados por variaciones notables naturales del clima. Según diversos estudios (v.g. Fagan, 2009), la caída de la civilización clásica maya está asociada a las sequías ocurridas en Mesoamérica durante al periodo conocido como "gran calentamiento", ocurrido entre los siglos X y XV, que representó un incremento de un grado centígrado promedio en el planeta.

El cambio climático no solo afectará la disponibilidad de agua, sino también la demanda, principalmente la de los ecosistemas y la de la agricultura, que es actualmente el principal usuario del agua en el mundo. También se observarán cambios en la calidad del agua de los ríos y, con mayor intensidad, de los lagos, humedales y ecosistemas costeros. La magnitud de estos cambios en las regiones, conviene asentarlo desde ahora, es objeto aún de controversia, debido a la falta de datos y modelos apropiados y con la suficiente calibración. Sin embargo, las tendencias son cada vez más claras.

Es necesario anotar también que los recursos hídricos están ya sujetos a grandes presiones, debido fundamentalmente al crecimiento poblacional, al desarrollo social y económico que genera mayores demandas –sobre todo de uso industrial y de servicios– y a cambios en el uso del suelo y alteraciones en las zonas de captación de las cuencas, sobre todo deforestación y erosión. A estos efectos hay que añadir la incapacidad institucional en amplias zonas del planeta para lograr una razonable gobernabilidad de los recursos hídricos. Por todo ello, los probables efectos del cambio climático serán un ingrediente más que dificultará, de manera grave en muchos casos, lograr el uso sustentable del agua.

El primer efecto del calentamiento global en los recursos hídricos ocurrirá en la precipitación. Conforme a Bates et al. (2008), a partir de 1970 ya se observan cambios significativos, como se puede ver en la Figura 6. No obstante, la incertidumbre de la variación observada es aún alta, debido a la carencia de datos precisos en muchas regiones del mundo.

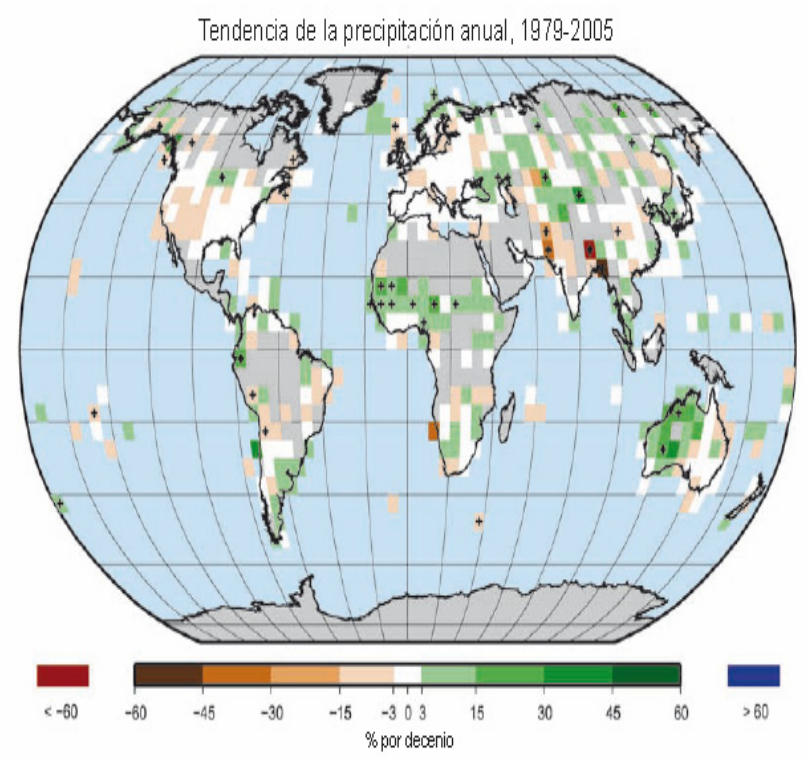


Figura 6. Cambios observados en la precipitación en el periodo 1979-2005 respecto del promedio 1961-1990 (Bates et al., 2008).

En la Figura 7 se resumen los cambios esperados hacia el final del siglo XXI en la precipitación, escurrimiento, evaporación y humedad del suelo. Estos resultados se obtienen de modelos de circulación general que no tienen la resolución necesaria para obtener conclusiones en cuencas hidrológicas específicas, pero permiten estimar de forma cualitativa las tendencias generales. Así, aunque existen diferentes tendencias en cada región del mundo, se puede decir que en general se espera un incremento de la precipitación en las latitudes altas del hemisferio norte, y un decremento de la precipitación en las latitudes medias y en algunas zonas tropicales y subtropicales (IPCC, 2007).

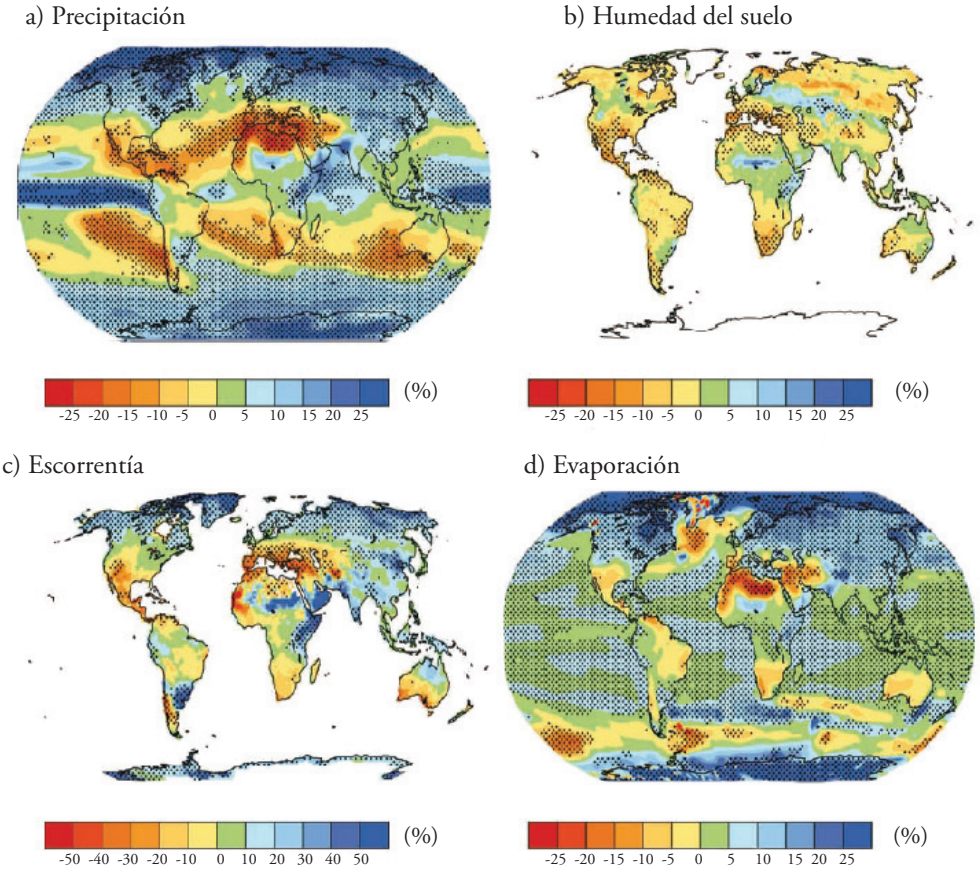


Figura 7. Cambios esperados en diversas variables del ciclo hidrológico para el periodo 2080-2099 respecto del promedio del periodo 1980-1999. Agregado de quince modelos para el escenario A1B (Bates et al., 2008).

Para México, un país en el que, por la variabilidad natural anual de la disponibilidad de agua, ha sido necesaria la construcción de una amplia infraestructura hidráulica, es de particular importancia el cambio previsto en el escurrimiento. En la Figura 8 se presentan las alteraciones previstas en el escurrimiento hacia el año 2050 con respecto al observado en el periodo 1961-1990; calculado con un escenario de incremento anual del CO_2 de 1 %, que es menor al actual. Debido a que no hay una relación lineal con la precipitación, se esperan cambios mayores en el escurrimiento. De esta manera, se prevén incrementos en el escurrimiento en las latitudes altas y en la región del subcontinente índico y en Indochina. En Norteamérica se observan disminuciones generales en el escurrimiento, de me-

nor magnitud en la región central continental, y de mucha mayor relevancia en la cuenca del Mississippi, en el sur de México y en América Central.

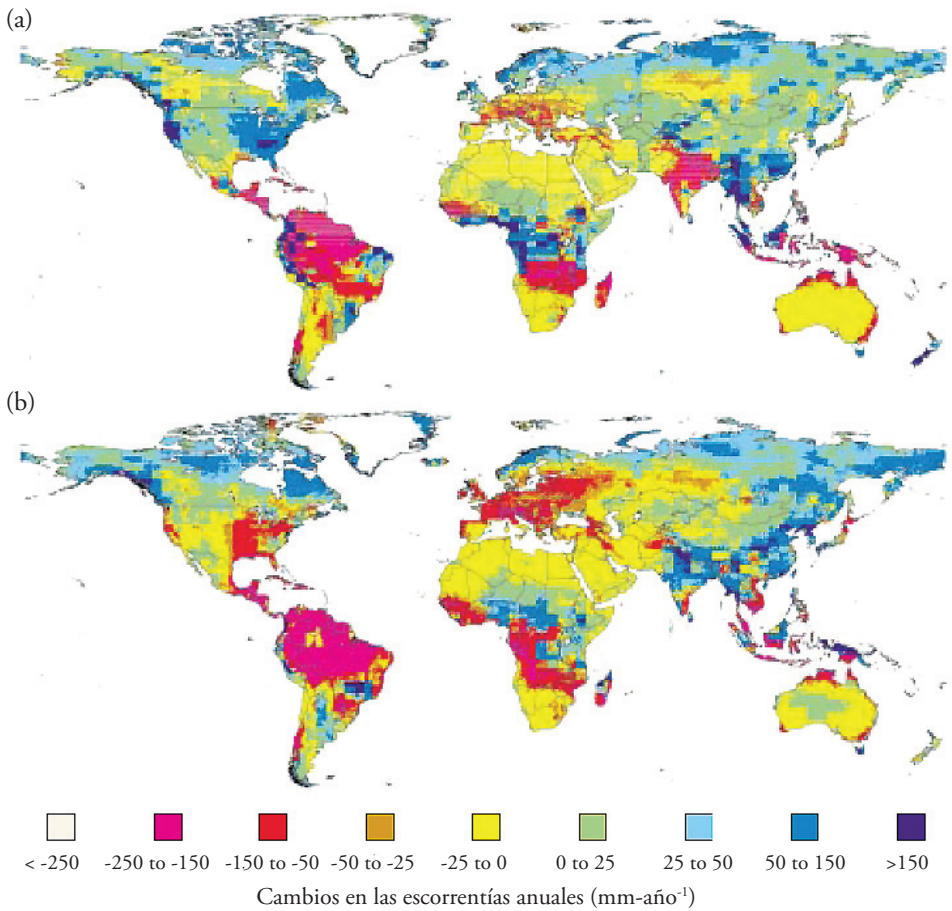


Figura 8. Efectos del cambio climático en el escurrimiento, en mm/año. Cambios proyectados al año 2050 respecto de los valores medios registrados entre 1961-1990 (IPCC, 2001).

Estudio de los efectos del cambio climático en México

En México, el estudio del cambio climático, sus efectos y medidas de adaptación ha sido impulsado por el gobierno y algunas universidades e institutos de investigación. Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones se han centrado en la modelación atmosférica y los inventarios de emisiones de gases de invernadero y, en mucha menor medida, en los efectos en los recursos naturales. Los cambios esperados en los recursos hídricos han sido estudiados fundamentalmente en el

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en colaboración con diversas universidades.

Desde 1994, en que elaboró su Estudio de País, México ha desarrollado un esfuerzo continuo de actualización de sus inventarios de emisiones de gases de invernadero, análisis del cambio climático y sus efectos en su territorio. El primer Estudio de País abarcó tres aspectos principales: inventarios de gases de invernadero, escenarios de cambio climático y estudios de vulnerabilidad en siete diferentes sectores, entre los que se contaron la agricultura y los recursos hídricos.

México también ha presentado tres extensas Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; la primera publicada en 1997, la segunda en julio de 2001 y la tercera en 2006 (SEMARNAP, 1997; SEMARNAT, 2001, y SEMNARNAT, 2006). La primera reportó, en lo que respecta a vulnerabilidad y mitigación, esencialmente, los resultados del Estudio de País. El segundo reporte se centró en los avances en inventario de gases de invernadero, y en acciones de mitigación en el área forestal y en el sector energético. No se abordaron en este reporte acciones de adaptación en los recursos hídricos. La tercera Comunicación Nacional revisó los avances en inventario de gases de invernadero, medidas de adaptación y medidas de mitigación. En este reporte se abordaron brevemente los efectos y medidas de adaptación en la gestión de los recursos hídricos.

También son de destacar el Programa Nacional de Acción Climática (SEMARNAP, 1999) y el texto El cambio Climático desde México (Martínez, J. y Fernández Breamuntz, A., 2004).

Recientemente, se publicaron la Estrategia Nacional de Acción Climática (ENACC), (SEMARNAT, 2007) y el Programa Especial de Cambio Climático (SEMARNAT, 2009).

La ENACC se centra en el papel del gobierno federal en materia de control de emisiones de gases de invernadero, identifica acciones y precisa posibilidades y rangos de reducción de emisiones. Asimismo, apunta las necesidades del país para definir las necesarias medidas de adaptación en los sectores que se prevé serán los más afectados. La ENACC es un paso previo a la elaboración de un Programa Especial de Cambio Climático.

Las principales acciones de investigación identificadas en la Estrategia se refieren a los sectores de generación y uso de energía. En concreto, a la eficiencia energética de las empresas generadoras y petrolera del gobierno federal y al transporte. En cuanto a la adaptación, las principales líneas de acción identificadas son las siguientes:

1. Revisar la estructura institucional enfocada a la gestión del riesgo frente a amenazas hidrometeorológicas para potenciar las capacidades instaladas.

2. Posicionar la actual capacidad de respuesta ante los impactos de la variabilidad climática como plataforma para el desarrollo de capacidades de adaptación frente a los efectos del cambio climático.
3. Identificar oportunidades para la convergencia de esfuerzos intersectoriales (transversalidad).
4. Diseñar e implementar un Programa de Modelación del Clima como parte de un Sistema Nacional de Información Climática.
5. Potenciar el Ordenamiento Ecológico y Territorial como instrumento preventivo frente a los impactos previsibles del cambio climático.
6. Revisar las políticas y prioridades de asignación de gasto para enfatizar la prevención.
7. Promover acciones de reducción de la vulnerabilidad, disminución del riesgo y generación de estrategias de adaptación en los planes de desarrollo regional, estatal y municipal.
8. Promover el uso de seguros como instrumentos de disminución de vulnerabilidad en diferentes sectores.
9. Diseñar una estrategia de comunicación y educación que difunda los resultados de las investigaciones, involucre a la sociedad y consolide su participación en el diseño de acciones preventivas y correctivas.
10. Promover la formación de recursos humanos en meteorología operativa y pronósticos.

El impulso que el gobierno de México otorga a la implementación de medidas de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en diversos sectores ha sido plasmado como objetivo en uno de los cinco ejes rectores del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, relacionado con la sustentabilidad ambiental. Este objetivo se refleja, a su vez, en la incorporación del estudio del cambio climático en el Programa Nacional Hídrico, a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Este objetivo estratégico, entre los ocho principales de la CONAGUA, establece "evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico", para lo cual se propone, entre las metas principales, la integración y digitalización de la información nacional hidrológica relativa al ciclo hidrológico; la realización de 13 estudios para caracterizar los efectos regionales del cambio climático, y la elaboración de modelos numéricos que permitan caracterizar los efectos del cambio climático en todo el país. El avance en estas metas es parcial, y se destaca como una fuerte limitante la falta de información digitalizada que permita mejores análisis y alimentar los modelos numéricos.

El IMTA, en conjunto con la CONAGUA y en colaboración con diversas universidades e instituciones del extranjero, ha realizado estudios en diversas áreas relacionados con los efectos del cambio climático en la disponibilidad de los recursos hídricos, la calidad del agua, el ciclo hidrológico y la agricultura en México.

Las decisiones acerca de la planeación de los recursos hídricos, el diseño, la construcción de nueva infraestructura para suministro de agua, el tipo y área de los cultivos, las cuotas de agua urbana, así como la operación de embalses y el suministro de agua dependen de las condiciones climáticas y de un adecuado manejo de los operadores de los sistemas hidráulicos. En el pasado, estas decisiones asumían que las condiciones climáticas futuras tendrían las mismas características y variabilidad que las condiciones del pasado, sin considerar los cambios climáticos que pudieran presentarse.

Entre los estudios más necesarios para la evaluación de los impactos del cambio climático en los diversos sectores es la adecuada selección de escenarios climáticos establecidos por la comunidad científica internacional, como los del IPCC de la Organización de las Naciones Unidas y los escenarios climáticos regionales para nuestro país, que han sido desarrollados por el grupo de hidrometeorología del IMTA y que permiten analizar y valorar los efectos del cambio climático en los recursos hídricos debido a las variaciones de la lluvia y la temperatura para los diversos periodos estacionales. Con base en estos resultados, resulta necesario continuar con la simulación del ciclo hidrológico mediante un modelo de lluvia-escurrimiento que permita conocer en qué proporción y lugar se vería reducida la disponibilidad del recurso y analizar cómo afecta a los distintos componentes y almacenamientos de agua. Estos estudios se encuentran actualmente en proceso.

Regionalización de proyecciones climáticas en México de precipitación y temperatura en superficie

Se estima que para las décadas subsecuentes, según los modelos climáticos globales, la temperatura de la superficie media global habrá aumentado entre 1.8 y 4ºC para la década de 2090-2099, en comparación con la década 1980-1989. Se espera que el nivel medio del mar aumente entre 0.18 y 0.59 m durante los periodos mencionados con anterioridad (Solomon et al., 2007). Como se ha mencionado, estudios recientes muestran que la tasa actual de derretimiento del océano Glacial Ártico sobrepasa las estimaciones hechas por medio de todos los modelos climáticos.

En cuanto a México, el panorama del cambio climático no resulta más alentador. Con base en las estimaciones de los modelos climáticos globales que participaron en el 4º Reporte de Evaluación del IPCC, al menos dos estudios recientes

(Giorgi y Bi, 2005; Seager et al., 2007) encuentran que las condiciones previstas para nuestro país durante el presente siglo son de un aumento en la aridez, especialmente en la zona norte.

Dadas estas condiciones, en el IMTA se ha llevado a cabo la regionalización para México de las simulaciones de los Modelos de Circulación General Acoplados (CGCM, por sus siglas en inglés) que participaron en el reciente 4º Reporte de Evaluación del IPCC, utilizando el método "Reliability Ensemble Averaging" (REA) para precipitación y temperatura en superficie.[3] Estos modelos son los utilizados por la comunidad científica internacional y nacional para pronosticar los futuros cambios en el clima. El método utilizado toma en cuenta dos "criterios de fiabilidad", es decir, el desempeño del modelo en reproducir el clima actual (criterio de "desempeño del modelo") y la convergencia de los cambios simulados a través de los modelos (criterio de "convergencia del modelo").

Los datos de todas las salidas de los 23 CGCM reportados por el IPCC en el 2007 fueron interpolados a una malla de 0.5° x 0.5°, de mayor detalle que la usada en los modelos globales de 2.5° x 2.5°, con el fin de comparar con los datos observados de precipitación. Para ello se usó el algoritmo de D. Hensen, de Fleet Numerical Oceanographic Center (FNOC), basado en una interpolación bilineal con funciones de tipo Bessel. Los buenos resultados de la interpolación son evidentes al ver como son preservados los patrones espaciales de los datos cuando se interpola de menor a mayor resolución, de forma suave y creando el mínimo de valores por arriba de los máximos o valores negativos en áreas donde la lluvia es cero, por ejemplo.

Con los datos de 16 de los CGCM más importantes disponibles en la página web de IPCC, se obtuvo como primer producto el cálculo de las anomalías promedio mensuales de precipitación (mm/día) y temperatura en superficie (ºC) para los escenarios SRES-A1B y SRES-A2, que se consideran los más probables, con respecto al período 1960-1989 alrededor de México. Lo anterior se llevó a cabo realizando la recopilación de datos de los CGCM para los casos de simulación del período histórico (20C3M, 1900-1999) y de los escenarios arriba mencionados (2000-2100), para posteriormente interpolar las resoluciones originales de los CGCM a una malla regular de 2.5° x 2.5°, orden típico de un CGCM.

A continuación se muestran algunos resultados de regionalización de la precipitación y la temperatura de superficie para el escenario SRES-A2 en México, a través del método REA, para la segunda mitad del Siglo XXI. La Figura 9 muestra la anomalía de precipitación promedio (en mm/día) para los meses de invierno y verano en las décadas de 2050, 2070 y 2090. Como se puede observar, se estima en general que la precipitación total irá decreciendo de manera paulatina en las décadas por venir en prácticamente todo México (en comparación con la

[3] Para mayores detalles de la técnica de interpolación, consultar Montero y Pérez, 2008.

climatología de 1961-1990). En invierno, esto se nota especialmente en las zonas norte y occidente del país, y en verano, en el centro y sureste del país. Hay que observar también que a mitad del siglo XXI se esperan anomalías positivas en verano en pequeñas regiones del centro, norte y noroeste del país, aunque no hay que perder de vista como, a medida que avanza el siglo, estas anomalías tienden a cambiar de signo.

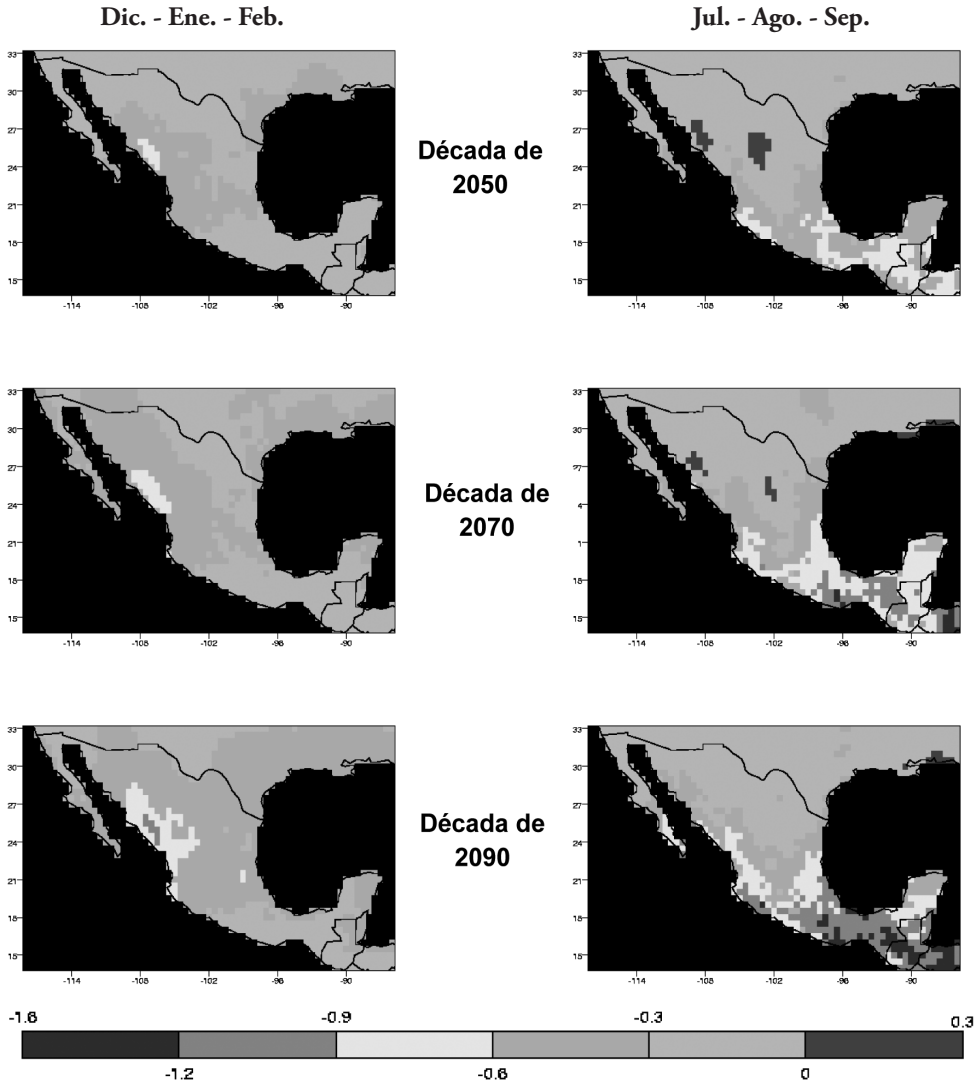


Figura 9. Anomalía de precipitación promedio (mm/día) regionalizada a través de REA para el escenario SRES-A2 en relación al período 1961-1990.

Para el caso de la temperatura de superficie, los resultados se presentan en la Figura 10. Como se puede observar, en todos los casos se presentan anomalías positivas para todo el país, lo cual implica temperaturas más altas que con respecto al período base 1961-1990. Además se nota un incremento paulatino de las temperaturas conforme se avanza en el tiempo, en especial en los meses de verano en el norte y sureste del país, en donde se estiman anomalías mayores a los 5°C para la última década del siglo.

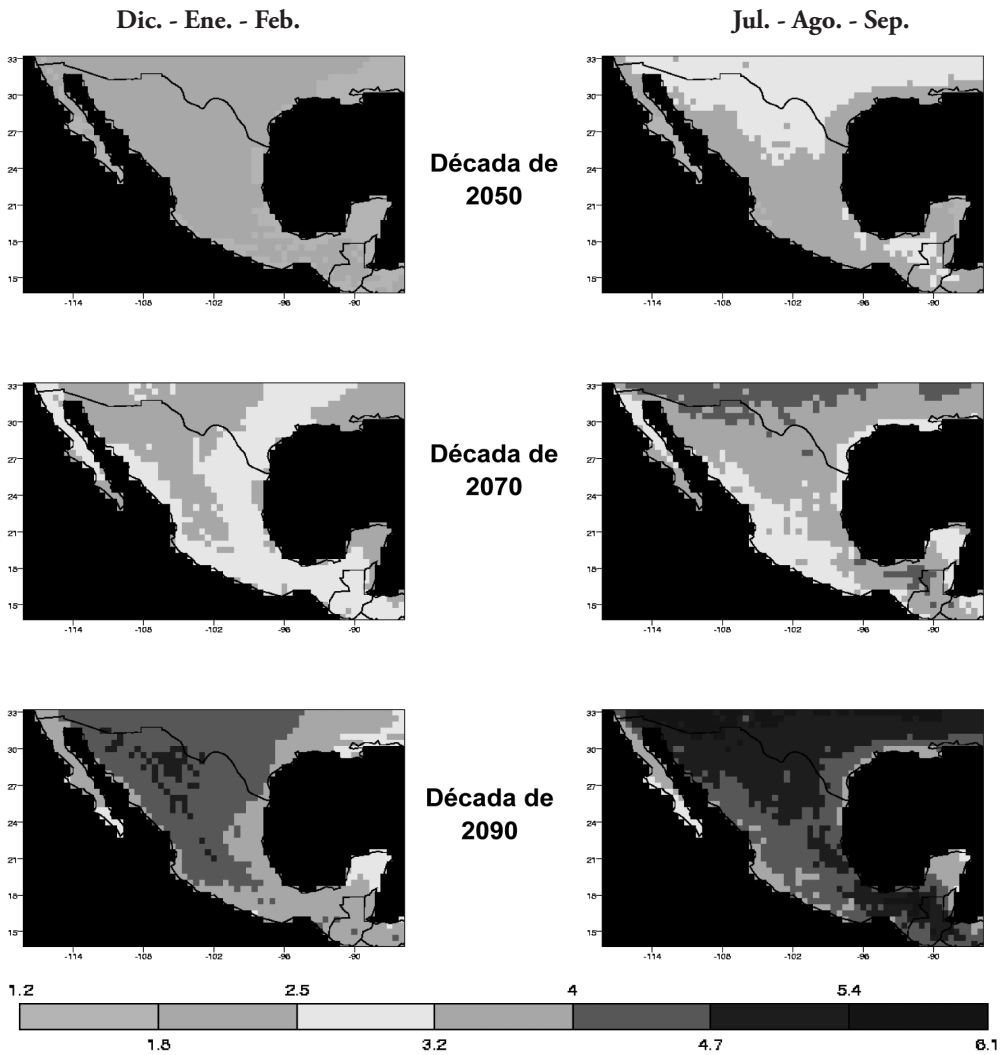


Figura 10. Anomalía de temperatura de superficie (°C) regionalizada a través de REA para el escenario SRES-A2 en relación al período 1961-1990.

Estos resultados están a disposición de las instituciones federales y estatales, así como del público en general, con la finalidad de obtener una mejor aproximación de los impactos del cambio climático en ciertas áreas del país. Asimismo, con los datos regionalizados obtenidos, se cuenta con la plataforma necesaria para obtener escenarios de impacto más realista sobre diversas actividades productivas y el medio ambiente.

Eefectos del cambio climático en el ciclo hidrológico

En México, en los últimos años se han venido realizando estudios de cambio climático para identificar, entre otros aspectos, los riesgos ante posibles decrementos o incrementos de variables climatológicas como la temperatura y la precipitación.

El comportamiento esperado de las principales variables hidrológicas bajo condiciones de cambio climático es el siguiente:

Precipitación. La precipitación es la variable principal en el balance de agua. Cualquier cambio en la precipitación tiene importantes implicaciones para la hidrología y los recursos hídricos. La variabilidad hidrológica en una cuenca es influenciada por la variación en las precipitaciones diarias, mensuales, anuales y decenales en el tiempo. Las frecuencias de las inundaciones son afectadas por los cambios en la variabilidad de la precipitación de un año a otro y por los cambios en las características de las tormentas de corta duración. Como se ha mencionado, en México se esperan disminuciones generalizadas en la precipitación, que tendrán mayores efectos en las regiones donde ya se sufre escasez, en particular en las zonas centro y norte del país.

Evapotranspiración. La evaporación en la superficie terrestre incluye la evaporación del agua a superficie libre, la del suelo, la del agua subterránea poco profunda y la del agua almacenada en la vegetación a lo largo de la transpiración de las plantas. El incremento de la evapotranspiración es medida por instrumentos meteorológicos que toman en consideración las características de la vegetación y de los suelos, así como la cantidad de agua disponible. El cambio climático puede afectar todos estos factores. Un incremento en la temperatura provocará un incremento en la evapotranspiración, y por tanto en las necesidades de irrigación de los cultivos, y disminuciones importantes en la productividad en zonas de agricultura de temporal.

Humedad del suelo. La cantidad de agua almacenada en el suelo es importante en la agricultura y tiene una influencia directa en el incremento de la evapotranspiración, de la recarga de agua subterránea y la generación del escurrimiento. En muchas regiones de México, donde se localizan acuíferos sobreexplotados, es

de especial preocupación la disminución de la recarga que se prevé ocurrirá por efecto del cambio climático.

Lagos. Los lagos son particularmente vulnerables a los cambios de las variables climáticas. Variaciones en la temperatura, precipitación y otros componentes meteorológicos causan directamente cambios en la evaporación, balance de agua, nivel del lago, en los regímenes hidroquímicos e hidrobiológicos y en casi todo el ecosistema del cuerpo de agua. En particular, para los lagos en la latitud de México, se esperaría un aumento en la eutrofización.

Cambios en las frecuencias de inundaciones. Aunque los cambios en los riesgos de inundación con frecuencia son citados como uno de los efectos potenciales del cambio climático, son relativamente pocos los estudios que se han realizado. Con los modelos e información actuales, es difícil definir los escenarios para que se presenten cambios en la intensidad de lluvias o en el deshielo de nieve que posteriormente desencadena inundaciones. En la actualidad, los modelos de cambio climático no pueden simular con exactitud lluvias de corta duración y de alta intensidad, y los cambios en la media mensual de la lluvia no pueden ser considerados, en principio, como representativos de un cambio en la duración e intensidad de la lluvia. Sin embargo, cualitativamente, son de esperar lluvias más intensas.

Cabe señalar algunos posibles efectos indirectos del cambio climático sobre la generación de crecidas y la erosión de los suelos. En un escenario de calentamiento global y de aumento de la sequía estival, se puede esperar una degradación de la cubierta vegetal y un aumento de la frecuencia de los incendios forestales. Estas condiciones, a su vez, pueden ocasionar un aumento de la frecuencia y severidad de las crecidas y de los fenómenos de erosión de los suelos en cuencas de pequeño tamaño. Como se ha mencionado, pocos estudios han intentado estimar los posibles cambios en la frecuencia de inundaciones. Algunas veces se asume que cambios en la lluvia mensual implican "producir inundaciones", algo hasta la fecha no comprobado. En la Figura 11 se muestra la inundación producida en el estado de Tabasco y el tapón hidráulico ocurrido en San Juan de Grijalva, Chiapas, debido a las precipitaciones extraordinarias presentadas en 2007, que pueden ser atribuibles a la variación climática, y que provocaron también el reblandecimiento de las márgenes del río Grijalva y su posterior deslizamiento.

Figura 11. Efectos de las precipitaciones extraordinarias en el sur de Méxicto.

Cambios en la frecuencia de sequías hidrológicas. Las sequías se expresan en términos de déficit de precipitaciones, déficit en la humedad del suelo, ausencia de caudales en los ríos y niveles bajos en los acuíferos y en los embalses. La sequía en los recursos hídricos, por lo tanto, depende no sólo de entradas hidrológicas de origen climático, sino en algunos casos del manejo de los sistemas de recursos hidráulicos y de sus características. Un aumento de la temperatura y una reducción de la precipitación se combinarían en un aumento de la frecuencia y severidad de las sequías hidrológicas, tal y como se manifiesta en las cuencas transfronterizas entre México y los Estados Unidos (Figura 12).

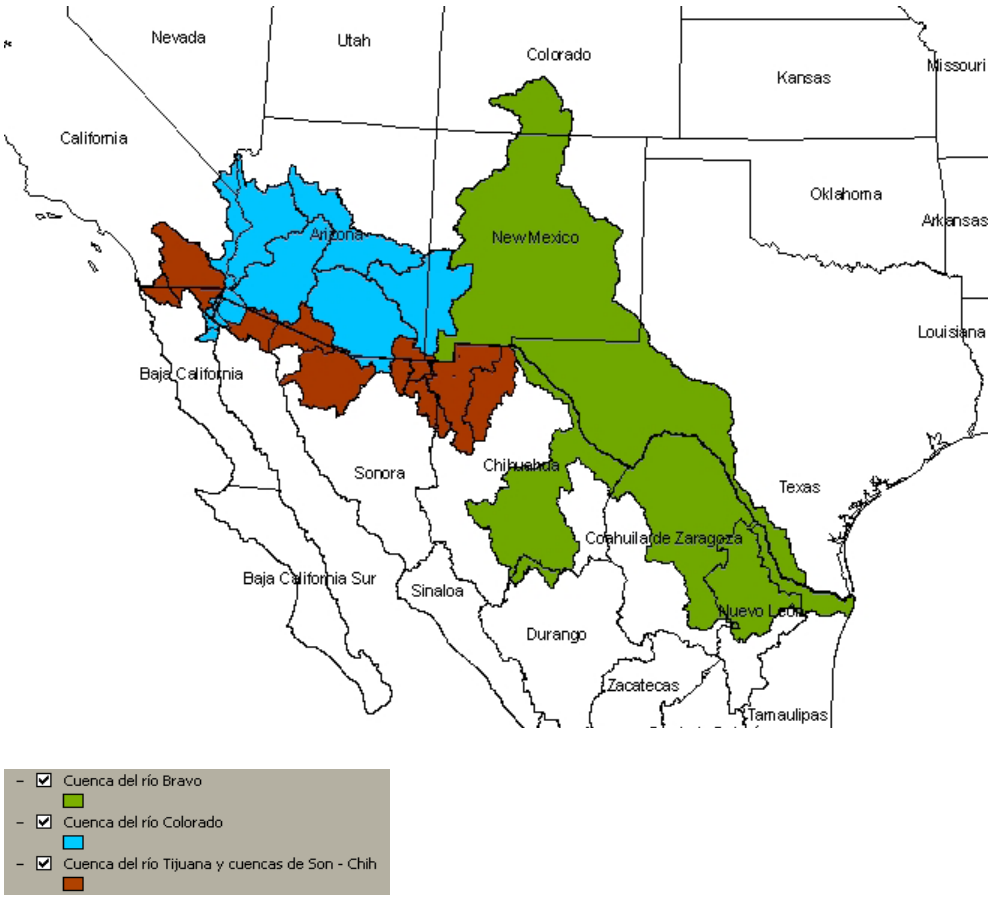


Figura 12. Cuencas transfronterizas binacionales México–Estados Unidos.

Forma y estabilidad de los ríos. Los patrones de la erosión y sedimentación en los ríos son determinados por grandes variaciones de los escurrimientos en el tiempo (en particular la frecuencia de inundaciones). Existe una vasta literatura sobre cambios de los escurrimientos causados por la influencia antropogénica o la variabilidad climática natural en el pasado, pero hay muy pocos estudios sobre los cambios de cauces o infraestructura hidráulica proyectados hacia el futuro. La ausencia de modelos basados físicamente en la forma de los cauces de los ríos y el transporte de sedimentos significa que la confianza en estimar los efectos del cambio climático en los cauces es, en general, poca.

Otro aspecto importante en la evaluación de los recursos hídricos es la simulación del ciclo hidrológico, que se realiza mediante modelos lluvia-escurrimiento, lo que permite conocer en qué proporción y lugar se verían reducidos los recursos hídricos y analizar cómo afectaría esto a los distintos componentes y almacenamientos de agua. También es posible realizar un análisis similar al incorporar fenómenos meteorológicos extremos.

Una vez analizadas las repercusiones cuantitativas en la cuenca hidrológica, se procede a reproducir la gestión del sistema y evaluar las garantías y fallas que se producen en los caudales ecológicos y reservas ambientales, así como las demandas establecidas en dichos sistemas, mediante un modelo de gestión de recursos hídricos. Los resultados permitirán estimar los posibles efectos del cambio climático en los recursos hídricos futuros en la región hidrológica,

En la Figura 13 se describe un modelo metodológico que tiene como base el cumplimiento del Objetivo 7 del Programa Nacional Hídrico 2007-2012, que enmarca las acciones del gobierno mexicano ante los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico.

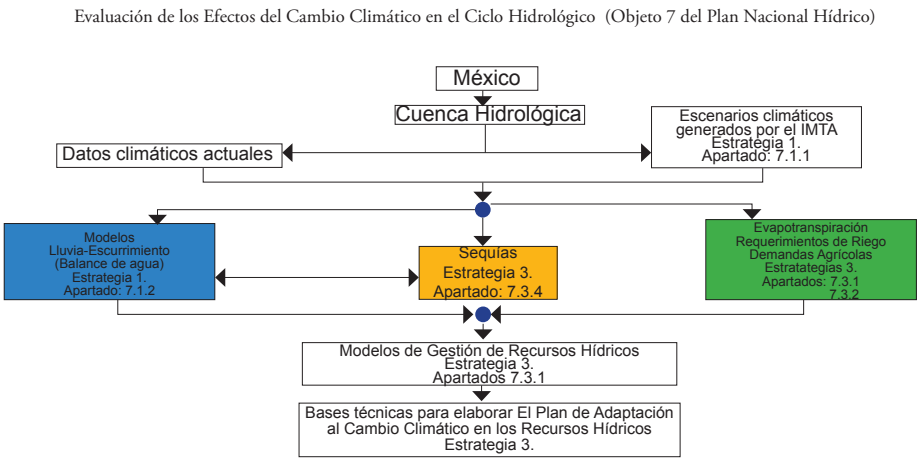


Figura 13. Esquema para la evaluación de los impactos del cambio climático en el ciclo hidrológico y en los sistemas de recursos hídricos.

Efectos del cambio climático en la evapotranspiración (ETo) de los cultivos en México

Desde el punto de vista del uso del agua en el sector agrícola, los efectos potenciales del cambio climático global preocupan especialmente en la parte norte del país, en donde actualmente existe déficit de agua y se esperan, de acuerdo con los resultados de los modelos climáticos, mayores impactos del calentamiento global. Ésta es una región en la que se encuentran los principales distritos de riego del país que consumen en promedio 80 de cada 100 litros de agua usados en México y cuya eficiencia media no supera el 50% en el uso del recurso (Mundo et al., 1994). Por tal razón es importante cuantificar los efectos del cambio climático en la evapotranspiración de los cultivos (ETo) en las regiones, con el fin de estimar el posible incremento en la demanda de agua de los mismos, debido a que una mayor demanda de agua en el sector agrícola por efectos del clima equivaldría a tener que disponer de mayores volúmenes de agua en las presas, en una región en donde actualmente el recurso es escaso.

Con base en los escenarios establecidos por el IPCC se han realizado algunos esfuerzos para estimar los efectos del cambio climático en México, tanto en la agricultura de temporal como en la de riego. Para el caso de la agricultura de temporal, se han elaborado estudios de sensibilidad con dos modelos específicos, el modelo CERES-MAIZE y el modelo GFDL-R30; algunos de estos resultados se pueden encontrar en Conde et al. (1997). Para el caso de la agricultura de riego, uno de los primeros estudios elaborados en México sobre los efectos del cambio climático en la evapotranspiración de los cultivos se realizó en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), hace más de una década (Martínez et al., 1998).

Estimaciones de la ETo con el método de Hargreaves-Samani con datos regionalizados

El estudio preliminar indicativo sobre los efectos del cambio climático en la ETo, realizado en el IMTA hace más de una década, tiene varias limitaciones; entre otras, se pueden enunciar las siguientes: a) se utilizaron datos de temperatura sin regionalizar; b) se realizaron incrementos de temperatura iguales para todas las estaciones, y c) se manejaron incrementos de temperatura iguales para todos los meses del año. Para subsanar parte de estas limitaciones, recientemente se siguió la siguiente metodología: a) Selección del método para estimar la ETo en la región norte del país. Éste debía cumplir con algunos requisitos, entre otros, usar pocas variables para la estimación de la ETo y tener una adecuada precisión. b) Selección del sitio para calibrar el método. Se escogió el distrito de riego 041

Valle del Yaqui en el estado de Sonora, por ser uno de los más importantes del norte del país y disponer de una red de estaciones meteorológicas automatizadas para calibrar el método seleccionado. c) Calibración del método para estimar la ETo utilizando como método testigo la ecuación Penman-Monteith (PM). d) Selección de los estados del norte del país que incluyeran los principales distritos de riego. Se seleccionaron nueve estados del norte de México. e) Selección de los escenarios de cambio climático. Se seleccionaron dos tipos de escenarios climáticos, el A1B y el A2. f) Utilización de los datos de anomalías promedio para temperatura obtenidos de los modelos IPCC en el escenario A1B. g) Comparación de dos escenarios, el escenario cero (condiciones actuales) y las anomalías promedio de temperatura para el año 2030. Se utilizó la ecuación de Hargreaves-Samani (HS) para estimar la ETo. Este método es recomendado por su adecuada precisión y sencillez, ya que sólo necesita datos de radiación, temperatura máxima y mínima para estimar la ETo. Para su calibración se utilizó la información diaria y mensual de una red compuesta de diez estaciones adecuadamente distribuidas en la zona de calibración mencionada, las cuales cuentan con mediciones diarias de radiación, humedad relativa, velocidad del viento, temperatura y precipitación, algunas con más de diez años de información.

Con las anomalías de temperatura estimadas para el año 2030 respecto al escenario actual, se realizaron simulaciones para estimar la ETo en los principales distritos de riego ubicados en los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Durango. En las Figuras 14 y 15 se pueden observar las isolíneas de ETo para el mes de julio en el escenario actual y en el escenario 2030, respectivamente.

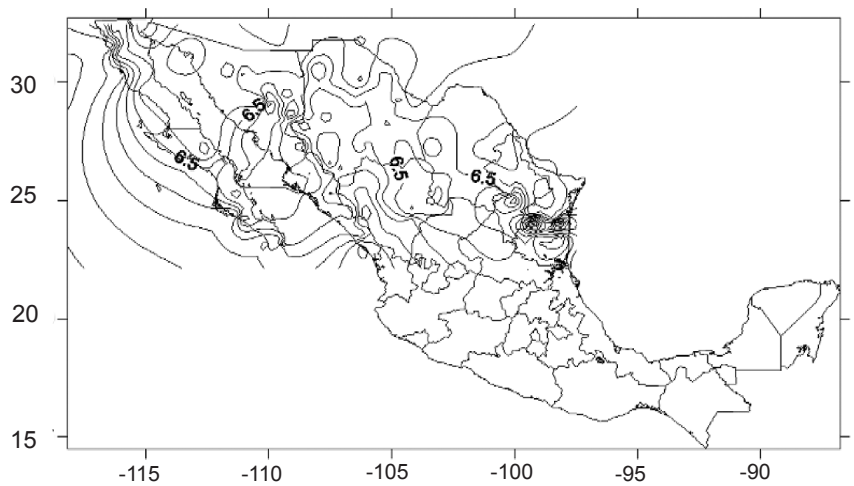


Figura 14. Isolíneas de ETo en el mes de julio para las condiciones actuales.

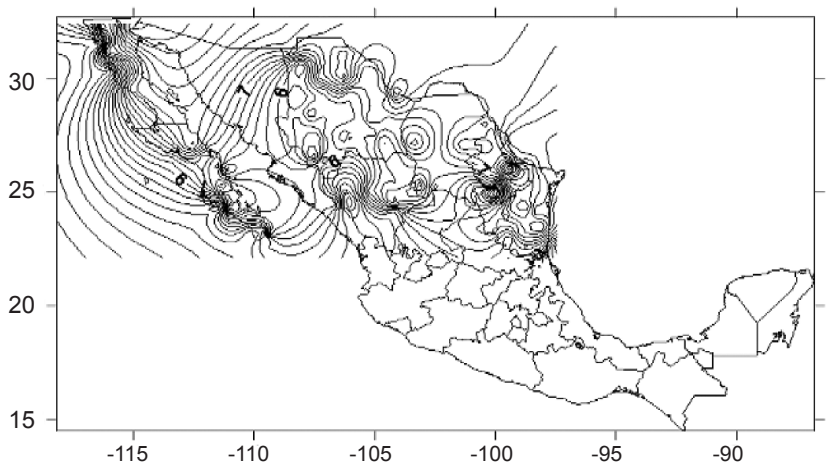


Figura 15. Isolíneas de ETo en el mes de julio para el escenario 2030.

Al comparar ambos resultados, se puede probar que existe un incremento promedio de alrededor de 7% en la ETo entre el escenario actual y el escenario 2030, así como una mayor densidad de isolíneas en el escenario 2030 respecto al actual.

Entre los principales resultados obtenidos en este estudio se pueden mencionar que las variaciones de la ETo entre el escenario actual y el escenario 2030 -de acuerdo con los datos de las más de 160 estaciones meteorológicas estudiadas, desde el norte de Baja California, Chihuahua y Sonora hasta las regiones limítrofes del sur de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas- son estadísticamente significativas. Las variaciones de temperatura que van de 0.1°C a casi 0.45°C en la región de estudio, tienen variaciones correspondientes de la ETo que van de 2% hasta un poco más de 7%, entre el escenario actual y el año 2030. Un aumento de 7% de la ETo (relacionado con un incremento de aproximadamente medio grado en la temperatura media regional) representaría, en la práctica, tener que disponer de un mayor volumen de agua en las presas de los distritos de riego estudiados, en los que ya toda el agua disponible está concesionada. Conviene resaltar que estos resultados son indicativos, dada las limitaciones que los métodos tienen para realizar estimaciones de la ETo bajo escenarios de cambio climático y dada la gran complejidad inherente del tema. Sin embargo, es conveniente también señalar que dichos resultados permiten tener una idea más precisa, a partir de estos análisis de sensibilidad, del efecto potencial del incremento de la temperatura media regional en las zonas de riego. Por la relevancia en la gestión futura de los recursos hídricos y por la necesidad que existe de estimar con mayor

claridad y precisión los efectos de la variabilidad climática en las áreas de riego y de temporal, es necesario continuar con las investigaciones en el tema, adaptar o desarrollar nuevas metodologías que incluyan no sólo el efecto del cambio del clima en las necesidades y la disponibilidad de agua para los cultivos, sino también los efectos de éste sobre su rendimiento.

Repercusiones del cambio climático en la agricultura de riego

La agricultura está ligada a los ciclos naturales de la radiación solar, lluvia y temperatura. Estos ciclos serán modificados, en particular la lluvia y la temperatura, por el calentamiento global de la atmósfera, con efectos potenciales a mediano y largo plazo en la disponibilidad de agua para riego, en la productividad de los cultivos, en las prácticas de manejo de los cultivos y en el balance hídrico de las zonas de riego. La magnitud y dirección de estos efectos por cambio climático es compleja e incierta, tal como ha sido resaltado por Adams et al. (1998).

La variabilidad climática interanual e interestacional afecta grandemente la sustentabilidad de las zonas de riego, en especial en las zonas de alta vulnerabilidad climática localizadas en las regiones áridas y semiáridas del país. Varias zonas productivas del país experimentan con mayor recurrencia y severidad la presencia de eventos climatológicos extremos que han puesto a prueba su sustentabilidad. Las sequías inducen a restringir las dotaciones normales de riego y disminuyen la superficie cultivable. El retraso, la duración e intensidad de la sequía interestival, y la disminución de la precipitación en zonas agrícolas de temporal causa una sustancial reducción en los rendimientos (Conde et al., 2006), lo cual aumenta el riesgo por variabilidad climática principalmente en pequeños productores agrícolas.

Aunque se espera que la precipitación se incremente en el mundo, se pronostica una disminución de esta variable en la mayor parte de México. Seager et al. (2007) han reportado evidencias de que el noroeste de México, con gran superficie bajo riego, se encuentra en un proceso de transición hacia un clima más árido debido a una reducción en la precipitación y a un incremento en la evaporación. Además, se pronostica un incremento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías, ciclones y lluvias torrenciales (Lawlor, 2005). Ante este panorama, el impacto del cambio climático en la agricultura de riego es potencialmente catastrófico, ya que muchas zonas agrícolas del país se encuentran, de manera recurrente, bajo condiciones hídricas críticas.

Algunos de los efectos directos del cambio climático en la agricultura de riego de México serán los cambios en el desarrollo y la productividad de los cultivos. Altas temperaturas por arriba del rango óptimo generarán mayor estrés térmico a los cultivos, que se traducirá en un mayor déficit de presión de vapor, un acorta-

miento del ciclo fenológico de los cultivos y, sin duda, en cambios en la demanda hídrica de los cultivos, así como en la calendarización de los insumos y de las prácticas de manejo de los cultivos.

Por tanto, los cambios climáticos esperados en la precipitación y la temperatura afectarán los componentes y los procesos asociados al ciclo hidrológico. Cualquier cambio en las variables climáticas (principalmente en la temperatura y la precipitación) afectará de manera sustancial la capacidad de la infraestructura para cumplir con la demanda de riego máxima de los requerimientos hídricos de los cultivos, e impactará la tasa de actividad de los procesos fisiológicos que definen el potencial productivo de los cultivos. Los cambios esperados dependen de la magnitud y la dirección que muestren las variables ambientales. Algunos de estos cambios en las zonas de riego pueden traducirse en un mayor ensalitramiento de los suelos, mayor evaporación de los embalses y canales, así como un mayor requerimiento de riego diario de los cultivos debido al incremento en la demanda evapotranspirativa y al decremento en la precipitación.

La cantidad de agua almacenada en el suelo (humedad del suelo) es una variable importante en la agricultura y tiene una influencia directa en el incremento de la evapotranspiración, en la recarga de agua subterránea y en la generación de escurrimientos. Los efectos locales del cambio climático en la humedad del suelo deberán variar no sólo con el grado del efecto del cambio climático, sino también con las características del suelo.

Otro proceso que se verá probablemente afectado por el cambio climático es la salinización del suelo. Las proyecciones de aumento de la evapotranspiración por incremento de la temperatura, la reducción de la precipitación en México y la intensificación de sequías provocarán la acumulación de sales en la zona radical del suelo en zonas áridas y semiáridas. Los procesos de erosión y ensalitramiento reducen la fertilidad de las zonas agrícolas, y dichos procesos se verán magnificados por efecto del cambio climático. Cambios en las intensidades y periodos de la precipitación, en los métodos de labranza y en el uso de la tierra por efectos del cambio climático modificarán los patrones de drenaje de las zonas agrícolas (Armstrong et al., 1992).

Las decisiones sobre la planificación de los recursos hídricos, el diseño, la construcción de nueva infraestructura hidráulica (canales de riego y drenes) y el plan de cultivos y riegos, así como la operación de presas y el suministro del riego dependen de las condiciones climáticas y de un adecuado manejo por parte de los operadores y administradores de los sistemas hidráulicos. El diseño actual de estos sistemas considera que la tendencia y variabilidad climática histórica será similar a la futura. Con este supuesto se ha diseñado la infraestructura hidráulica de México y del mundo. Las presas son diseñadas de acuerdo con la información histórica de escurrimientos en los ríos, el tipo y frecuencia de las inundaciones es-

peradas y de las sequías observadas. Las presas también son operadas utilizando el pasado hidrológico como referencia para establecer sus reglas de operación. Los sistemas de riego fueron diseñados con información histórica de un patrón de cultivos de la región, de sus máximos requerimientos hídricos y del régimen de humedad de los suelos. Los sistemas de drenaje fueron diseñados asumiendo patrones de intensidad de la precipitación estimada a partir de registros históricos.

Con la intensificación de las variables ambientales por efecto del cambio climático, la utilización de información climática histórica puede ser ahora cuestionable (y potencialmente peligrosa e incierta) en el diseño y operación de los sistemas hidráulicos. El cambio climático es un proceso paulatino, pero real, por lo que es necesario analizar las posibles repercusiones del cambio climático en la planeación, operación y gestión de los recursos hidráulicos, para adaptar o mejorar los procedimientos y reglas para el diseño, planificación y operación de la infraestructura hidroagrícola, y en el manejo integral del agua considerando los escenarios climáticos futuros.

Impactos en la productividad de los cultivos

El desarrollo de los cultivos es controlado principalmente por la temperatura e influenciado por el fotoperiodo. Los cultivos se han adaptado, de manera acentuada debido a la ingeniería genética con la liberación continua de nuevas variedades, para evitar temperaturas extremas y así completar su ciclo de acuerdo con el periodo propicio para su desarrollo en cada región. Un incremento en la temperatura ambiental intensificará la tasa de desarrollo de los cultivos debido a una mayor tasa de acumulación de los requerimientos de calor de los cultivos. Lo anterior generará una reducción del ciclo fenológico de los cultivos. Kurukulasuriya y Rosental (2003) mencionan también el efecto negativo en la producción del cultivo cuando el incremento en las temperaturas coincide con los periodos críticos del cultivo, como la floración y la formación del grano.

Con base en las proyecciones climáticas del escenario A1B (Montero y Pérez, 2008), se puede afirmar que los cambios en la temperatura ambiental por arriba de los 2°C, aunado a la reducción en la precipitación, generarán cambios drásticos en la productividad de los cultivos sensibles al estrés térmico, como el fríjol y el trigo, sobre todo en los meses de junio a septiembre, cuando los días con temperaturas por arriba de los 30°C serán más frecuentes. Ante esta tendencia, se tendrá que realizar una reconversión productiva del distrito de riego promoviendo cultivos tolerantes al estrés hídrico y al térmico, principalmente durante el ciclo de primavera-verano.

Una repercusión directa del incremento de la temperatura sobre los cultivos será la reducción en la duración de su ciclo fenológico, con una disminución en

su producción al reducirse la etapa de formación y llenado de grano, debido principalmente al menor tiempo disponible para absorción de nutrientes, intercepción de energía solar y a las actividades metabólicas (Lawlor, 2005). Un análisis de los incrementos esperados en la temperatura para el distrito de riego 075 (ver Figura 16) indican una reducción promedio en la duración del ciclo fenológico del maíz de otoño-invierno de 4%, 7% y 13%, para los años 2020, 2050 y 2080, respectivamente, con respecto a las condiciones actuales, de acuerdo con las necesidades térmicas del maíz reportadas por Ojeda et al., 2006. En consecuencia, los periodos de siembra tendrán que ajustarse o tendrán que desarrollarse nuevas variedades adaptadas a ciclos más cortos y tolerantes al estrés térmico, pero sin una disminución sustancial en su potencial productivo.

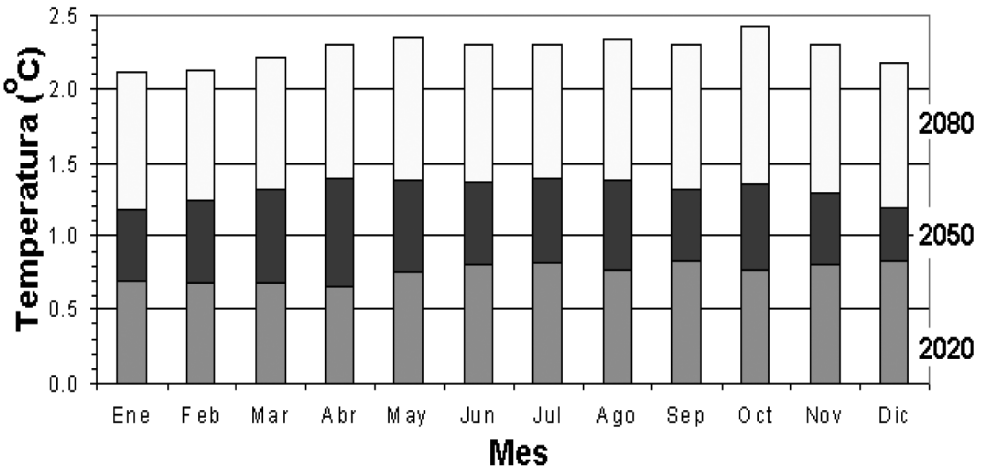


Figura 16. Cambios esperados en la temperatura media diaria mensual para el distrito de riego 075, "Río Fuerte, Sinaloa".

Conclusiones

El análisis regional, realizado con sistemas de interpolación a partir de resultados de modelos de circulación general, muestra que México registrará durante el presente siglo incrementos importantes e inéditos de la temperatura promedio. Hacia el final del siglo, de no adoptarse medidas mundiales de mitigación suficientes, el incremento de la temperatura puede alcanzar en nuestro país hasta 5°C, con efectos potencialmente desastrosos en el medio ambiente y actividades productivas.

En este escenario, los recursos hídricos de México serán afectados de manera sustancial. En general, es de esperarse una combinación negativa de disminución

de disponibilidad hídrica, ocasionada por menores precipitaciones en la mayor parte del país, y mayor evaporación de suelo, vegetación natural y suelo, e incrementos en la demanda de agua. En particular, la demanda de agua para riego, si no se modernizan los sistemas de irrigación o se disminuye superficie bajo riego, se verá incrementada. El riego consume alrededor de 77% de los recursos hídricos en uso en México. Previsiblemente, la recarga natural de los acuíferos se verá reducida, lo que incrementará la presión sobre los acuíferos sobreexplotados y los actualmente en equilibrio. El incremento en la temperatura incrementará la tendencia a la eutrofización en lagos y embalses.

Durante 2007 y 2008, el IMTA llevó a cabo un estudio en el cual obtuvo los escenarios de precipitación y temperatura, regionalizados para México, mediante el método del Ensamble Medio más Confiable (REA, por sus siglas en inglés), a partir de los resultados de los modelos generales de circulación aceptados por el IPCC. Se seleccionaron los modelos que mejor representan la climatología de nuestro país para posteriormente ser incluidos en un promedio ponderado, y se dio más peso a los modelos que mejor desempeño mostraron. De esa forma se obtuvieron las anomalías de precipitación y temperatura con una base mensual y para los escenarios de cambio climático A1B y A2 hasta fines del siglo. El potencial de utilidad de las bases de datos generadas en este trabajo es grande, debido a que servirá de plataforma para estudios de impacto climático en diversos sectores de importancia primordial para México como son el sector hídrico, el agrícola o el de salud. Estos datos están a disposición de instituciones de investigación de todo el país, con la finalidad de contribuir a enfrentar de una mejor manera los efectos del cambio climático en diversos sectores.

Los últimos escenarios climáticos regionales obtenidos por el IMTA indican que de manera global en México las precipitaciones anuales disminuirán, especialmente en la parte norte del país, y las temperaturas aumentaran. Como consecuencia, en el futuro se producirá una disminución de los recursos hídricos disponibles en México.

Con base en estos resultados, el reto principal consiste en incorporar el efecto del cambio climático en la planeación y gestión de los recursos hídricos, ya que no se puede suponer que el futuro régimen hidrológico sea similar al del pasado. Asimismo, con la ayuda de un modelo de gestión, se puede reproducir el manejo del sistema y evaluar las garantías y fallas que se producen en las demandas urbanas y agrícolas establecidas en dicho sistema. De esta manera pueden conocerse las repercusiones futuras que tendría la disminución de los recursos hídricos en una cuenca hidrológica.

En cuanto a los efectos del cambio climático en la evapotranspiración de los cultivos, los resultados del análisis de sensibilidad realizados en este estudio indican que la zona más vulnerable es el norte de México, en donde se observa un

incremento en la ETo en una proporción mayor al resto del país, hasta de 8% promedio anual para un aumento de temperatura media de +3ºC. Por tanto, los cambios en el acortamiento de los ciclos fenológicos de los cultivos inducirán cambios en la calendarización del riego, de los insumos y de las prácticas de manejo de los cultivos, por lo que los distritos de riego requerirán realizar acciones de adaptación, con ajuste en las dotaciones de volúmenes, en la temporada de siembra, en el padrón de cultivos y en el manejo y servicio del riego para adaptarse a las condiciones proyectadas por impactos del cambio climático.

En términos generales, el sector hídrico de México deberá realizar un enorme y costoso esfuerzo de adaptación al cambio climático, para lo cual serán necesarios cambios institucionales y legales profundos que impacten en una más eficiente y sustentable gestión de sus recursos hídricos.

Referencias

Adams, R. M., B. H. Hurd, S. Lenhart y N. Leary (1998). Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. Clim. Res. 11, 19-30.

Armstrong, A. C., R. Arrowsmith y D. A. Castle (1992). Sensitivity of agricultural systems to changes in climatic inputs. Agric. Water Manage. 21, 57-66.

Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu y J. P. Palutikof (Eds.) (2008). El Cambio Climático y el Agua. Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC. Ginebra. 224 pp.

Conde, C., Liverman, D., Flores, M., Ferrer, R., Araujo, R., Betancourt, E., Villarreal, G., Gay, C. (1997). Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. Climate Research, 9 (1), pp. 17-23.

F. y L. O. Mearns (2002). Calculation of average, uncertainty range, and reliability of regional climate changes from AOGCM simulations via the Reliability Ensemble Averaging (REA) method, J. Climate, 15, 1141-1158.

Fagan, B. (2009). El Gran Calentamiento. Editorial Gedisa. Barcelona. 350 pp.

Hargreaves, H.G. (1994). Defining and using reference evapotranspiration. J. of Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 120 (6), pp. 1132-1139.

Giorgi F. y R. Francisco (2000). Uncertainties in regional climate change prediction: a regional analysis of ensemble simulations with the HADCM2 coupled AOGCM, Climate Dyn., 16, 189-182.

—— F. y X. Bi (2005). Updated regional precipitation and temperature changes for the 21st century from ensembles of recent AOGCM simulations, Geophys. Res. Lett., 32, L21715, doi: 10.1029/2005GL024288.

IPCC (2001). Cambio Climático 2001: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas. Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Ginebra.

—— (2007). Cambio climático 2007: Informe de Síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [equipo de redacción principal: Pachauri, R. K. y Resisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 pp.

Kurukulasuriya, P. y S. Rosental (2003). Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations. Climate Change Series. Paper No. 91. The World Bank.

Lawlor, D. W.(2005). Plant responses to climate change: impacts and adaptation. In K. Omasa, I. Nouchi y L. J. De Kok (Eds.). Plant responses, to air pollution and global change. Springer-Verlag. Tokio. 81-88.

Martínez, A. P., Hernández, L., Mundo, M. M. (1998). Global warming effects on the water balance in México. 7th International Conference Computer in Agriculture. Florida, U.S.A., October 26-30th, 1998. ASAE, The Society for Engineering and Agricultural, Food and Biological System.

Martínez, J. y Fernández Bremauntz, A. (coord.) (2004). Cambio Climático: Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. 523 pp.

Montero, M. J. y Pérez L., J. L. (2008). Regionalización de proyecciones climáticas en México de precipitación y temperatura en superficie usando el método REA para el siglo XXI. En Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. P. Martinez y A. Aguilar (eds.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Mundo, M. M. y Martínez, A. P. 1994. Efectos del cambio climático en la agricultura del Valle del Yaqui, Sonora, México. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. IX. Núm.1.

Nakićenović, N. and R. Swart (Eds.) (2000). Special Report on Emissions Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge. 599 pp.

Ojeda, W.; Sifuentes, E. y Unland, H. (2006). Programación integral del riego en maíz. Agrociencia. 40(1): 13-25.

Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood y D. Wratt (2007). "Technical Summary, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

SEMARNAP (1997). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 149 pp.

—— (1999). Programa Nacional de Acción Climática. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 189 pp.

SEMARNAT (2001). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México.

—— (2006). Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. 208 pp.

—— (2007). Estrategia Nacional de Acción Climática. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. México. 163 pp.

—— (2009). Programa Especial de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación, 28 agosto de 2009. México.

Seager, R., M. Ting, I. Held, Y. Kushnir, J. Lu, G. Vecchi, H. Huang, N. Harnik, A. Leetmaa, N. Lau, C. Li, J. Velez y N. Naik (2007). "Model Projections of an Imminent Transition to a More Arid Climate in Southwestern North America", Published Online April 5, Science DOI: 10.1126/science.1139601.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood and D. Wratt (2007). "Technical Summary, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

20. Eventos extremos

Maritza Liliana Arganis Juárez*
Ramón Domínguez Mora*
Martín Jiménez Espinosa**
Delva Guichard Romero***

Resumen

Los principales eventos hidrometeorológicos extremos en México son las inundaciones y las sequías. La definición de su magnitud es compleja porque depende tanto de las condiciones específicas del problema que se analiza, las cuales definen la duración de los eventos críticos, como de la vulnerabilidad del sistema expuesto a estos fenómenos, es decir, su capacidad para resistirlos. En este trabajo se tratarán los problemas de las inundaciones y las sequías, y en cada caso se indican las posibles definiciones, las estadísticas históricas, lo que se ha hecho para mitigar sus efectos y las líneas futuras de trabajo.

Palabras clave:

Declaratoria de desastre, inundación, mitigación, riesgo, sequías.

* investigadora del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México
** Jefe del Área de Riesgos Hidrometeorológicos del Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación
*** Investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas

1. Introducción

Los fenómenos hidrometeorológicos tienen un efecto muy importante en las actividades socioeconómicas. En todo el mundo, y durante las distintas épocas del año, se presentan fenómenos extremos del clima como las inundaciones o las sequías. Las inundaciones se asocian con tormentas tropicales, huracanes o tifones, nevadas, lluvias torrenciales o avenidas súbitas. La fuerza del agua y del viento puede ser muy destructora y dejar una estela de daños materiales a su paso, así como pérdida de vidas humanas, flora y fauna. Es común observar, en comunidades ubicadas cerca de grandes ríos, que la población de mayor edad ha ido cambiando su lugar de asentamiento, para reubicarse en sitios cada vez más altos después de la ocurrencia de una inundación; y que, en cambio, las nuevas generaciones se asientan en los sitios bajos y de alto riesgo, al no conocer la historia del sitio (CENAPRED, 2004).

Por otro lado, las sequías, aunque generalmente de desarrollo más lento, provocan la disminución en la producción agrícola y ganadera, y con ello el desabasto para la población y pérdidas económicas que pueden llegar a ser muy significativas.

A nivel mundial, la frecuencia de las inundaciones está aumentando más rápidamente que la de cualquier otro desastre (CENAPRED, 2004). De acuerdo con la Cruz Roja Internacional, durante el periodo de 1919 a 2004 ha colaborado con ayuda en más eventos de inundaciones que de cualquier otro tipo (Figura 1). Ello se debe, en gran parte, a que el desarrollo acelerado de las comunidades modifica los patrones de uso del suelo, con lo que se incrementa el riesgo de inundación al que están expuestas.

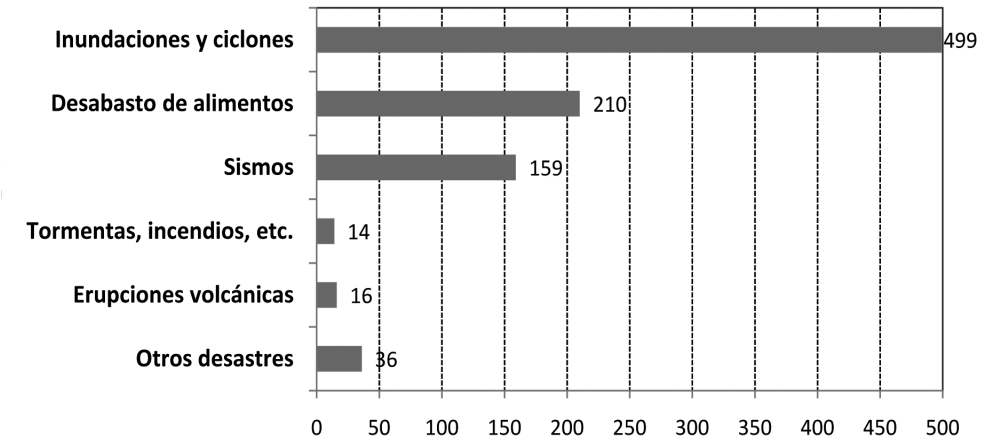


Figura 1. Eventos en los que la Cruz Roja Internacional ha ayudado a víctimas durante el periodo 1919-2004 (CENAPRED, 2004)

En la Figura 1 se observa que el segundo lugar del número de eventos que ha atendido la Cruz Roja Internacional lo ocupa el desabasto de alimentos, con el que se procura mitigar la falta de comida provocada, en la mayoría de los casos, por la sequía. Además, se estima que con el tiempo, y debido a los efectos del cambio climático, en el futuro estos dos eventos extremos se presentarán con mayor frecuencia (Nigel, 1999).

En las secciones siguientes se presentan primero algunos datos estadísticos relativos a la situación en México; enseguida se discute el concepto de eventos extremos, para después tratar por separado los problemas de las inundaciones y las sequías, indicando en ambos casos las posibles definiciones, las estadísticas históricas, lo que se ha hecho para mitigar sus efectos y las líneas futuras de trabajo.

2. La situación en México

México, por su situación geográfica, orografía e hidrología, está expuesto a la ocurrencia de diversos eventos extremos. Cada año, entre principios de mayo y hasta finalizar octubre, se llegan a presentar más de diez tormentas tropicales, de las cuales unas cuatro o cinco se convierten en huracanes que llegan a impactar de manera importante las costas tanto del Océano Pacífico como del Atlántico. En los principales ríos se producen crecientes que causan inundaciones de gran magnitud en las planicies y en las poblaciones situadas en las partes bajas. En las cuencas pequeñas, sobre todo en zonas urbanas, las crecientes son muy rápidas y la velocidad del agua puede causar incluso la muerte de personas.

Por otro lado, también se tienen periodos de poca precipitación y disminución en los caudales de ríos, que llevan a eventos de sequía, sobre todo entre los meses de noviembre y finales de abril, y en especial en la región norte y centro del país, con sus efectos reflejados en la baja producción agrícola, pérdidas de cabezas de ganado, problemas de abastecimiento de agua potable, etcétera (CENAPRED, 2004).

Si bien el balance promedio de agua a nivel nacional es positivo (Esquivel, 2005) -es decir, no tendría por qué haber problemas de disponibilidad-, gran parte de este recurso permanece sin uso, debido a las condiciones climáticas y orográficas del país, en las regiones más húmedas y menos desarrolladas del sur, sitios en los que la abundancia de agua provoca inundaciones frecuentes y constituye un problema de control que afecta a la población y a la infraestructura.

Por otra parte, los problemas de escasez de agua que se presentan en el norte y centro del país se deben a que la demanda ya sobrepasó a la disponibilidad, lo que ocasiona competencia por el agua entre los diferentes usos, principalmente entre el agrícola y el público. La agricultura de riego utiliza 77% del agua en el país; los métodos aplicados son tradicionales en más de 80% de la superficie, y se estiman

eficiencias en el uso del agua del orden de 46% (Esquivel, 2005), por lo que un enorme reto es el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables a esta problemática.

En el año 2000 se creó el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) de la Secretaría de Gobernación. Asimismo, en 2003 se creó el Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, que en 2008 cambió al Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC). Desde el año 2000, el Centro Nacional de Prevención de Desastres[1] (CENAPRED) analiza el impacto socioeconómico de los fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y sanitarios, donde destacan los hidrometeorológicos, con cerca de 97% de todas las declaratorias de desastre por ambos fondos, FONDEN y PACC (Figura 2).

El FONDEN tiene por objetivo atender los efectos de desastres naturales, imprevisibles, cuya magnitud supere la capacidad financiera de respuesta de las entidades federativas. El objetivo del PACC es apoyar a productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas de bajos ingresos para reincorporarlos a sus actividades productivas en el menor tiempo posible ante la ocurrencia de contingencias climatológicas atípicas, relevantes, no recurrentes e impredecibles.

En la Figura 3 se muestra un mapa de los municipios que más ha declarado en desastre por fenómenos hidrometeorológicos el FONDEN, en el periodo de 2000 a 2008 (García *et al.*, 2009). Es interesante notar que el municipio con mayor número de declaratorias de desastre por fenómenos hidrometeorológicos es Guadalupe, en Nuevo León, con 14 (1.6 al año), a pesar de estar ubicado en una zona de baja precipitación anual.

La mayoría de las declaratorias de desastre en México han sido por ciclones tropicales (40%) (Figura 4). Le siguen las lluvias (33%), aunque algunas fueron producidas por ciclones tropicales y produjeron inundaciones. En tercer lugar están las sequías (21%).

Si se mapean las declaratorias de desastre por ciclones tropicales se observa que, como es de esperarse, se producen principalmente en las costas (Figura 5). En cambio, el mapa de las declaratorias de desastre por lluvias muestra que, en este caso, hay muchas afectaciones en municipios del interior del país (Figura 6).

Finalmente, si se agrupan todos los fenómenos hidrometeorológicos y se asigna mayor peso a los desastres, menor a las emergencias y mucho menor a las

[1] El 20 de Septiembre de 1988 se creó el Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, con carácter de órgano administrativo desconcentrado, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación. Con el apoyo económico y técnico del Japón se construyeron las instalaciones del Centro; la UNAM aportó el terreno para su construcción y proporciona personal académico y técnico especializado. La Secretaría de Gobernación provee los recursos para su operación.

contingencias climatológicas, se obtiene el mapa de la Figura 7, el cual agrupa afectaciones tanto por exceso de lluvia como por escasez de agua. Se observa que Baja California Sur, Chihuahua, sur de Sonora y norte de Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nuevo León, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Quintana Roo son los estados más críticos.

En cuanto a la evolución de las declaratorias en el tiempo, en la Figura 8 se observa que de 2000 a 2002 hay un número bajo de declaratorias que obedece más a la falta de información que a la presencia de fenómenos extremos. No es sino hasta el año 2003 que ya se nota un comportamiento más "natural"; destacan entonces el año 2005 con cerca de 3,000 municipios declarados en desastre y el año 2007 con más de 2,000. En 2005 ocurrieron los huracanes Emily, Stan y Wilma, este último el más intenso en toda la historia (el anterior fue Gilbert en 1988), mientras que en 2007 se presentó el tornado de Piedras Negras, el huracán Dean (el décimo más intenso), las inundaciones de Tabasco y el deslizamiento de Juan de Grijalva en Chiapas.

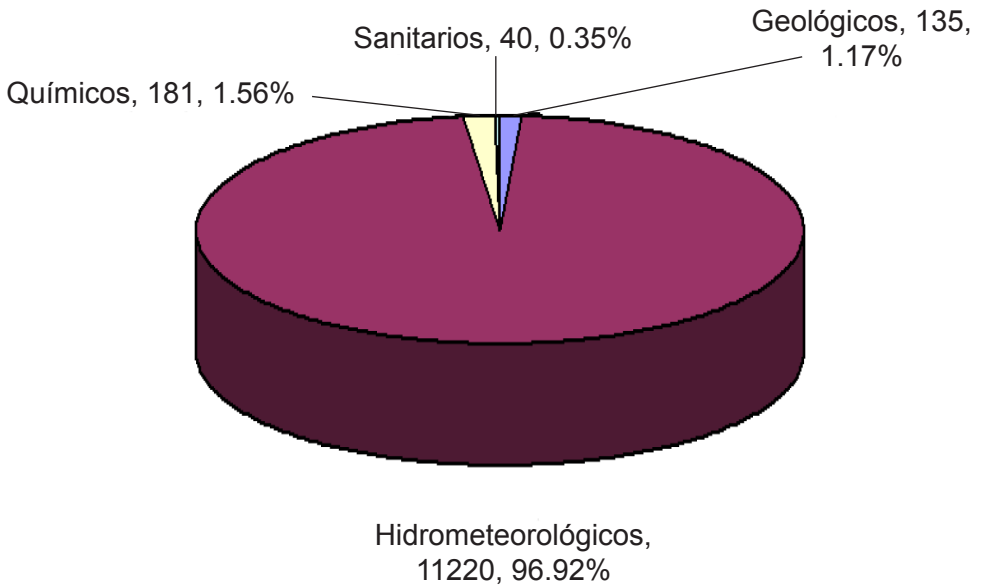


Figura 2. Número de eventos declarados por FONDEN y PACC por tipo de fenómenos de 2000 a 2008 Hacer figura tanto para presentación B y N como color, y enviar aparte archivo original

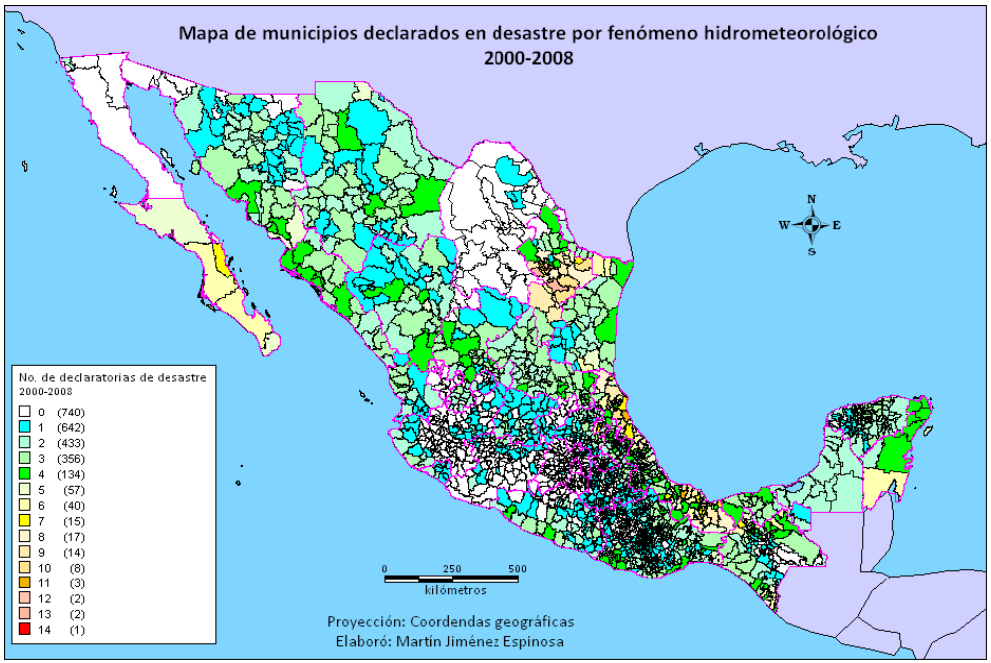


Figura 3. Número de declaratorias de desastre por fenómenos hidrometeorológicos en municipios del país Enviar archivo original con mayor detalle

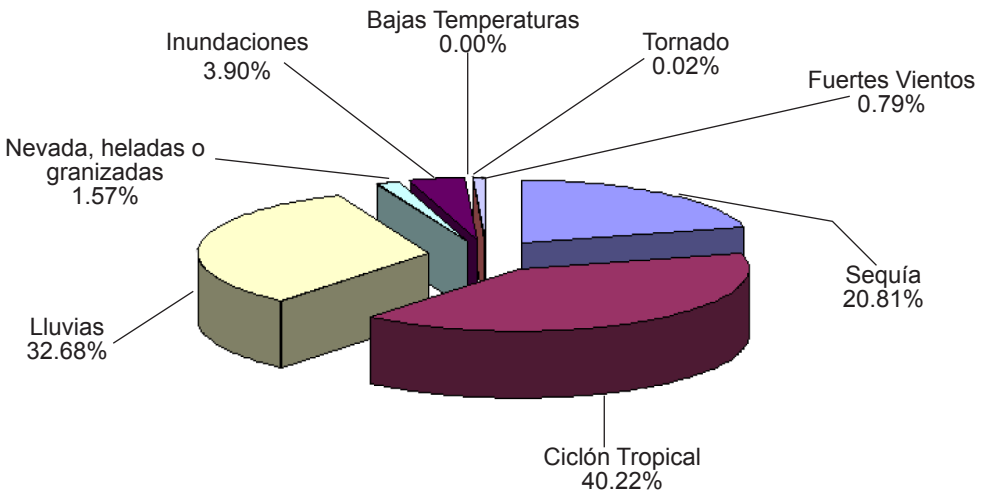


Figura 4. Clasificación de declaratorias de desastre por tipo de fenómeno hidrometeorológico mismos comentarios para esta y todas las demás figuras

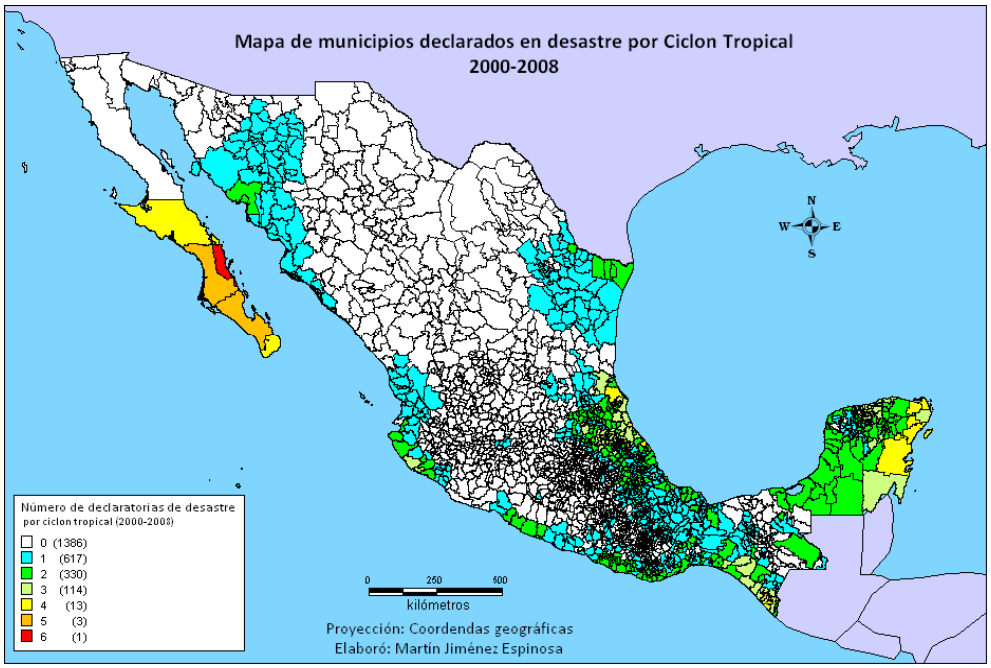


Figura 5. Número de declaratorias de desastre por ciclones tropicales en municipios del país

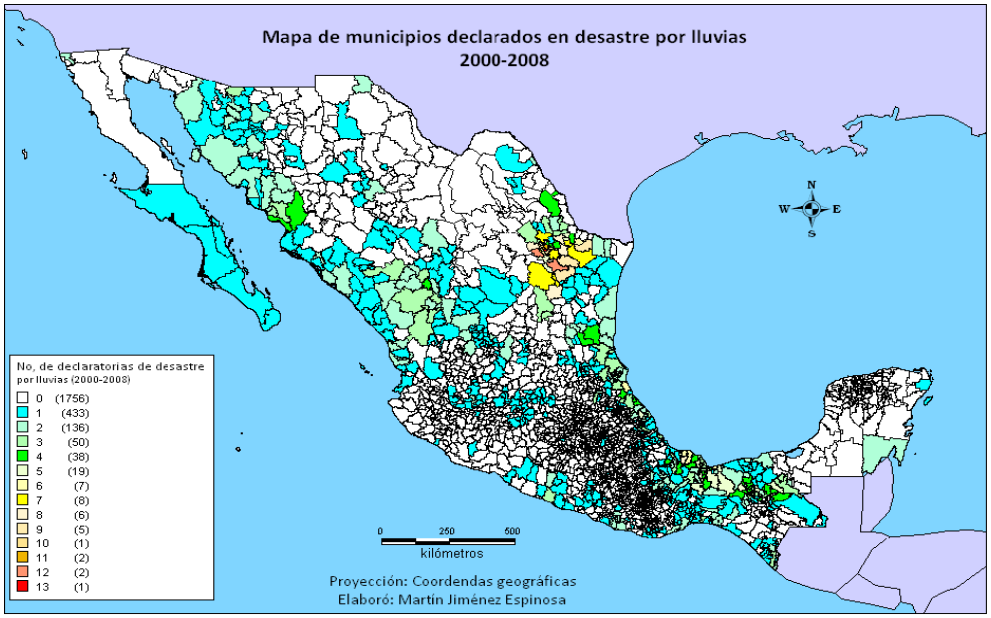


Figura 6. Número de declaratorias de desastre por lluvias en municipios del país

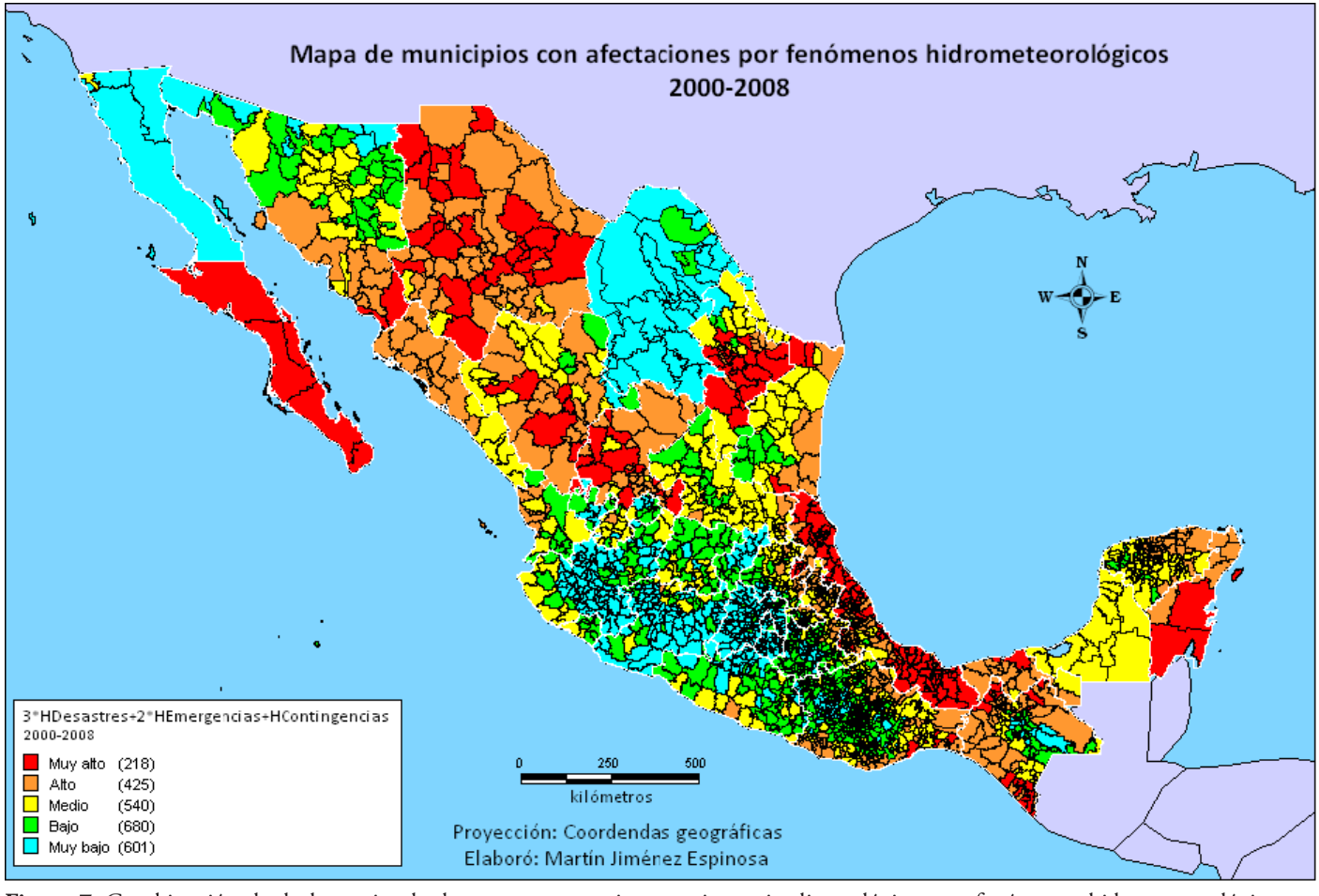


Figura 7. Combinación de declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológicas por fenómenos hidrometeorológicos en municipios del país.

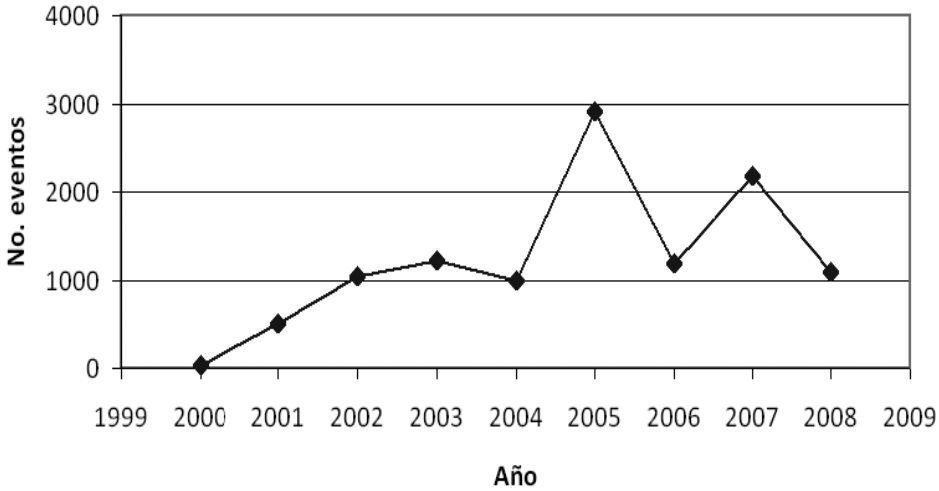


Figura 8. Evolución de las declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológicas por fenómenos hidrometeorológicos de 2000 a 2008

En resumen, desde que se creó el FONDEN en el año 2000, se inició el registro oficial de los eventos más significativos desde el punto de vista de fenómenos naturales y antropogénicos extremos. La mayor parte de los fenómenos fueron de origen hidrometeorológico (97% de todo el conjunto de declaratorias) y, dentro de los fenómenos hidrometeorológicos, los ciclones tropicales, las lluvias y las sequías fueron los más recurrentes.

3. Definición de evento extremo

Desde un punto de vista estadístico, se define como evento extremo a aquel cuya probabilidad de ser igualado o superado es muy pequeña. La definición de "muy pequeña" es, en esencia, subjetiva. En el caso de fenómenos complejos, como las inundaciones o las sequías, la principal dificultad está en establecer cuál es el evento al que se debe hacer referencia: que llueva más que una cierta cantidad en un cierto intervalo de tiempo; que las crecientes superen una cierta magnitud y duración; que llueva menos que un cierto umbral durante un determinado lapso, etcétera. Se requiere entonces referirse a los daños que pueden provocar los fenómenos naturales, de tal forma que un evento "extremo" puede definirse como un evento de magnitud tal que el grupo social afectado no está preparado para evitar que produzca daños cuantiosos, es decir, que la definición está relacionada con la magnitud del fenómeno natural mismo, pero también con las condiciones específicas de la zona expuesta a la ocurrencia del fenómeno perturbador.

Para el estudio de los eventos naturales potencialmente dañinos es conveniente diferenciar el "peligro", que está definido por las características estadísticas de la magnitud del fenómeno natural y que son difíciles de modificar, y la vulnerabilidad, que es una variable que el hombre tiene la posibilidad de disminuir. Estos aspectos determinan el "riesgo", concepto en el que se combinan tres factores: el valor de los bienes expuestos, su vulnerabilidad y la probabilidad de que ocurra un evento potencialmente dañino (CENAPRED, 2004).

Al considerar el aspecto de la vulnerabilidad, la definición del "evento" extremo que se estudia resulta más compleja, de tal manera que la magnitud de las inundaciones en una zona de planicie, como Tabasco, depende no sólo del gasto máximo, la duración y el volumen de las crecientes (que además pueden llegar desde distintos puntos), sino de toda su evolución en el tiempo, mientras que para una zona urbana, en una cuenca pequeña, las inundaciones dependen casi únicamente del gasto máximo de las crecientes.

Para los problemas de la sequía es más evidente la complejidad para definir la magnitud del evento extremo, debido a que sus efectos están relacionados con la duración del evento de manera distinta en cada caso (no es lo mismo, por ejemplo, en zonas de cultivo de temporal que en zonas regadas con el agua de las presas).

Un caso extremo ilustrativo de la complejidad en cuanto a la definición de sequía extrema es el de los afluentes mexicanos considerados en el Tratado de Aguas Internacionales entre México y Estados Unidos de América. El Tratado establece que México entregue agua del río Bravo a Estados Unidos y que reciba agua de este país, del río Colorado. Además especifica que la contabilidad de entrega de agua a los Estados Unidos se lleva por ciclos de cinco años consecutivos y que, "**en caso de sequía extraordinaria,** los faltantes que hubieren se reponen en el ciclo siguiente". Sin embargo, el término sequía extraordinaria no está definido en forma explícita en el tratado.

Para definir sequía extraordinaria se dice, primero, que un año es seco si la suma de los escurrimientos vírgenes (sin controlar) es menor que 3,388 millones de metros cúbicos (Mm^3), que es la media de los escurrimientos anuales registrados. También puede definirse como quinquenio seco aquel en el que la suma de los escurrimientos vírgenes sea menor que 16,940 Mm^3 (cinco veces la media).

Como la aportación que debe entregarse a los Estados Unidos es de 2,158 Mm^3 en un quinquenio y, por otro lado, el volumen de agua previsto para utilizarse en aprovechamientos en México en cinco años es de 9,825 Mm^3, podría considerarse que ocurre una "sequía extraordinaria" cuando el escurrimiento virgen quinquenal es menor que 11,983 (2,158 +9,825) Mm^3 (lo que representa 71% del escurrimiento quinquenal promedio), condición que implica que la suma de los sobrantes en los seis afluentes sea menor o igual que cero.

4. Inundaciones

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es "aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce". Más específicamente, se entiende por inundación aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo y genera invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, lo cual por lo general produce daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura (CENAPRED, 2004).

4.1 Principales causas de las inundaciones

Antes de la aparición de los seres humanos sobre la Tierra, el entorno físico mantenía un equilibrio: el agua que llovía en las zonas montañosas bajaba por los cauces e inundaba las zonas bajas. La creación de asentamientos humanos en zonas aledañas a los cuerpos de agua trajo consigo los problemas de inundaciones cuando se desborda una corriente. Además, la degradación del medio ambiente (deforestación, erosión, etcétera) modifica la respuesta hidrológica de las cuencas, lo que incrementa la escorrentía y con ello la magnitud de las crecientes y, por lo tanto, también de las inundaciones.

Entonces, el origen del problema en el ámbito de las inundaciones es que la falta de planeación de las actividades humanas ha alterado el entorno y, con ello, se han establecido las condiciones que frecuentemente dan lugar a inundaciones más severas. En muchos casos las poblaciones han perdido el contacto con su entorno y, aun dentro de la región en la que viven y trabajan, no conocen los sitios por donde escurre el agua en forma natural.

4.2 Clasificación de las inundaciones

De acuerdo con su origen, las inundaciones pueden ser pluviales, fluviales, costeras y por falla de infraestructura hidráulica.

Inundaciones pluviales

Son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse y puede permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte (por ejemplo, de la parte alta de la cuenca). La República Mexicana se ve afectada por precipitaciones originadas por diferentes fenómenos hidrometeorológicos. En verano, las lluvias más

intensas están asociadas con la acción de ondas tropicales y huracanes y, durante el invierno, los frentes fríos son la principal fuente de lluvia. A estos fenómenos se suman el efecto ejercido por las cadenas montañosas (*lluvia orográfica*) y el convectivo, que ocasiona tormentas de corta duración y poca extensión, pero muy intensas (*lluvias convectivas*). Igual o más importante aún es considerar la acción conjunta de estos mecanismos productores de lluvia. Por ejemplo, en octubre de 1999, como resultado de la interacción de la depresión tropical número 11 y el frente frío número 5, ocurrió una tormenta severa en el norte de Veracruz, que también afectó los estados de Hidalgo y Puebla y causó inundaciones en la planicie costera del golfo de México, así como deslizamientos de tierra en la sierra norte de Puebla.

Inundaciones fluviales

Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos. A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde generalmente a precipitaciones en la parte alta de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada. Es importante observar que el volumen que escurre sobre el terreno, a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se dan en las partes bajas de los ríos con más desarrollo.

Inundaciones costeras

Se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea de tormenta, y permite que éste penetre tierra adentro e invada grandes extensiones de terreno. La marea de tormenta es generada por los vientos de los ciclones tropicales sobre la superficie del mar y por la disminución de la presión atmosférica en el centro de estos meteoros. Por su parte, el oleaje en el océano puede ser provocado por diferentes factores; sin embargo, su causa más común es el viento. La suma de los efectos de ambos fenómenos puede causar grandes estragos.

Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica

Existe una causa que puede generar una inundación aún más grave que las antes mencionadas: si la capacidad de las obras destinadas a proteger es insuficiente, la inundación provocada por su falla puede ser mayor que la que se provocaría si no existieran estas obras. Afortunadamente, las inundaciones por insuficiencia de obras de almacenamiento y control han sido poco frecuentes. Probablemente los casos más importantes se dieron en 1976, cuando el huracán *Liza* produjo lluvias

extraordinarias que hicieron fallar uno de los bordos del arroyo *El Cajoncito,* lo cual afectó gravemente a la ciudad de La Paz, en el estado de Baja California Sur, y en el año de 1973, en el que la falla de la presa *El Conejo* y algunas otras pequeñas represas provocaron una gran inundación en la zona del Bajío.

En el caso de presas de materiales sueltos (tierra y roca), es particularmente importante evitar su desbordamiento, ya que en pocas horas provocaría su propia destrucción y el gran volumen de agua almacenado en su embalse sería descargado de manera súbita, lo que, al superar la capacidad del cauce, provocaría daños mucho más graves que los que se producirían sin la existencia de la obra.

Las inundaciones se pueden clasificar también por el tiempo de respuesta hidrológica de la cuenca. Dicha respuesta depende de sus características fisiográficas. Se consideran básicamente dos grupos: inundaciones lentas e inundaciones rápidas. En cuencas cuya respuesta hidrológica es lenta, se generan avenidas en un tiempo relativamente largo (del orden de varias horas o días); en ellas ocurren principalmente daños materiales. Mientras que cuando la inundación se forma en poco tiempo (de unos cuantos minutos a un par de horas), la inundación súbita puede causar la pérdida de vidas humanas.

4.3 Riesgo asociado a las inundaciones

Como ya se comentó, para estimar el riesgo por inundaciones en una determinada zona, es necesario contar con información referente a dos componentes básicos, *el peligro* y *la vulnerabilidad*. El análisis regional de los riesgos permite la construcción de mapas de riesgo para zonas amplias.

4.3.1 Peligro

Dado el carácter aleatorio de los fenómenos naturales, la idea de evaluar el peligro significa cuantificar, en términos de probabilidad, la ocurrencia, en un lapso dado, de un fenómeno natural potencialmente dañino para los bienes expuestos. La relación completa entre la "intensidad" del fenómeno y su probabilidad se establece mediante funciones de distribución de probabilidades (Ordaz, 1996).

Desde el punto de vista de las inundaciones, la función de distribución de probabilidades del escurrimiento se obtiene por lo general a partir de la información que se registra en las estaciones hidrométricas. En los casos en que no se cuenta con tal información, es necesario caracterizar estadísticamente las lluvias para elaborar mapas de precipitación asociada a distintos periodos de retorno y distintas duraciones a nivel nacional, y usar modelos lluvia-escurrimiento específicos para cada caso.

Finalmente, se estiman las manchas de inundación mediante modelos de tránsito de avenidas asociadas a distintos periodos de retorno. De esta manera se

establece, para cada periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia, los bienes expuestos a inundación.

4.3.2 Vulnerabilidad a las inundaciones

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad de un bien expuesto a la ocurrencia de un fenómeno perturbador. De dos bienes expuestos, uno es más vulnerable si ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores con la misma intensidad sufre mayores daños. A diferencia del peligro, que está definido por los patrones climáticos y debido a ello es de carácter aleatorio y difícil de modificar, la vulnerabilidad es una variable que el hombre tiene la posibilidad de disminuir.

4.3.3 Mapas de riesgo por inundaciones

Un mapa de peligrosidad de inundaciones es básicamente un mapa en el que se señalan las zonas que se inundarían en caso de ocurrir eventos pluviales con distintos periodos de retorno.

Las inundaciones son procesos naturales que causan desastres por diversos factores. Los procesos meteorológicos hacen que el caudal de los ríos sea un fenómeno natural altamente variable que no puede evitarse, de tal forma que los espacios inundables tienen su razón de ser, y es la actividad humana la que ocupa estos espacios y, por tanto, ha de enfrentar las consecuencias (Marco, 2006). Esto ha motivado que algunos países modifiquen sus formas de enfrentar el riesgo que representan estos fenómenos y utilicen criterios como el de considerar como avenida de referencia la de cien años de periodo de retorno (Francia, Estados Unidos, España), además de unificar las metodologías de análisis hidrológico por regiones, de realizar campañas de actualización y concentración de la cartografía y, finalmente, de hacer y mantener actualizados los mapas de riesgo.

El primer país que dispuso de mapas de riesgo fue Estados Unidos. La experiencia de la FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) ha sido, en este sentido, fundamental. El concepto de vía de intenso desagüe (*floodway*), el uso del tirante como principal indicador y el periodo de retorno de 100 años como base son algunas de las ideas que después han pasado a otros países (Marco, 2006).

En España, a la cartografía de riesgo se le dio la importancia debida a raíz de la falla de la presa de Tous en 1982 (Marco, 2006). El concepto de Ordenación Territorial tampoco se conocía.

En Italia y Francia también se ha generado, en los últimos años, la cartografía de riesgo. En Francia se generan los Planes de prevención de los riesgos de inundación (PPRI) que consideran como avenida de referencia la de 100 años de periodo de retorno. En caso de que haya información de avenidas históricas de más de 100 años, éstas se toman como avenida de diseño y se incorporan las

obras hidráulicas eventuales que se hayan construido (Paquier, 2006). Para este evento, las zonas inundadas están divididas en dos: la de exposición moderada (dividida a veces en baja y media) y la de exposición alta. La exposición es alta si la velocidad es de más de 0.5 m/s o si la profundidad del agua es de más de un metro. En caso de eventos que se producen muy rápidamente y el nivel sube en unas horas, los límites pueden disminuirse a 0.2 m/s y 0.5 m/s

Para construir los mapas de peligrosidad, actualmente se trabaja con tecnología LIDAR (*Light Detection and Ranking*) y con modelación hidrológico-hidráulica, conectados con sistemas de información geográfica (Villarroya y .Sánchez, 2006).

Finalmente, el riesgo es la combinación de tres factores: la probabilidad, **P**, de que ocurra un hecho potencialmente dañino, el valor de los bienes expuestos, **C**, y la vulnerabilidad de éstos, **V** (Ordaz, 1996). Para que la caracterización del riesgo sea completa, es necesario expresar la intensidad del fenómeno en términos de su función de distribución de probabilidades.

La estimación del riesgo puede hacerse de una vivienda, para que al sumarse con el de otras viviendas se tenga una idea del riesgo en una localidad, que a su vez, si se acumula para un municipio, proporcionaría una estimación del riesgo de ese municipio, y así sucesivamente. De esta manera, se pueden crear mapas de vulnerabilidad, peligro y riesgo, de acuerdo con los alcances anteriormente expuestos.

4.4 Medidas de mitigación

Las acciones para disminuir los daños causados por inundaciones pueden ser de dos tipos: medidas estructurales (construcción de obras) o medidas no estructurales (indirectas o institucionales). El objetivo de las medidas *estructurales* es evitar o mitigar los daños provocados por una creciente mediante la construcción de obras, ya sea para incrementar la capacidad de conducción de los cauces y conductos de drenaje, para proteger mediante bordos zonas específicas, o para regular las crecientes mediante su almacenamiento temporal. Por otra parte, entre las medidas *no estructurales* debe considerarse de manera prioritaria una reglamentación del uso del suelo basada en mapas de peligro por inundaciones, así como el desarrollo de sistemas de alerta y acciones de operación cuya finalidad sea informar oportunamente a las poblaciones ribereñas de la ocurrencia de una posible avenida para minimizar los daños y evitar la muerte de personas. Por su importancia, en los siguientes párrafos se desarrolla más ampliamente el tema de las medidas de operación.

Acciones de operación durante la temporada de lluvia

Ante la presencia de un fenómeno de tipo hidrometeorológico capaz de generar una inundación, se llevan a cabo medidas cuya finalidad es estimar su evolución en el tiempo para anticiparse a la ocurrencia de eventos peligrosos y estar en posibilidad de emitir los avisos que se requieran, con el fin de informar tanto a las autoridades como a la población.

Se pueden tener tres niveles de alerta, de acuerdo con el tipo de monitoreo y el nivel de resolución espacial que se utilice. El primer nivel hace uso de satélites meteorológicos y modelos de pronóstico meteorológico, con lo que se puede alertar con varios días de anticipación de un fenómeno meteorológico, tal como un ciclón tropical; la zona alertada abarcaría varios estados. En el segundo nivel se utilizan principalmente radares meteorológicos y mediciones pluviográficas en tierra; en este caso se alerta con varias horas de anticipación y el área en cuestión puede incluir varios municipios. Finalmente, el tercer nivel está basado en Sistemas de Alerta Hidrometeorológica (SAH), diseñados para avisar de la ocurrencia de una inundación en una cuenca; en este caso es posible dar aviso a la población con varios minutos y, en ocasiones, algunas horas de anticipación.

4.5 La situación en México. Avances y carencias

Para impulsar el desarrollo de México, en 1926 se fundó la Comisión Nacional de Irrigación (CNI); con ella se inició, a gran escala, la construcción de obras hidráulicas, principalmente para riego. En 1937 se creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que impulsó la generación de energía hidroeléctrica mediante la construcción de grandes presas. En 1947, la CNI se transformó en Secretaría de Recursos Hidráulicos y, a partir de ese momento, las presas se construyen para satisfacer las demandas de agua potable, riego, generación de energía y otras, así como, de manera destacada, para el control y regulación de las avenidas. Posteriormente, en 1977, esta Secretaría cambió a Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, y en 1989 se creó la actual Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

En el periodo comprendido entre los años 1930 y 1980, se presentó un gran auge en la construcción de infraestructura hidráulica, como es el caso de las presas Malpaso, Chicoasén, La Angostura, Peñitas, El Azúcar, El Palmito, Solís, Santa Rosa, El Infiernillo, La Soledad, El Caracol, entre otras. Posteriormente, en el periodo de 1994 a 2000, se construyeron las presas de Aguamilpa, Zimapán y Huites, y en el año de 2007 se puso en operación la presa El Cajón. Esta infraestructura contribuyó enormemente a la regulación del régimen de escurrimientos y el control de las crecientes, y dio a México, sobre todo hasta los años 80, renombre a nivel mundial.

Debido a los daños provocados por el huracán *Pauline*, el CENAPRED concibió, en octubre de 1997, la idea de los llamados Sistemas de Alerta Hidrometeorológica (SAH). Este desarrollo tecnológico consiste en una red telemétrica basada en pluviógrafos, cuya finalidad es monitorear la evolución de las lluvias, y limnígrafos, para medir los niveles de los ríos. Por medio de un modelo lluvia-escurrimiento, se estima la cantidad de agua que se espera que escurra por los cauces de la cuenca en estudio. En caso de que el gasto que fluye por el cauce exceda un determinado umbral, se activa una alarma (Fuentes *et al.*, 2002).

El umbral que alerta la posible ocurrencia de eventos significativos es calibrado en coordinación con las autoridades encargadas del sistema, con el fin de que los avisos emitidos por el sistema sean confiables y proporcionen un criterio de ayuda para las autoridades de Protección Civil, quienes deben poner en marcha las acciones de prevención que procedan ante la ocurrencia inminente (generalmente en cuestión de horas) de una inundación.

En el aspecto de estudios también se han logrado avances significativos; así, además de lo logrado por el CENAPRED respecto de la documentación de los eventos históricos más importantes (la Tabla 1 muestra una parte de esta documentación), se cuenta con mapas de precipitación máxima en 24 horas para toda la república y para diversos periodos de retorno (Eslava, 2006) correspondiente a un periodo de retorno de 10 años (Figura 9), así como con factores de reducción por duración que permiten convertir la precipitación correspondiente a 24 horas a cualquier otra duración (Baeza, 2007). También se cuenta con experiencias exitosas en el desarrollo de modelos lluvia-escurrimiento (por ejemplo, el modelo para pronóstico de Escurrimiento MPE de Domínguez *et al.*, 2008) y en la modelación del tránsito de avenidas en cauces y llanuras de inundación (Fuentes, 1996; Fuentes y Franco, 1997), en la que los modelos mexicanos fueron pioneros (Cruickshank, 1974; Cruickshank y Zumaya, 1974). Además, también se ha contribuido con el desarrollo de procedimientos para caracterizar las crecientes, al considerarlas como un evento en el tiempo definido por su magnitud, su forma y su duración (Domínguez *et al.*, 1980, Domínguez y Collado, 1980), y más recientemente, debido a los problemas de la planicie tabasqueña, en la caracterización estadística de la ocurrencia de avenidas que confluyen en un sitio pero se originan en distintas cuencas (Domínguez *et al.*, 2006 a y b).

Tabla 1. Eventos que han generado mayores daños por inundación

Año	Evento	Estados	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de Dólares)	
1943	Lluvias de invierno	Sinaloa	27	600	$0.14	
1949	Lluvias de invierno	Sinaloa y Sonora	10	159,000	$10.20	
1955	Huracanes: Gladys, Hilda y Janet	Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Yucatán y Quintana Roo	110		7.5*	
1959	Ciclón de Manzanillo	Colima y Jalisco	1500	1,600		

	Gasto O Lluvia	Descripción
	14,376 m^3/s, río Fuerte, estación Huites.	Se desbordaron 11 ríos; los más importantes fueron Tamazula, Humaya, Fuerte, Sinaloa y Culiacán. La parte norte del estado quedó aislada por tierra y sin comunicación por vía telefónica y telegráfica. Dos puentes ferroviarios, algunos tramos del ferrocarril Sud-Pacífico, varias carreteras y casas fueron dañados. Hubo deslizamiento de tierras. Las pérdidas en la agricultura fueron cuantiosas.
	5,265 m^3/s, río Yaqui, estación El Águila. 10,000 m^3/s, río Fuerte, estación Huites. 6,390 m^3/s, río Mayo, estación Tres hermanos.	Se desbordaron los ríos Yaqui, Fuerte y Mayo. Más de 35 localidades quedaron inundadas. Al menos 9,000 casas fueron dañadas. Dos puentes y varias carreteras quedaron dañados. Se perdieron cientos de cabezas de ganado. Muchas localidades quedaron aisladas (se suspendió el servicio de telégrafo y teléfono). El servicio del ferrocarril Sud-Pacífico fue cancelado temporalmente por daños en las líneas férreas. La presa Álvaro Obregón, que estaba en construcción, fue destruida casi en su totalidad.
	4,002 m^3/s, río Tempoal, estación Tempoal. 4,810 m^3/s, río Tampaón, estación Pujal.	Los huracanes afectaron principalmente la cuenca del río Pánuco. Hubo inundaciones en las zonas bajas de la ciudad de Tampico, con una altura de 3.30 m sobre la marea media. La capacidad de la presa San José, en el estado de San Luis Potosí, fue rebasada. No se presentó falla en la cortina. Parte de la ciudad de San Luis Potosí se inundó. Un puente que conduce a los poblados de Mezquitic y Ahualulco resultó dañado. El desbordamiento del río Santiago destruyó una gran cantidad de viviendas en el poblado de Soledad Diez Gutiérrez. En Tampico y Ciudad Madero se contabilizaron cerca de 6,010 casas destruidas o dañadas. El área inundada se estimó en 6,400 km^2 y se perdieron 20,000 cabezas de ganado.
	S/R	Tres barcos mercantiles se fueron a la deriva con todo y su flota; 25% de las casas fueron totalmente destruidas en Cihuatlán, y hubo carreteras dañadas y trenes descarrilados.

Fuentes: Fascículos inundaciones, revista Prevención, informes de la serie Impacto socieconómico, e información propia del Área de Estudios socioeconómicos.
S/R Sin registro de lluvia ni gasto
* Cuantificación de daños correspondientes sólo a la ciudad de Tampico

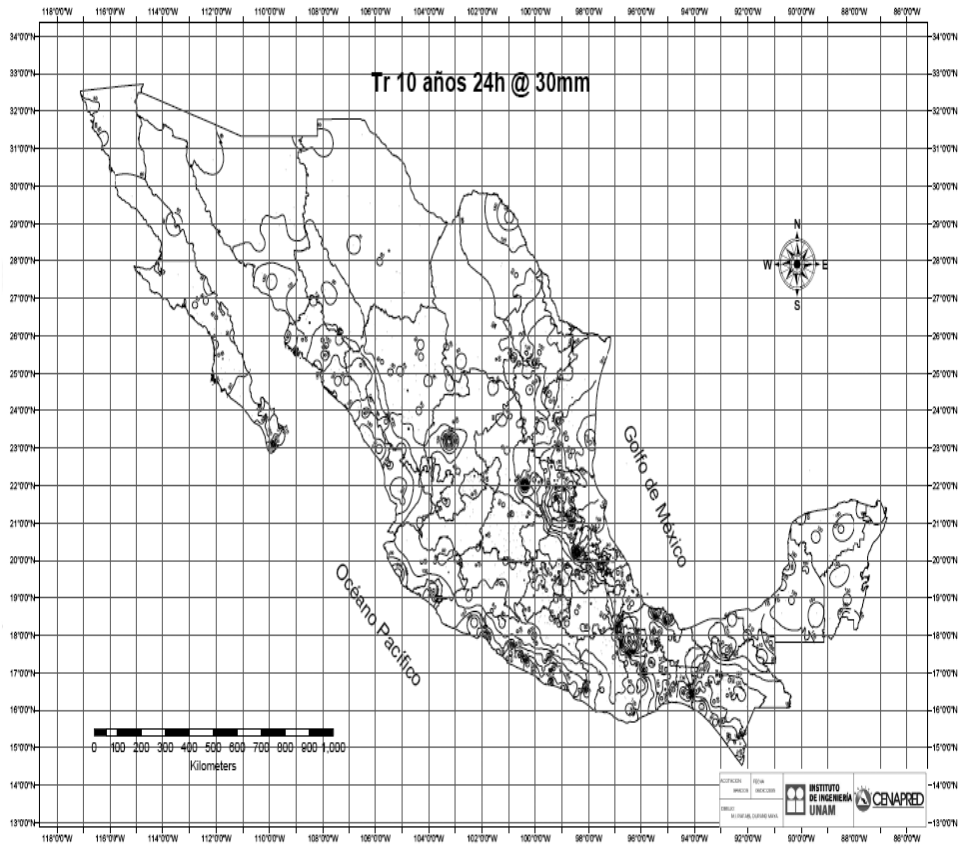


Figura 9. Isoyetas en México para precipitaciones de 24 horas y periodo de retorno de 10 años

Las carencias o faltantes son, sin embargo, muchas. Desde mediados de los años 80 se ha frenado el desarrollo de la infraestructura para la regulación de las avenidas, y es notable el deterioro en el mantenimiento y operación de las redes de información hidrométrica y climatológica, que además han reducido su cobertura (desgraciadamente, de los años 70 a la fecha el número de estaciones hidrométricas y climatológicas ha disminuido sensiblemente y la incorporación de tecnología digital de medición ha sido casi nula). También se ha descuidado el mantenimiento de los radares instalados por la CONAGUA hace ya más de 10 años y sólo se ha instalado uno nuevo en el estado de Chiapas. Es necesario ampliar el número de Sistemas de Alerta Temprana, incorporarles modelos precipitación-escurrimiento calibrados y garantizar su operación adecuada en todo momento (se sabe de varios que han dejado de operar).

La información topográfica disponible en las bases de datos del INEGI es demasiado generalpara las necesidades de los modelos lluvia-escurrimiento y de tránsito de avenidas; se requiere emplear tecnologías de desarrollo reciente, pero disponibles (del tipo de la denominada tecnología LIDAR), para contar con datos topográficos adecuados. A partir de esos datos, es posible hacer mapas de peligrosidad para las inundaciones que deben servir de base para reglamentar el uso del suelo y con ello reducir drásticamente la magnitud de los daños generados por las inundaciones.

En México se han hecho algunos trabajos (más bien incipientes) sobre mapas de riesgo. Por ejemplo, en un estudio reciente sobre riesgo por inundaciones realizado en los municipios de todo el país, y en el que se utilizó un "índice de peligro" por inundación, el índice de marginación de CONAPO, y la densidad poblacional (Jiménez, 2008), muestra que si se divide en cinco categorías la variable riesgo se tendrían 200 municipios en "muy alto riesgo", 192 en "alto riesgo", 223 en "riesgo medio", 201 en "riesgo bajo", 219 en "muy bajo riesgo" y, desafortunadamente, 1,429 municipios sin información (Figura 10).

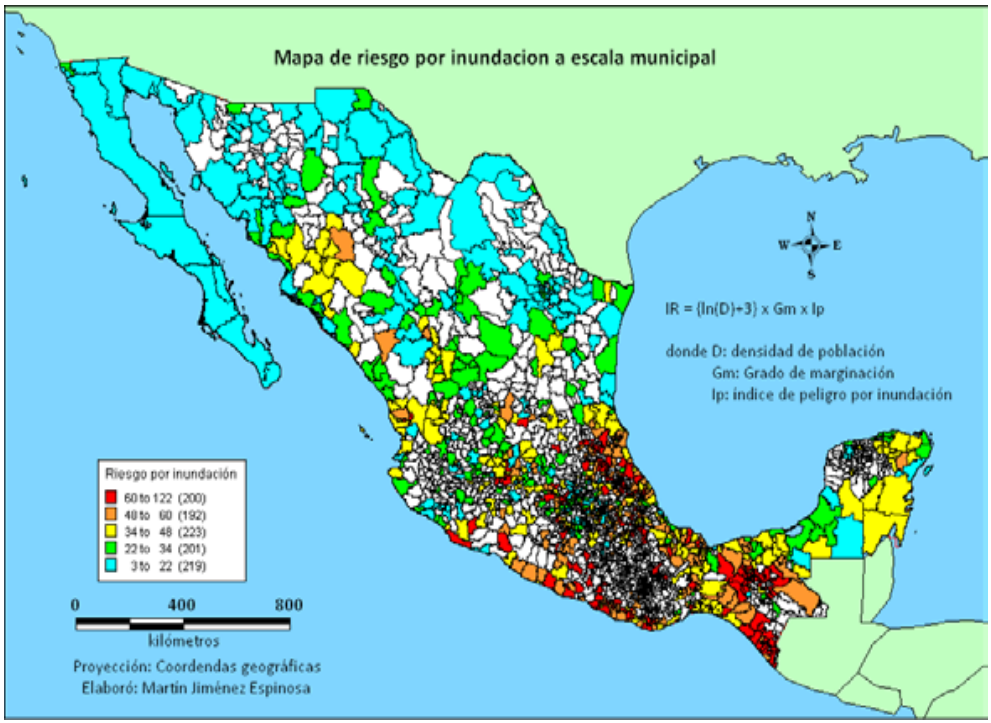


Figura 10. Mapa de estimación de riesgo por inundación en los municipios de todo el país (Jiménez, 2008)

5. Sequías
5.1 Definición

La definición de sequía ha sido el objeto de numerosos estudios científicos, pero la diversidad de tipologías climáticas hace casi imposible utilizar el mismo umbral de déficit pluviométrico en dos lugares diferentes. En consecuencia, se establecen numerosas definiciones de sequía y se emplean herramientas de cuantificación de los eventos secos adaptadas a las necesidades de cada tipología climática.

La definición de sequía puede parecer sencilla, y si se consultan diccionarios o enciclopedias, se encuentra que en casi todos ellos se dice algo parecido a «deficiencia de precipitaciones durante un período de tiempo relativamente prolongado» (Valiente, 2001). Sin embargo, la especificación de la deficiencia y el tiempo expresados en la definición varía notablemente según el espacio geográfico sobre el que deba aplicarse. A las definiciones enciclopédicas, que no establecen umbrales de referencia y no tienen en cuenta la realidad climática del área afectada por el déficit pluviométrico, se les denomina conceptuales. Cuando la definición precisa el momento de inicio, finalización e intensidad de la sequía, hablamos de definiciones operacionales, las cuales requieren un conocimiento más detallado de las variables climáticas, así como disponer de una serie de datos de diferente escala, según el nivel de detalle deseado (mensual, estacional, anual, decenal...).

La definición de sequía depende del enfoque con que se trate. Valiente (2001) señala que Wilhite y Glantz (1985) detectaron más de 150 definiciones operacionales de sequía; estos autores las categorizaron en cuatro grupos, de acuerdo con la disciplina científica con que se analiza el fenómeno: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica (Valiente, 2001).

Sequía meteorológica

La sequía meteorológica es una expresión de la disminución de la precipitación respecto de un determinado umbral durante un periodo determinado. Ante la dificultad de establecer una duración y magnitud del déficit pluviométrico válidas para diferentes áreas geográficas, algunas definiciones de sequía optan por no especificar umbrales fijos. Por ejemplo, Palmer (1965) define sequía meteorológica como el «intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado», mientras que Russell *et al.* (1970) son más concisos y la definen como «falta prolongada de precipitación, inferior a la media».

En México se acostumbra definir la sequía meteorológica por su magnitud y su duración a partir de datos de lluvia mensuales o anuales; así, Escalante y Reyes

(2004) definen eventos de sequía, respecto de un umbral predeterminado, por su duración (tiempo durante el cual se mantienen precipitaciones menores que el umbral), su severidad (suma de las diferencias con el umbral durante el evento) y su intensidad (promedio de las diferencias con el umbral durante el evento). En la Figura 11 se muestran gráficamente estos conceptos para una serie de tiempo anual (Herrera, 2006).

En la mayoría de casos, las definiciones de sequía meteorológica presentan información específica para cada región particular, por lo que es imposible extrapolar una definición de una región a otra.

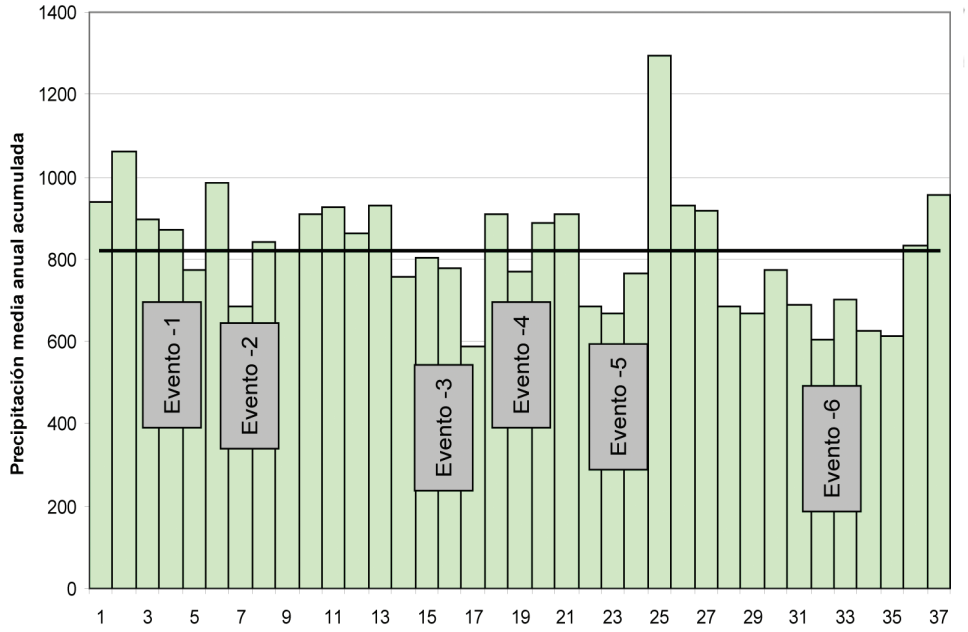


Figura 11. Representación gráfica del nivel de truncamiento y determinación de los eventos, municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro, México (Herrera, 2006)

Los principales métodos de cuantificación de la sequía meteorológica son el de porcentaje de la precipitación media y el de cuantiles.

Porcentaje de la precipitación media

Se expresa mediante el cociente de la precipitación total registrada en un periodo determinado (mes, trimestre, estación, semestre, año, etcétera) y la precipitación media (habitualmente por un periodo de 30 años) del mismo periodo de refe-

rencia, expresado el resultado en porcentaje. Pese a su simplicidad, presenta la dificultad de establecer los límites a partir de los cuales se establece una situación de sequía, así como su severidad.

Cuantiles (quintiles, deciles y percentiles)

Para evitar las limitaciones derivadas del método anterior, se pueden definir umbrales mediante el cálculo de quintiles, deciles y percentiles. La técnica consiste en ordenar de menor a mayor los valores (generalmente anuales) de precipitación registrados durante un número suficiente de años, en intervalos para cada 20% (quintil), 10% (decil), o 1% (percentil) de la distribución. Para que el cálculo de este índice ofrezca resultados fiables y estadísticamente significativos, es necesario que la serie pluviométrica sea larga (como mínimo 30 años y, si es posible, más de 50).

Los límites de referencia más utilizados son los correspondientes a los quintiles, de tal forma que un periodo es muy seco cuando el valor de precipitación total se sitúa entre el 20% de los valores más bajos, seco cuando se encuentra en el siguiente tramo del 20% de valores, normal cuando se sitúa en el tramo del 20% de valores intermedios, húmedo en el siguiente tramo del 20%, y muy húmedo en el intervalo del 20% de los valores más elevados de la serie.

Sequía hidrológica

En este caso se hace referencia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas disponibles en ríos, embalses, lagos, etcétera. El manejo de los recursos hídricos hace que la sequía hidrológica no dependa exclusivamente del volumen de agua existente en los depósitos naturales o artificiales, sino que también es determinante la forma en que se emplea el agua. Linsley *et al.* (1975) toman en consideración estos aspectos al definir sequía hidrológica como el «período durante el cual los caudales son inadecuados para satisfacer los usos establecidos bajo un determinado sistema de gestión de aguas».

Sequía agrícola

Por ser el primer sector económico que resulta afectado por la escasez de precipitaciones, la agricultura adquiere una especial relevancia en relación con la sequía. Así, se produce una sequía agrícola cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Dado que la cantidad de agua necesaria es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma

planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni siquiera para una única área geográfica.

Sequía socioeconómica

Se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias. La creciente presión sobre el recurso agua derivada del crecimiento de la población hace que cada vez sea mayor la incidencia de la sequía socioeconómica, incluso en el caso de una sequía meteorológica leve.

En el caso de la sequía socioeconómica, son tan determinantes la magnitud y la duración del evento seco como la forma en que la economía y la sociedad desarrollan sus actividades, las cuales pueden disminuir o incrementar la vulnerabilidad a la escasez de precipitación. En función de esa vulnerabilidad, los efectos de la sequía sobre la economía y la sociedad -medidos en forma de pérdidas materiales, población afectada o pérdida de vidas humanas- adquirirán mayor o menor relevancia, e incluso llegarán a configurar situaciones en las que la sequía sea considerada una catástrofe.

5.2 Medidas de mitigación

Para disminuir las afectaciones debidas a una sequía, se puede actuar sobre la oferta, básicamente mediante obras hidráulicas de regulación (que ayudan a mejorar la distribución temporal del agua disponible) y de conducción (que ayudan a mejorar su distribución espacial), o la demanda, mediante mejores técnicas de riego y programas de reducción de fugas en las redes urbanas para hacer eficiente su uso. También se considera muy importante incrementar en gran medida el uso del agua tratada para satisfacer las demandas que no requieren de agua potable.

5.3 La situación en México: avances y carencias

Los estudios sobre sequías realizados en México son escasos; entre ellos se pueden citar los de Tinajero,*et al.* (1986), Escalante y Reyes (1998), Escalante (2003), Bravo *et al.*, (2006), Campos (1996), Flores y Campos (1998) y Martínez *et al.* (2004).

Se han realizado diversos estudios para hacer eficiente el uso del agua en el riego, como por ejemplo el de Vázquez. y Gracia (1996). Hasta la década de los 90, la eficiencia en la conducción de los distritos de riego en el país se estimaba en 60%, es decir, hay 40% de pérdida de agua en dichos sistemas (Palacios, 1991). En la Figura 12 se presenta la evolución en las láminas de riego netas y brutas en los distritos de riego en México, así como la eficiencia media de conducción

anual, de 1980 a 1997. Después de 1991 se observa una ligera tendencia de incremento en la eficiencia de conducción, que pasó de 62.5% a casi 65%.

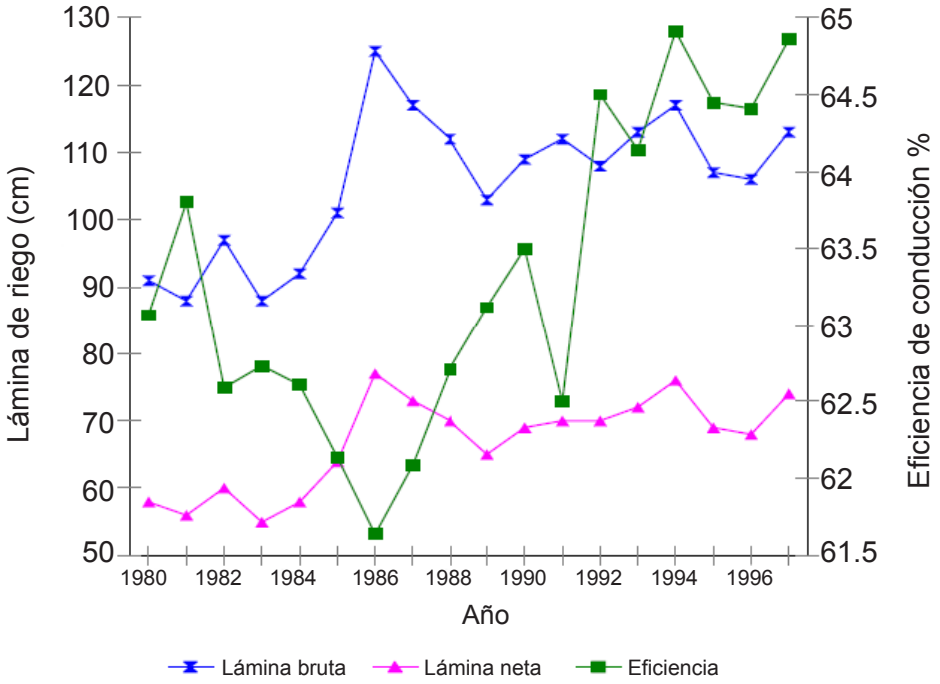


Figura 12. Variación de las láminas de riego y eficiencia en los distritos de riego en México (Mejía et al., 1997)

En cuanto a los volúmenes de agua destinados a la generación de energía en distintos sistemas de presas hidroeléctricas, también se han realizado esfuerzos por establecer políticas de operación óptima obtenidas con metodologías recientes como la programación dinámica estocástica o el cómputo evolutivo (Arganis, 2004; Arganis y Domínguez, 2008).

Sin embargo, las carencias siguen siendo muchas:

- El desarrollo de las obras hidráulicas de almacenamiento y conducción se ha frenado de manera dramática en los últimos 30 años.
- Es evidente también la necesidad de ampliar significativamente la inversión en infraestructura dentro de los distritos de riego (mediciones de control, nivelación de terrenos, etcétera) para mejorar su eficiencia. A pesar de los estudios realizados sobre el tema, la eficiencia en el riego sigue siendo muy

baja. Hacen falta programas piloto demostrativos (mediante los cuales también se adquirirán conocimientos para mejorar los planteamientos teóricos) y generalizar la aplicación de los resultados de estos estudios.

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

6. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con los datos mostrados, es evidente la importancia de las inundaciones y de la necesidad de disminuir sus efectos nocivos a partir de un conocimiento lo más preciso posible de estos fenómenos.

Es muy importante incrementar la red de estaciones climatológicas e hidrométricas automatizadas para tener la información oportuna de la variación de las lluvias y los escurrimientos en las distintas zonas del país, así como continuar con el desarrollo y la calibración de modelos para pronosticar precipitaciones y escurrimientos y desarrollar mapas de peligro por inundaciones en toda la república.

Las pérdidas económicas y los problemas sociales que producen las sequías son de enorme magnitud. La variabilidad en el régimen de lluvias que las origina no puede modificarse (hay incluso indicios de que el cambio climático tiende a incrementar dicha variabilidad), pero sí es posible mitigar sus efectos.

Para mitigar los efectos de las sequias se requieren estudios que permitan caracterizar estadísticamente su comportamiento e incluso pronosticar su ocurrencia con la mayor anticipación posible.

La definición operativa de la sequía, su magnitud y la duración asociada no son universales; resulta conveniente entonces tomar como base la comprensión cabal de la naturaleza de cada problema y, a partir de ella, plantear definiciones específicas y adaptar planes, programas y leyes.

Debido a que el agua es un recurso cada vez más escaso, la eficiencia en su manejo es imperativa. Se requiere dar un impulso decidido a la construcción de obras para almacenarla y conducirla a los centros de demanda; operar las obras de forma óptima, y reducir los desperdicios, sobre todo en el riego (que representa más de 70% de la demanda) y en las redes de distribución de agua potable (es decir, agua con un alto valor agregado).

Es necesario llevar a la práctica los procedimientos, hasta ahora más bien teóricos, que permitirán aumentar la eficiencia en los sistemas de riego y en los sistemas de conducción de agua potable.

Referencias

ArganisJ., M.L. (2004). Operación óptima de un sistema de presas en cascada para generación hidroeléctrica, tomando en cuenta condiciones reales de operación y el uso de muestras sintéticas para el pronóstico. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Paginas y programa.

——, M. y Domínguez, R. (2008). Hydropower system management considering the minimum outflow. American Journal of Environmental Sciences. **4** (3): 164-170

Baeza R, C. (2007). Estimación regional de factores de convectividad para el cálculo de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia. Tesis de maestría. Posgrado de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 49 Dar formato a todas las tesis como esta

Bravo, L. A. G.; Salinas, G. L. y Rumayor, R. A. (1996). Sequía: Vulnerabilidad, impacto y tecnología en el Norte Centro de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 4. 2ª Edición. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Campo Experimental Zacatecas. Diciembre paginas

CamposA., D. (1996). Crecientes y sequías. Eventos hidrológicos extremos. Ciencia y Desarrollo. vol. 22, núm. 127 (marzo-abril), pp. 32-41.

CENAPRED (2004). Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Paginas y pais

Cruickshank V,, C. (1974). "Modelos para el tránsito de avenidas en llanuras de inundación", elaborado para el Plan Nacional Hidráulico, México si es un proyecto indicar numero y qué institución lo hizo, poner pp

—— V., C. y Zumaya G, E. (1974). "Simulación matemática del flujo de avenidas sobre llanuras de inundación", VI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Bogotá, Colombia No hay datos de en donde se publico o ñeque CD o si se encuentra en lía

Domínguez M., R.; Fuentes M., O. A. y Franco, V. (1980). "Avenida de diseño", Fascículo A.1.10, Manual de Diseño de Obras Civiles, editado por la Comisión Federal de Electricidad, 51 pp., México, D. F.

—— M., R. y Collado, J. (1980). "Predicción de avenidas", Fascículo A.1.11, Manual de Diseño de Obras Civiles, editado por la Comisión Federal de Electricidad, 30 pp., México, D.F.

—— M, R.; Carrizosa E, E.; Fuentes M, G.; Espinosa L., J. G.; Herrera A., J. L., y Echeverri V., C. A. (2006, a). "Estudio para definir las obras de control contra inundaciones en las cuencas altas de los ríos del estado de Chiapas", elaborado para la Gerencia Regional Sureste de la Comisión Nacional del Agua. 86 pp.

—— M., R.; Carrizosa E., E.; López E ,J G.; Herrera A, J L., y Echeverri V ,C A. (2006, b). "Estimación regional de las precipitaciones y escurrimientos asociados a distintos periodos de retorno en las cuencas de tres ríos de la sierra de Chiapas", elaborado para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Diciembre. 62 pp.

—— M., R.; Esquivel G. , G.; Baldemar M., A.; MendozaR, A., y .Arganis J., M. L. (2008). Manual del Modelo para pronóstico de escurrimiento. Serie Manuales. Instituto de Ingeniería. Octubre. 89 pp.

Escalante S., C. y Reyes C., L. (1998). Identificación y análisis de sequías en la Región Hidrológica No. 10, Sinaloa. Revista Ingeniería Hidráulica en México. 13(2): 23-43.

——S., C. A. (2003). "La vulnerabilidad ante los extremos: la sequía", Ingeniería Hidráulica en México, vol. XVIII, núm. 2, pp. 133-155.

—— S., C. y Reyes C., L. (2004). Análisis de Sequías. Tomo I. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 472.

Eslava, M. *et al. (2006)* "Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos", del volumen Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y riesgos, de la serie Atlas Nacional de Riesgos, capítulo de Fenómenos Hidrometeorológicos, ISBN: 970-628-905-4, 1ª edición noviembre 2006, México, D. F.

Esquivel G., G. (2005) Prospectiva de la demanda de agua en México. Tesis de Maestría. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 79.

Flores, I. y Campos A., D. F. (1998). Detección de periodos de sequía en la zona media del estado de San Luis Potosí, con base en registros de precipitación mensual. 13(2):45-5

Fuentes M., O. F. (1996). "Escurrimiento en ríos y volúmenes de inundación por desbordamiento". Cuadernos de Investigación CENAPRED. núm. 26.

—— M., O. A y Franco H., L. E. (1997). Modelo matemático de áreas de inundación. Cuadernos de Investigación. CENAPRED. núm. 41, pp. 25.

—— M., O. A.; Quaas W, R.; Jiménez E., M.; Eslava M., H., y Gonzalo, P. J. (2002). "Sistemas de alerta hidrometeorológica en Acapulco, Tijuana, Motozintla, Tapachula y Monterrey", serie Informes técnicos, CENAPRED, Coordinaciones de Investigación e Instrumentación, México.

García A., N. M.; Marín C., R. H., y Méndez E., K. M. (2009), Base datos de declaratorias de FONDEN y PACC, Área de Estudios Económicos y Sociales del CENAPRED.

Herrera A. ,J. L. (2006). Efectos de la escasez del agua en el sector agropecuario del estado de Querétaro. Tesis de Maestría, Posgrado de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Jiménez E., M. y Eslava M., H. (2008). "Mapas de riesgo nacional a escala municipal", memorias del XVII Congreso Mexicano de Meteorología, Monterrey, Nuevo León, México.

Linsley JR., R.K, Kohler, M. A. y Paulhus, J. C. H. (1975). Hydrology for Engineers. 2nd. Edition. Mc Graw Hill, N. Y.

Marco (2006). Los mapas de riesgo de crecidas en España. Algunas reflexiones sobre 25 años cruciales. Mapas de Peligrosidad de Avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Instituto Geológico y Minero de España.

Martínez, J.; Fernández, B. A., y Osnaya, P. (2004). Cambio climático: una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, pp. 525

Mejía, S. E.; Palacios V. E.; Exebio, G, A., y Santos, H. A. L. (2002). Problemas operativos en el manejo del agua en distritos de riego, pp. 217-225.Terra, vol. 20, núm. 2.

Nigel, W. A. (1999). Climate Change and Global Water Resources. Global Environmental Change 9, S 31-S 49.

OMM/UNESCO (1974). "Glosario hidrológico internacional", WMO/OMM/BMO, núm. 385, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Suiza.

Palacios V, E. (1991). "Eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Memorias del seminario. México, D. F, IMTA, p.422.

Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. Research Paper No. 45. U. S. Department of Commerce Weather Bureau. Washington, D. C. 58 pp.

Paquier (2006). Los mapas de riesgo de inundación en Francia: usos para la prevención y reglamentación, métodos de análisis y de producción cartográfica. Mapas de Peligrosidad de Avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Instituto Geológico y Minero de España.

Ordaz, M. (1996). Revista Prevención, núm. 14, "Algunos conceptos del análisis de riesgo", Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, pp. 6-11.

Russell, C. S.; Arey, D. G., y Kates, R. W. (1970). Drought and Water Supply. Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE. UU. 232 pp.

Tinajero G, J.; L. A. Huesca; V. V. Martínez; R. J. Morelos; H. J. Ruiz; M. F. Escalante, y M. E. Díaz (1986). Análisis en la sequía en México en el periodo 1976-1980. México: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Valiente, O. M. (2001). Sequía: Definiciones, Tipología y Métodos de Cuantificación. Investigaciones geográficas, No. 26, pp. 59-80. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante.

Vázquez, E. y Gracia, J. (1996). "Criterio para determinar los gastos óptimos de riego al emplear el método de corte posterior (cut-back) en surcos abiertos". Revista de Ingeniería, Vol. XVI, No. 4, UNAM (6 pp.).

Villarroya, C. y Sánchez, J. (2006). La delimitación del dominio público hidráulico y las zonas inundables en el proyecto Linde. Mapas de Peligrosidad de Avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Instituto Geológico y Minero de España.

Wilhite, D. A. y Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: "the role of definitions" Water International, Vol 10: 111-120.

21. Administración del agua

María Luisa Torregrosa*
Luisa Paré Ouellet**
Karina Kloster Favini***
Jordi Vera Cartas*

Resumen

El objetivo del trabajo es profundizar en el significado que el Estado mexicano ha dado a la naturaleza del agua en los últimos 20 años; cómo ha organizado su gestión, y qué formas alternativas de valoración y gestión han ido emergiendo así como las posibilidades de diálogo entre éstas. En estos decenios, se ha implementado un profundo proceso de reestructuración de la gestión del agua, por un lado la transformación de la estructura legal que rige y norma el agua en el país; por el otro, un proceso de desconcentración y descentralización aunado a la creación de instancias de participación.

Frente a la fuerte apuesta estatal de crear órganos mixtos, resolución instrumentada "de arriba hacia abajo", surgen contrapropuestas por parte de la población en forma de luchas sociales por el agua, que se expresan como formas de participación de "abajo hacia arriba" y se imponen a través de diferentes mecanismos, entre ellos, el conflicto social.

Asimismo, a través de un ejemplo de manejo sustentable de los recursos en una cuenca veracruzana, exploramos cómo encontrar y construir las formas y los canales institucionales para confrontar y dirimir estas diferencias, que permitan llegar a consensos con el fin de lograr una gestión sustentable e integral del agua.

Palabras clave:

Gestión del agua, descentralización, conflictos por el agua, participación.

* Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO-SEDE México)

** Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México (IIS-UNAM; SENDAS, A. C.)

*** Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM)

1. Introducción

En el marco internacional, el tema recurrente de la crisis del agua ha sido la pauta para definir posiciones y estrategias en torno a la política hídrica a nivel global. Estas percepciones y políticas respecto de la crisis del agua se plantean desde posiciones valorativas muy diferenciadas e incluso, en muchos casos, encontradas. Cada vez más se registra evidencia empírica de lo que se denomina "la crisis del agua", como son la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de cuerpos de agua, los efectos del cambio climático sobre el ciclo natural del agua, entre otros. Sin embargo, la disputa y la confrontación se dan sobre todo en lo que se refiere a las soluciones propuestas para enfrentar dicha crisis, las cuales pueden ubicarse en posiciones polares que van desde la privatización y mercantilización del recurso, hasta la gestión comunitaria y autónoma del mismo, bajo el supuesto de que dichas posiciones conciben el recurso como una mercancía, en uno de los extremos, o como patrimonio de la biosfera, bien común o derecho humano, en el otro (Castro *et al.*, 2006).

En este sentido, encontramos un controversial debate sobre los valores y significados que se le deben asignar al agua y sobre cómo expresar dicha valorización en la gestión de la misma. Asimismo, es a partir de significados y valores, a veces propios, a veces compartidos, que se organiza la gestión hidráulica en un Estado. En este sentido, el Estado mexicano no ha sido ajeno a las discusiones internacionales sobre la naturaleza del agua, y ha ido retomando y adaptando al propio proceso nacional estas valorizaciones de una forma particular (Castro *et al.*, 2006; Caldera, A. 2009).

Ha sido en estos últimos 20 o 25 años cuando el Estado mexicano ha implementado un profundo proceso de reestructuración de la gestión del agua en el ámbito nacional, el cual ha tenido como ejes dos aspectos fundamentales. Por un lado, la transformación de la estructura legal que rige y norma la gestión del agua en el país y sus diferentes entidades federativas; por el otro, un importante proceso de desconcentración y descentralización del recurso que abarca un espectro muy amplio: de las oficinas centrales de la CNA a sus oficinas regionales; de la federación a los estados, y de éstos a los municipios y a las comunidades. Esta transformación supone fundamentalmente la democratización de las estructuras de gestión, a partir de la apertura a la participación de los usuarios, la sociedad organizada y la empresa privada. Lo anterior conlleva a reforzar las instancias regionales de gestión y regulación del recurso, como las gerencias regionales, los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares, así como los Organismos de Cuenca.

De esta manera, entendemos que en este período se pasa de un modelo de "racionalidad administrativa" altamente centralizado a uno, todavía en cons-

trucción, basado en la desconcentración, la descentralización y la apertura a la participación social y privada,[1] lo que implica la convergencia de proyectos políticos rivales que todavía no encuentran mecanismos de resolución, por lo que se produce un desencuentro entre las decisiones tomadas desde arriba y las formas de resolución de los problemas de quienes lo hacen "como pueden" (Torregrosa, 2006, 2006a; Castro, E., 2006). Esto puede observarse, como lo veremos en este artículo, en el caso de Xalapa, Veracruz, en donde se da un proceso de cogestión para el manejo de cuenca y protección de las fuentes de agua, que puede convertirse en un caso exitoso pero que no siempre encuentra los canales adecuados para su implementación y generalización.

Por lo tanto, en este artículo nos interesa dar cuenta de la visión y significado que el Estado mexicano le ha dado a la naturaleza del agua en los últimos 20 años y cómo, a partir de ésta, ha organizado su gestión. Por otra parte, interesa analizar cuáles son las formas alternativas que están emergiendo y qué posibilidades de diálogo existe entre las mismas.

2. Gestión del agua: las transformaciones en el marco legal e institucional

Desde la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926 hasta la creación de la actual Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la responsabilidad federal de gestionar el agua ha transitado de un ministerio a otro (ver Capítulo Aboites en este libro). Sin embargo, desde 1989 existe una agencia central, la CONAGUA, que funciona como la más importante autoridad federal en el manejo del agua, si bien existen también otras dependencias federales que tienen un papel relevante en la gestión del agua, como lo es la Comisión Federal de Electricidad en materia hidroeléctrica. En un primer momento, la CONAGUA fue considerada un cuerpo descentralizado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), pero tras la creación, en 1994, de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, actualmente SEMARNAT), se le considera un organismo desconcentrado[2] de esta Secretaría, con un peso muy importante en su presupuesto. Se prevé que aproximadamente 72.25% de los recursos fiscales autorizados en 2009 a la SEMARNAT y a sus ór-

[1] A este modelo, Luis Aboites lo denomina el modelo mercantil ambiental (Aboites, L., 2009).

[2] Un organismo desconcentrado es una agencia federal semiautónoma con el poder para establecer sus propias políticas, cobrar impuestos y multas, emitir permisos y desarrollar actos de autoridad. Esto contrasta con las agencias públicas descentralizadas, que también son semiautónomas, pero que dependen de su Secretaría "madre" para su dirección y para establecer lineamientos de política propios.

ganos desconcentrados serán destinados a la CONAGUA, unos 32,000 millones de pesos (SHCP, 2009).

En los años previos a la creación de la CONAGUA, si bien existieron reformas importantes que afectaron a la descentralización de responsabilidades en materia hidráulica -como fueron las reformas al artículo 115 constitucional en 1983 con las que se le otorgó la responsabilidad de prestar lo servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a los municipios-, no fue hasta 1992, con la reforma del artículo 27 de la Constitución y con ésta su Ley reglamentaria, la Ley de Aguas Nacionales, que se consuman las políticas descentralizadoras en la gestión del agua. Esta Ley es el documento rector de la política hidráulica a mediano plazo, y muchas de las directrices que en esta Ley se establecieron, y luego se reforzaron en la reforma del 2004, continúan perfectamente vigentes: la gestión integrada de los recursos hídricos,[3] la apertura al sector privado en la gestión del recurso, el involucramiento de los actores sociales, así como la descentralización de funciones federales a las asociaciones de usuarios, los municipios o las entidades federativas, entre otras directrices (Torregrosa, 2006a).

Por su parte, las condiciones para la participación privada (PP) en la gestión del agua empiezan a construirse, en términos generales, a comienzos de la década de los 80, cuando en México se crean las condiciones para la democratización de las estructuras de gestión de los sistemas de agua potable y saneamiento, lo que conllevó a la apertura a la participación en general, y, en especial, a la PP, a partir de distintos mecanismos.

El contexto para la implementación de dichas políticas se encuentra en las crisis económicas recurrentes, las cuales favorecieron el sometimiento de la política económica y social nacional a las exigencias impuestas por los grandes organismos financieros internacionales como el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional, el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otros (Castro, E., 2005). Es así como, a través de estos mecanismos, se instrumenta la convicción de que la PP sería la solución para lograr un mejor desempeño y una mayor eficiencia en el manejo de los sistemas de agua y saneamiento. De este modo se pasa de una gestión de los Servicios de Agua y Saneamiento (SAS) muy centralizada y manejada por el Gobierno Federal, a una descentralización estatal y municipal y a la inserción de la PP en la gestión de aquellos.

---

[3] La Ley de Aguas Nacionales de 2004 (D.O.F., 29 de abril de 2004) define a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) como *"el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales"*. Esta definición coincide con la elaborada por la Asociación Mundial del Agua (GWP, Global Water Partnership). Cfr. (Aguilar, E., L. García, S. Parrado, 2004).

En México, la inversión privada se ha realizado tanto en el ámbito de las empresas de servicio de redes de agua y saneamiento a nivel municipal como en las plantas de tratamiento de aguas (Barocio, 2004). En general, se puede decir que la experiencia de la PP en México consta de al menos tres formas: 1) la participación en la administración integral de sistemas,[4] en los cuales las empresas privadas si bien se supone deberían invertir capital propios, en realidad acceden a préstamos blandos por parte del Estado (Torregrosa *et al.*, 2003); 2) la participación en la administración de los sistemas a través de contratos de prestación de servicios parciales[5] y, finalmente, 3) la participación a través de la construcción, operación y transferencia (los llamados COT), mecanismo que se ha dado sobre todo en la construcción de plantas de tratamiento en todo el país.

En cuanto a la participación social y de los usuarios en la gestión del agua, ésta se dio, antes que nada, en los Distritos de Riego del país (hacia fines de los 80 y a lo largo de los 90), principalmente a través de la conformación de las asociaciones de usuarios y, después, a través de la constitución de espacios mixtos, como los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares (Comisiones y Comités de Cuenca, así como los Consejos Técnicos de Aguas Subterráneas-COTAS), los cuales fueron concebidos como órganos de coordinación y programación hidráulica de la delimitación territorial que comprende el área geográfica de la cuenca o cuencas hidrológicas en que se constituyen estos Consejos.[6]

---

[4] Son cuatro los casos más relevantes, dos de concesión total: Aguascalientes y Cancún; uno de contrato de prestación de servicios: Navojoa, y un caso de empresa mixta: Saltillo (Barocio, 2004).

[5] Como han sido los casos de la Ciudad de México y Puebla, entre otras. En estos casos se le cede la responsabilidad de la administración sin inversión de capital, y normalmente los contratos son de corto plazo (OCDE-IMTA, 2008).

[6] En 1994 se promulga el reglamento de la LAN en el que se determinan quiénes integran el Consejo de Cuenca y el carácter de la participación; de acuerdo con la ley, la participación estaría limitada a los usuarios de los diferentes usos. En este primer momento, el componente gubernamental del Consejo rebasa en número al total de usuarios representantes de los distintos usos considerados. Esto significa que el peso de la programación y coordinación para una gestión más integrada del recurso, a pesar de la apertura a los usuarios, hasta este momento sigue concentrándose en las instancias gubernamentales. En 1997, con la experiencia adquirida y la recuperación de la demanda de participación de los propios usuarios, se reforman los reglamentos de la Ley de Aguas Nacionales y se modifica la estructura interna de los Consejos de Cuenca, con lo cual se busca un mejor balance entre actores gubernamentales y usuarios participantes, por lo que se reduce el número de participantes del gobierno federal y no se limita el número de usuarios representantes. Con ello se logra un mayor equilibrio, pero el peso gubernamental sigue prevaleciendo. El impulso más importante para la creación de Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares en el país se da a partir de 1997, cuando se crea, dentro de la estructura orgánica de la CONAGUA, la Gerencia de Coordinación de Consejos de Cuenca, a través de la cual se ejecuta la estrategia

Es hasta 2004, con las reformas a la Ley de Aguas Nacionales, que se fortalece el marco legal de la gestión del recurso a nivel de Cuencas Hidrográficas y se amplía la participación social en los consejos. Por ley, esta participación ya no se circunscribirá exclusivamente a los usuarios, sino que también incluirá a la sociedad organizada en general. En las reformas a la ley se establece que la representatividad de los usuarios, en sus diferentes usos, y de la sociedad organizada, como las Organizaciones de la Sociedad Civil, deberá ser por lo menos 50% del total de participantes en el Consejo.

En esta última reforma también se fortalece la desconcentración de la gestión de los recursos hídricos por cuenca, a través de la creación de los Organismos de Cuenca, retomados del modelo francés de gestión del agua, de índole gubernamental y con carácter rector. Los Organismos de Cuenca se conciben como unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas, con carácter autónomo según la Ley, adscritas directamente al Titular de la CONAGUA, y cuyas facultades son conocer, acordar y normar la política hídrica regional por cuenca hidrológica, en congruencia con la política hídrica nacional. Estos Organismos de Cuenca introducen un elemento adicional a la reestructuración política administrativa de la CONAGUA organizada, hasta antes de las reformas a la ley, en 13 regiones hidrológicas administrativas que abarcaban las 37 regiones hidrológicas naturales del país. Estas estructuras regionales se fortalecieron a partir de la década de los 90, cuando la CONAGUA inicia el retiro de algunas de sus oficinas estatales y transfiere varias de sus funciones, en materia de agua potable, a los gobiernos de los estados y a los municipios y, por otro lado, fortalece su administración a nivel regional.

En el ámbito de los estados, se inicia un proceso de reestructuración institucional que creará las instancias para la gestión estatal del recurso. Surgen así las Comisiones estatales de Agua y los Institutos del Agua y se inicia un proceso legislativo importante para crear las Leyes estatales de Agua. Este proceso no es simultáneo en todo el territorio nacional, ya que surge en algunos estados primero y luego en otros. A nivel municipal también se inician importantes cambios, todos ellos orientados a fortalecer las instancias de gestión del recurso. Así surgen los Organismos operadores de agua potable como entidades desconcentradas del municipio o del gobierno estatal.

Esta reestructuración de doble nivel, con la cual se busca descentralizar la administración del recurso pero sin perder el control del proceso, por un lado

general para la creación de los Consejos y sus órganos auxiliares. Esta estrategia contaba con cuatro fases: gestación, instalación, consolidación inicial y operación y desarrollo. Así se pasó de un Consejo de Cuenca en 1993, a los 25 Consejos de Cuenca de la actualidad. Asimismo se cuenta con 21 Comisiones de Cuenca, 25 Comités de Cuenca y 78 Consejos Técnicos de Aguas Subterráneas-COTAS. (CONAGUA, 2008)

fortalece los poderes estatales al transferirles funciones y recursos, y por el otro impulsa la creación de una instancia regional cuya función es regular y normar la gestión integrada de la cuenca que esté por encima de las instancias estatales. Este proceso ha contribuido a crear tensiones entre los gobiernos estatales y las instancias regionales de la CONAGUA, las cuales no han sido resueltas a la fecha. El eje central de esta tensión se expresa en la tendencia creciente al fortalecimiento y autonomización de los gobiernos de los estados, los cuales demandan mayores atribuciones y funciones en la gestión del recurso para resolver los problemas que se les presenten en su ámbito más inmediato. También se expresa en las dificultades que tienen las gerencias regionales de la CONAGUA para responder a las demandas estatales de solución y atención a los problemas por la reestructuración institucional que están sufriendo, aunado a la complicación que esto implica tanto en la toma de decisiones como ante los problemas presupuestales y las limitaciones de personal para responder con eficiencia. El agua, más que nunca, se constituye en un factor crucial en la conformación y consolidación de los territorios de poder por el control del recurso.

3. Obstáculos de la desconcentración

Las consecuencias que se desprenden de este doble proceso (descentralizar pero sin perder el control del proceso) son importantes tanto en el interior de las instituciones federales, estatales y municipales, como en las instancias mixtas que se están generando: los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares. Por un lado, está claro que todo proceso de desconcentración y descentralización de funciones implica derivar espacios de poder en la gestión del recurso, inicialmente concentradas a nivel federal, a otros ámbitos de gobierno y sectores. Sin embargo, en este proceso de descentralización y desconcentración hay poca claridad acerca de cuáles ámbitos de poder, que no estaban previstos pero que aparecen una vez iniciado el proceso, se van a transferir o de hecho se transfieren.

La simultaneidad de la construcción de las instancias de gestión regional con el fortalecimiento de la gestión estatal del agua se da a través de la descentralización del recurso a las entidades federativas, y esta gestión se consolida a través de las Comisiones e Institutos estatales de Agua, la promoción de la creación de las leyes estatales de agua, etcétera, así como mediante las transformaciones de la legislación municipal para poder dar en concesión el servicio público urbano de agua a la participación privada. Esta doble construcción en la gestión del agua, estatal y regional, no deja claras la función y responsabilidad de cada ámbito, gubernamental y mixto, ni la de cada instancia federal, regional y estatal, lo que ocasiona tanto conflictos entre autoridades de los diferentes niveles, como la pugna entre la consolidación de la gestión por regiones y cuencas hidrológicas y

la gestión por entidades federativas, una contradicción que no apunta a resolverse en el corto plazo.

Por otro lado, respecto al ámbito territorial de injerencia que le corresponde a cada una de las partes involucradas, la pugna por la emergencia de poderes entre los gobiernos estatales y el ejecutivo federal, con el que tienen carta de negociación directa, dificulta y debilita la consolidación de los Organismos de Cuenca como instancia reguladora y equilibrio de fuerza de los poderes estatales y locales. Asimismo, la cultura política clientelar, que operó por tantos años en México y que aún tiene mucha fuerza, dificulta comprender lo que significa la participación en los términos de la Ley.[7] Todo lo anterior ha favorecido la confusión respecto a qué función, o funciones, y qué responsabilidades tiene cada instancia, tanto por parte de los diferentes ámbitos de gobierno como de los usuarios y las organizaciones sociales.

Este proceso se ha complicado aún más por las condiciones políticas y sociales que en la actualidad vive el país. En este sentido, uno de los mayores problemas para la construcción de esta gestión gubernamental desconcentrada, descentralizada y mixta a nivel de cuenca es que aún no se han logrado agrupar y definir las prioridades regionales que posibiliten una gestión más integrada del recurso. Si bien existen los programas regionales hidráulicos, aún no se constituyen, ni en su diseño ni en su aplicación, en un ejercicio participativo de definición de prioridades y compromisos de las diferentes partes involucradas para el mejor funcionamiento de estos espacios.

Existe una creciente descoordinación entre las diferentes instancias de la CNA, oficinas centrales, regionales y estatales. Lo anterior es resultado de un desencuentro entre las transformaciones establecidas en la ley para la nueva forma de gestión del agua y la ausencia de una estructura institucional en correspondencia.

[7] La convocatoria a la participación de los usuarios y de la sociedad organizada en los Consejos, COTAS y demás espacios tiene grados de indefinición muy grandes, en parte derivados de la dificultad para identificar la figura jurídica más apropiada para poder asumir derechos y obligaciones. Por ejemplo, en el caso de los Consejos de Cuenca, éstos no pueden constituirse en Asociaciones Civiles dado que en ellos participan actores gubernamentales, como sí ha sido posible hacer en el caso de los COTAS, a pesar de que participa el uso público urbano, que es un organismo público, y en el caso de las Asociaciones de Usuarios en los Distritos de Riego. Por ello, la figura para los Consejos es la del fideicomiso. Por otro lado, la falta de claridad respecto al contenido de la participación de los diferentes actores en el Consejo, deja abierta la puerta a que prevalezcan las percepciones de los actores, con intereses y valores antagónicos, que lleva a que no coincidan entre ellos y confundan, en muchos casos, sus funciones y atribuciones en relación a la gestión de un bien de la Nación como lo establece la Constitución. Estas percepciones van desde asistir para informarse hasta decidir en lo que les confiere e involucra (Parrado, S., 2003). En este sentido es pertinente preguntarse cuál es la forma jurídica pertinente para la organización de los bienes públicos con diferentes gradientes de participación estatal.

Es decir, no ha habido una reestructuración institucional que permita fortalecer y consolidar las instancias regionales. La estructura de las 13 regiones administrativas de la CNA tiene una correspondencia uno a uno con las subdirecciones, gerencias y subgerencias de las oficinas centrales, mientras que los funcionarios de las regionales tienen que responder a dos líneas de mando: a sus contrapartes de las oficinas centrales y a los Gerentes regionales, y esto crea confusión en los cuerpos operativos de la institución.

Paralelamente, el proceso de descentralización de los recursos hídricos en el país se da en un contexto en el que la mayor parte de los estados carece de la infraestructura física, institucional e incluso humana para recibir las nuevas responsabilidades que se les transfieren. Además, toda la disciplina partidista entre gobernadores y presidentes municipales -creada a raíz de formas de control central y amalgamada en un partido único, que facilitaba poner en operación las decisiones- ya no necesariamente se da con la competencia política presente en el país en la actualidad. El gobernador puede ser de un partido, el presidente municipal de otro, y los temas del agua suelen politizarse con mucha facilidad y convertirse en bandera política de gobiernos opositores.

Con respecto a los órganos mixtos como los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares, el hecho de que su creación sea una resolución instrumentada "de arriba hacia abajo" hace más difícil la conformación de un ámbito que represente legítimamente al conjunto de intereses involucrados en la territorialidad en la que operan, ya sea la cuenca, subcuenca, acuífero, etcétera. La selección de los representantes de usuarios y actores organizados es un proceso complejo que a la fecha no logra resolverse, porque hay cuencas que involucran a cinco o seis entidades federativas, que abarcan un territorio de cientos de kilómetros cuadrados, y que involucran varios tipos de usos.

Por otro lado, los responsables institucionales tienen la presión de cumplir con metas establecidas que los obliga a constituir de manera prematura estos espacios, y a aceptar una participación en los mismos sin representaciones reales (Parrado, S. y M. L. Torregrosa, 2004). En la actualidad, las instancias de representación que operaron por mucho tiempo -organizaciones campesinas, autoridades ejidales, organizaciones profesionales y sectoriales, organizaciones patronales, los partidos- están en crisis, y la participación ciudadana en organizaciones fuertes es aún un proceso en construcción. Asimismo, existe una gran desconfianza en las autoridades e instituciones en general, lo que dificulta aún más la participación y contar con representantes legítimos en estos espacios mixtos que se están constituyendo.

4. Obstáculos de la participación en la gestión del agua

El tema de la participación se ha constituido en una cuestión recurrente en México, no sólo por las presiones de los organismos financieros internacionales, que exigen contar con la participación de los usuarios en los programas y políticas de modernización del sector para el otorgamiento de los créditos[8] (BID, 1997), o por las exigencias de la ley, sino también por la creciente demanda social de participar.[9] En un sentido amplio, podemos decir que la participación es el mecanismo por el que los distintos actores (*stakeholders*) que habitan o desarrollan sus actividades productivas, sociales, profesionales, comerciales y demás en la cuenca, el acuífero, el distrito de riego, el organismo operador, entre otros, tienen influencia parcial o total en una o varias de las fases de la política hidráulica: en la toma de decisiones que afectan los recursos hídricos, en la implementación de las decisiones adoptadas y en su evaluación. Esta influencia puede variar desde la información de las autoridades a los usuarios, la consulta a los interesados, la invitación a la deliberación sobre las opciones a seguir, hasta la decisión conjunta sobre los cursos de acción (Parrado, S., 2003; Merino, M., 1997; Borja, J., 2000, 1996).

Si tomamos como punto de partida lo que establece la Ley de Aguas Nacionales, los Consejos de Cuenca son "órganos colegiados de integración mixta, que serán instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre "La Comisión" [Comisión Nacional del Agua], incluyendo Organismos de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios del agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica".[10] Desde esta perspectiva, los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares podrían considerarse como los espacios orientados a construir la nueva institucionalidad que lleve a identificar las prioridades del recurso a nivel de cuenca, subcuenca y acuífero, que estén por encima de los intereses individuales y colectivos, y que sean reconocidos y agrupados desde una perspectiva integral que pueda trascen-

[8] Esta exigencia, en muchos casos, ha sido entendida por el sector gubernamental estrictamente como participación de los usuarios en el pago del crédito, vía el incremento de las tarifas del agua, como fue el caso de la transferencia de los distritos de riego en sus primeras etapas.

[9] Es importante señalar que la presión por la participación no sólo es la respuesta a una exigencia externa, sino también una reacción a una creciente conflictividad social en torno al agua presente estos últimos 20 años en el país. La demanda social por el acceso, calidad y sustentabilidad del recurso, entre otros factores, han sido permanentes en este período. En este sentido, la demanda de participación tiene una importante base social que, en cierta medida, ha sido retomada parcialmente por la Ley de Aguas Nacionales. Cfr. (Castro, Esteban, 1992 y 1998).

[10] SEMARNAT, "Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales", *Diario Oficial*, 29 de abril de 2004.

der la delimitación territorial de la división política-administrativa del país, con la construcción de los consensos necesarios para el diseño de los programas y la orientación de las acciones para la sustentabilidad del recurso y el medioambiente.

Uno de los principales problemas que han enfrentado los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares constituidos para asumir estas funciones se deriva de la forma como surgen, que les resta validez y eficacia operacional. En la medida que nacen como una determinación de "arriba hacia abajo", y no como resultado de un proceso histórico social que lo va conformando en el tiempo, como sucede en otros países europeos, ha dado lugar a la creación de instancias prácticamente imposibles de operar.[11] Señalábamos que algunos consejos están integrados por cinco o seis entidades federativas en promedio (el más grande incluye nueve) y ninguno de ellos tiene organismos de base que los sustenten. En el mismo espacio están considerados como miembros todos los gobernadores de los estados o sus representantes, los representantes de las instituciones federales involucradas en el tema y los representantes de los usuarios y de la sociedad organizada. El poder municipal está representado, de manera indirecta, por la presencia del uso público urbano. El nivel de responsabilidad de los integrantes hace muy difícil la asistencia de los titulares a las reuniones, lo que dificulta que se lleguen a concretar los acuerdos tomados y darle seguimiento a los mismos.[12] Esto se ve reforzado por el recambio de las autoridades estatales y municipales, así como de los representantes de los diferentes usos. Todos estos aspectos influyen en la dinámica de los Consejos y sus órganos auxiliares.

Otro factor que incide, ya lo mencionábamos, es la calidad de la representación de los usuarios y de la sociedad organizada que participan en el Consejo. El mecanismo de selección es por tipo de uso y por entidad federativa; los representantes electos en cada entidad se reúnen a nivel regional y eligen al que quedará en el Consejo. El mecanismo no tendría ningún problema si hubiera organizaciones de usuarios fuertes y consolidados; sin embargo, es escasa la participación en estas instancias y generalmente no se elige al representante, sino que éste es de-

[11] La intención que llevó a la creación, entre otros, de los órganos mixtos, como el Consejo de Cuenca, fue pasar de una situación de monopolio gubernamental en la gestión de los recursos hídricos a otra en la que el gobierno necesita de la participación de diversos actores en la gestión del agua. Sin embargo, las dimensiones territoriales que tiene que atender un Consejo de Cuenca, la diversidad de actores y la ausencia de una representatividad de los mismos hace muy difícil delimitar y concertar las prioridades para la cuenca, las medidas que hay que llevar a cabo y su evaluación y seguimiento. Para un estudio detallado sobre la gobernabilidad y gobernanza de la cuenca en México. Cfr. (Parrado, S., 2003).

[12] Los reglamentos exigen la presencia de los titulares para poder establecer acuerdos en los Consejos de Cuenca.

signado de manera directa a través de las directivas de estas asociaciones. Cuando la elección es a partir de una convocatoria en Asamblea, por lo general, por falta de quórum, se tiene que recurrir a una segunda convocatoria con la asistencia de un número muy reducido de los usuarios (Parrado, S. y M. L. Torregrosa, 2004).

Esta fragilidad en la representación de los usuarios en los Consejos y en sus órganos auxiliares repercute en la legitimidad de las decisiones tomadas, así como en el conocimiento ampliado de las decisiones tomadas en los mismos, ya que no existen mecanismos eficientes para informar a los representados de las decisiones y los acuerdos tomados a nivel del Consejo, de los Comités o de los COTAS. Esto resulta en el desconocimiento, por parte de los usuarios y de la sociedad, de lo que son estos órganos mixtos, lo que se está decidiendo y las medidas que se están tomando para el beneficio de todos y la sustentabilidad de la cuenca, subcuenca o acuífero en cuestión.

Otro problema radica en que no hay claridad, por parte de los diferentes actores gubernamentales y no gubernamentales, de lo que entienden por participación y en cuál escala se inscribe su participación en el órgano mixto de que se trate. Por ejemplo, puede ser en una escala de participación desde lo más elemental, como es asistir para informar y ser informado respecto a decisiones tomadas por el gobierno en torno a la Cuenca, hasta participar para tomar decisiones conjuntas. La ausencia de estos parámetros ha llevado a que en estos órganos mixtos no se pueda resolver respecto a asuntos centrales que les atañen o, por el contrario, se tomen medidas y decisiones que no les corresponden, ya que esta función de decisión conjunta no se aplica a todos los temas y situaciones de la cuenca, subcuenca, acuífero, etcétera, dado que por ley hay aspectos que son de competencia estrictamente federal. Este punto es muy importante, porque en la medida en que estos órganos mixtos contribuyan a la solución de los problemas más sentidos de los habitantes de la cuenca, la participación de los usuarios y de la sociedad organizada se incrementará. Por el contrario, en la medida en que estos órganos sean incapaces de resolver o canalizar la solución de los problemas, el interés y la motivación por estas instancias mixtas irán decreciendo con el tiempo y esto contribuirá a reforzar el desinterés de las partes.

5. Un mecanismo posible de participación: el conflicto social

Paralela y simultáneamente a este proceso de promoción de la participación en la gestión del agua implementada por el gobierno "de arriba hacia abajo", se observa en el ámbito social una creciente conflictividad en torno al recurso. En los últimos diez años, las luchas sociales por el agua se han intensificado de manera significativa en todo el país. Esto es una expresión del esfuerzo de la población en general por encontrar formas de incidir en la toma de decisiones que supongan el

logro efectivo de condiciones dignas de vida, ascenso social y reconocimiento de los múltiples valores con que se interpreta el agua, no sólo como recurso productivo, sino también como elemento indispensable para el sostén de la vida y como expresión de una relación equilibrada del hombre con la naturaleza. En este sentido, se entiende que estas luchas por el agua constituyen una forma de participación de "abajo hacia arriba", que se impone a través de diferentes mecanismos.

Decimos que esta transformación parece darse en las últimas décadas, ya que hasta los 80 pareció funcionar un tipo de sistema de canalización de los conflictos sociales ocurridos en la base que se quebró con el cambio de modelo realizado en el país. Podemos decir que el punto de fractura se presentó con la crisis financiera de 1982,[13] que, tras la incapacidad técnica para pagar a sus acreedores internacionales, instaló al Estado bajo la "tutela" funcional establecida por el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM) sobre la política macroeconómica del país. Por otra parte, junto con esta transformación, se dio la aparición de sectores de la sociedad movilizados por los partidos de oposición que no aceptaban ya el autoritarismo del régimen e iban a cuestionar las normas del intercambio político en las dos últimas décadas del siglo XX. Se observan en este período procesos de descentralización y apertura a la participación de nuevos grupos en la administración del poder, lo que desde nuestra perspectiva promovió una inflexión en la lucha social y política, que puede observarse de manera específica en los conflictos en torno a la gestión del agua.

Los conflictos por el agua han sufrido una transformación sustantiva tanto en su intensidad y contenido, como en el carácter social de quienes producen los enfrentamientos. A lo largo de la década de 1990 a 2000,[14] observamos un incremento en la intensidad de los conflictos que pasaron de ser acciones que buscaban llamar la atención de políticos y gobernantes de turno a través de los medios de comunicación, a acciones de confrontación con enfrentamientos directos y el ejercicio de presión que intenta trastocar el rumbo de las políticas establecidas. Esta intensificación de los modos de lucha a lo largo de la década nos indica un tipo de accionar que convoca fundamentalmente el uso de la presión y la fuerza física, en función de la pérdida de credibilidad en la eficacia del sector político.

Respecto del contenido de las luchas, observamos que la variación más notoria a lo largo de la década se da en los conflictos relacionados con la distribución

[13] Esta crisis de 1982 puede resumirse con el retiro del Banco de México del mercado cambiario. Su conversión en un organismo público descentralizado provocó el establecimiento de más controles a la importación; los precios y las tarifas públicas se elevan, además de las tasas de interés, los sueldos y salarios. Escenario suficiente para acentuar más la de las finanzas públicas (Calderón, 2000).

[14] La observación se realiza a través de una base de datos hemerográfica de los conflictos ocurridos en el territorio México (IMTA, 1991; Kloster, 2008).

y usos que se realiza del agua. Pareciera que en los últimos años ha aumentado de manera significativa la proporción de personas que considera injusta la forma como se distribuye el agua, tanto para los que habitan lugares en donde todavía no logran una solución satisfactoria al abasto de agua y saneamiento, como también -y mayoritariamente- en los casos en que esta distribución amenaza con quitarles el agua de que disponen. Este aumento de la conflictividad en torno a la distribución del recurso se realiza en detrimento de los otros problemas, como son la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura; así como el tema del cobro del agua, problemas todos que predominaron sustantivamente a inicios de la década de los 90.

Consideramos que, a medida que avanza la mancha urbana, se van construyendo espacios para la vivienda, lo que junto con los servicios urbanos se constituyen ya no en la expresión contemporánea de la función territorial del gobierno de la ciudad, de la cual devenía su carácter corporativo a partir de la capacidad de monopolizar las funciones para establecer, desarrollar y sancionar el carácter urbano de la ciudad[15] (Díaz Amador, 1998: 216), sino más bien en la lucha por la incorporación de un estatus ciudadano más inclusivo, a la vez que una mejora en la calidad de vida al consolidarse la apropiación del espacio**,** lo que nos habla de conflictos que constituyen, en principio, una expresión de lucha de la dimensión urbana por una ampliación de los derechos de ciudadanía (Castro, 2006).

Lo anterior se refleja también en la identidad de quienes realizan las acciones de lucha. Observamos que para el año 2000 los enfrentamientos son ejecutados por aquellos que luchan en su calidad de individuos, a cuenta y nombre propio, ya que no se encuentran –al menos formalmente- inscritos en ninguna agrupación ni corporación, sino que el nivel de organización es la convocatoria en tanto vecinos moradores de un territorio. Por otro lado, también ha aumentado para el año 2000 la cantidad de organizaciones corporativas y políticas que se disputan un domino sobre el territorio social del agua, así como los conflictos entre la población y los funcionarios de gobierno, que surgen a partir del intento por parte del gobierno de disciplinar a la población en el pago de los servicios, como son los cortes, las multas y sanciones.

Como consecuencia de lo anterior, ha bajado considerablemente la protesta organizada de manera autónoma, en detrimento de una lucha de carácter más individual, por un lado, y una lucha a nivel de las instancias corporativas y po-

[15] Nos referimos especialmente a los modos en como se va construyendo a partir de una organización inicial las posibilidades de legalizar la tenencia de un territorio que ha sido "tomado" a través de asentamientos y poco a poco se van consolidando y consiguiendo a partir de prebendas políticas, los distintos servicios de luz, agua, escuelas, etc. Parte de las luchas políticas y sociales de las llamadas "tribus" del PRD, se establecieron en función del control político sobre un territorio.

líticas, por el otro. Esto podría constituir una resultante de la desestructuración de un sistema de relaciones que –como hemos señalado- apelaba a la captación de formas organizativas territoriales, como fue el caso del Movimiento Urbano Nacional (MUN),[16] y a la eficacia de un sistema político basado en redes clientelares. Aunado a esto, si tenemos en cuenta que aumentó la disputa entre organizaciones políticas y corporativas, podríamos asumir que se está produciendo una disputa política por el control del agua en tanto territorio de poder.

Pareciera que lo que está en juego en la lucha por el agua tiene que ver cada vez más con las políticas de distribución y uso del recurso que amenaza con una restricción del suministro, más que con la disponibilidad natural del agua. Lo que nos lleva a considerar que no es la falta de agua en sí misma lo que genera conflictos, sino el modo en que se gobierna la escasez (escasez social o construcción social de la escasez). O dicho de otra manera, la escasez del agua no se corresponde con la problemática de "falta de agua", sino con una distribución inequitativa de la misma que provoca el descontento de la población mexicana, que a título individual sale a defender las condiciones de vida que históricamente han sido prometidas, en específico en relación con el recurso agua y su saneamiento.[17]

Este mecanismo de participación de abajo hacia arriba, como hemos denominado a los conflictos y luchas para resolverlos, surge debido a las transformaciones y a la crisis en la toma de decisiones por la cual atraviesa actualmente este sector, que ha convertido el agua (su distribución y saneamiento) en territorio de poder cuyo control se disputa. De esta manera, las reformas neoliberales implementadas, que se instalaron a partir del quiebre de la hegemonía política de un grupo en el poder, influyen en la crisis en la toma de decisiones en tanto que es la resultante de una fragmentación política que se constituye en una oportunidad para la movilización social (De Alba *et al.*, 2007).

Por lo tanto, nos enfrentamos a un escenario donde se agudiza cada vez más la brecha que separa las estrategias para la gestión del recurso implementadas "desde arriba" y las formas de lucha "de abajo". Entre ambas estrategias existe un quiebre

[16] Es muy interesante observar cómo estas organizaciones territoriales se conformaban a partir de la cooptación partidaria (Díaz Amador, 1998).

[17] Y a medida que avanza la determinación de la descentralización del poblamiento de las grandes ciudades, en otras áreas, como lo ocurrido con los 12 pueblos de Morelos. "El conflicto con los 12 pueblos de la zona sur del estado que se oponen rotundamente a la construcción de viviendas en La Ciénega, basados en el argumento irrebatible de la contaminación y paulatina escasez del abasto de agua potable del manantial Chihuahuita, ha ido tomando fuerza, con los consiguientes riesgos sociales y políticos que ello conlleva en la forma como el gobierno estatal ha manejado la situación." *Jornada Morelos Sección: Editorial | Publicación: 07.06.2007* http://zapateando.wordpress.com/2007/06/08/lucha-ejemplar-de-los-pueblos-en-morelos/ Sobre este tipo de acciones de lucha existe una importante cantidad de ejemplos.

que pareciera no poder subsanarse exitosamente en tanto subsistan las políticas económicas y sociales actuales.

6. Modelos divergentes de gobernabilidad del agua: Experiencia de Cogestión de una cuenca en el centro de Veracruz

En el marco de la crisis de la gestión del agua que hemos planteado en los incisos anteriores, consideramos central rescatar experiencias inéditas que involucran el esfuerzo de la sociedad organizada, los movimientos ambientales, los sectores académicos, los usuarios de la cuenca y las instancias gubernamentales, entre otros, por lo que en este apartado presentamos una experiencia que se está desarrollando en el centro del estado de Veracruz, en una cuenca abastecedora de agua de la ciudad de Xalapa.[18] El objetivo es revisar las oportunidades y las limitaciones para establecer nuevas formas de gestión de los recursos hídricos. A la vez se contribuye a ilustrar algunas de las cuestiones planteadas en los apartados anteriores.

La cuenca del río Pixquiac, de una extensión de 10,732 ha, es tributaria de la Cuenca del río La Antigua que desemboca en el Golfo de México. Entre los 1,060 y los 3,000 msnm, que es el rango de altitud que cubre la cuenca, encontramos desde cafetales y zonas residenciales en la parte más baja, mientras la zona media se caracteriza por la presencia de fragmentos importantes de bosque mesófilo de montaña, cultivos de maíz y pastizales para ganado lechero. En la zona media alta y alta se encuentran los bosques de pino-encino y de coníferas, y la actividad económica principal es la ganadería lechera y el cultivo de maíz a pequeña escala, así como la tala ilegal de árboles.

La cuenca corresponde a la región hidrológica de los ríos Tuxpan al Jamapa que desembocan en el Golfo de México. Los usuarios de los servicios hidrológicos de la Cuenca del Pixquiac no son sólo los habitantes de la cuenca misma (7,500 habitantes) y de la ciudad de Xalapa, sino el Distrito de riego de La Antigua y otros, como acuicultores y prestadores de servicios turísticos (descenso de ríos) en el Río Pescados (Jalcomulco). Es interés de todos estos usuarios contar con agua en cantidad y calidad adecuadas para sus necesidades de consumo o productivas. La creciente dificultad para mantener el abasto de agua de una capital cuya población sigue aumentando, hace que la protección de las funciones ecológicas de la cuenca haya cobrado gran importancia para varios sectores de nuestra sociedad. Este interés se vio reforzado después de un movimiento ciudadano para impedir el paso de un megaproyecto vial de un libramiento de la capital por el bosque de

[18] Este trabajo cuenta con la participación de un equipo de miembros de la Asociación civil SENDAS, A.C. y ha sido posible gracias a financiamiento de CONACYT Fondo mixto Gobierno del estado de Veracruz (Covecyt-Fonmix) y de DGAPA-UNAM (PAPIIT).

niebla y la vertiente oriente del Cofre de Perote que aporta 40% del agua de la capital. Después de que el movimiento logró echar abajo este proyecto, surgieron propuestas de organismos civiles, académicos y gubernamentales y habitantes de zonas rurales y residenciales de la cuenca para impulsar la gestión de este espacio de manera participativa, lo que motivó que se articularan actores del ámbito rural y del ámbito urbano, de la sociedad civil y de instancias gubernamentales.[19] Para ello se requiere ocupar los espacios de participación existentes o crear nuevos para que los interesados y afectados en los límites de la cuenca puedan participar en la planificación y toma de decisiones sobre el uso y manejo del suelo y los recursos naturales.

6.1 La participación: de la teoría a la práctica

Si bien las diferentes leyes prevén organismos y espacios para la planeación como se ha señalado más arriba, éstos suelen abarcar una escala demasiado reducida (municipio) que no corresponde a las características naturales de las microcuencas y subcuencas,[20] o bien escalas demasiado grandes que corresponden a las grandes regiones hidrológicas atendidas por los Consejos de cuenca.[21]
En el recuadro que sigue sintetizamos lo que, a nuestra manera de ver, serían las características y limitaciones de la planificación en la región en cuestión y en el medio rural:

- En zonas conurbadas no existen ámbitos reales de planeación compartidos entre municipio rurales y urbanos a pesar del crecimiento de la ciudad sobre los municipios rurales.

[19] La sección media de la cuenca se caracteriza por la existencia de importantes manchones de bosque de niebla o mesófilo, un ecosistema raro y cada vez más escaso en el país. En la parte de la cuenca que se ubica en el Parque Nacional Cofre de Perote y en la zona colindante correspondiente al Alto Pixquiac, en cambio, predominan los bosques de coníferas y pastizales naturales.

[20] El espacio físico de las cuencas está conformado por fracciones de distintos municipios o por su extensión completa y no existe tradición de coordinación, salvo algunas experiencias del programa nacional de microcuencas de FIRCO o con CONAGUA en Chiapas para administrar algún bien común como puede ser un río y microcuencas. En la literatura sobre estas experiencias se señala la falta de interés o de apoyo de los municipios como uno de los factores limitantes y esto está ligado a las diferencias político-partidistas señaladas anteriormente (Stem, 2005)

[21] Los consejos de cuenca previstos en la LAN, como el que incluye la cuenca de la Antigua (de la cual el Pixquiac es tributario), son instancias demasiado amplias que se reúnen de manera muy esporádica y en los cuales participan, sobre todo, los usuarios del distrito de riego, asociaciones ganaderas, presidentes municipales, representantes de industrias y de gobierno, enfocados fundamentalmente al abasto de agua, más no los proveedores de los servicios ambientales en las partes altas de la cuenca.

- Existe una gran fragmentación de las políticas sectoriales (ambientales, forestales, agropecuarias, agrarias) y es insuficiente la coordinación entre ellas.

- Las delimitaciones municipales no coinciden con las ecogeográficas de las subcuencas por lo que, en este último ámbito, no existen espacios de participación, incluyentes y democráticos, para analizar los problemas y encontrar soluciones colectivas.

Ante este marco institucional, es común que las comunidades recurran a la acción directa y a la movilización, como por ejemplo, la toma de presas y el cierre de válvulas para hacer valer sus derechos y negociar obras de infraestructura o servicios públicos. ¿Es posible, en este contexto, desarrollar nuevas instituciones, ciudadanía, sinergias y ser interlocutores de las instituciones y organismos operadores de agua para ejercer su derecho a ser escuchados, a ser tomados en cuenta y que puedan participar en la toma de decisiones y asignaciones presupuestales?

6.2 El Comité de Cuenca del río Pixquiac: en búsqueda de sinergias

Para fortalecer *procesos de gestión territorial* con base en la perspectiva de cuencas hidrológicas, el grupo promotor Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable (SENDAS/UNAM) se ha propuesto impulsar el manejo sustentable de los recursos en la cuenca[22] con un triple objetivo: mejorar las condiciones de vida de la población local; conservar la biodiversidad, y estabilizar la provisión de agua para la ciudad de Xalapa y para las comunidades de la cuenca. Para ello se está trabajando sobre tres programas fundamentales: el ordenamiento ecológico, la conservación, la restauración y la reconversión productiva hacia una visión de sustentabilidad. Para desarrollar estas actividades se requiere de recursos económicos, por lo que se ha propuesto a instituciones gubernamentales del ámbito municipal considerar a la ciudad de Xalapa como principal usuario, y al gobierno del estado desarrollar mecanismos de compensación por los servicios ambientales hídricos que aporte la cuenca.

El equipo desarrolló una alianza táctica con una institución creada por el gobierno del estado de Veracruz en el año 2005: el *Fideicomiso Público para la conservación, restauración y manejo del agua, de los bosques y cuencas del estado de Veracruz (Fideicomiso ABC).*

[22] Si bien nuestro espacio de acción, por su extensión y tributación a una cuenca mayor es una subcuenca, nos referiremos a ella como una cuenca.

Encontramos puntos de convergencia de visiones con este instrumento que pretende ser un mecanismo integral para la aplicación de las políticas necesarias para impulsar la participación de los sectores público, social y privado en la conservación, protección, restauración, aprovechamiento sustentable y uso múltiple de los recursos naturales de Veracruz, así como para garantizar la procuración y preservación del equilibrio ecológico y protección del medio ambiente.[23]

La Dirección de Desarrollo forestal del gobierno estatal que impulsa esta iniciativa apoyó en el cabildeo para involucrar al gobierno de la ciudad de Xalapa en este Programa. De este modo, entre 2006 y 2008 se obtuvieron 3,878,951 pesos para impulsar programas de conservación y restauración en la cuenca.

De acuerdo con los lineamientos normativos, el Fideicomiso recibiría donativos de los municipios usuarios del agua y de otros particulares, y su aplicación a través de los subcomités de cuenca sería condicionada a la existencia de un ordenamiento ecológico.

El diseño y operación de este esquema de compensación por servicios ambientales concebido por nuestro grupo de trabajo se sustenta en tres principios básicos:

1. La conservación de los bosques y fuentes de agua se logrará sólo si se mejoran los ingresos y condiciones de vida de los dueños de los predios rurales donde se generan dichos servicios ambientales.
2. La corresponsabilidad y participación de todos los actores (campesinos, instituciones gubernamentales, sociedad civil, academia, empresarios y usuarios del agua en general) es imprescindible para avanzar hacia un plan de desarrollo regional y para impulsar la gestión integral de la cuenca.
3. La heterogeneidad de las condiciones locales, principalmente en lo que se refiere al tamaño y condiciones ambientales de las parcelas, y de las necesidades de sus dueños requiere de estrategias diferenciadas en atención a la conservación, la protección, la restauración o la producción misma.

Estos principios de funcionamiento marcan una diferencia con respecto a los programas convencionales de Pago por Servicios Ambientales (PSA), tales como el de Coatepec (FIDECOAGUA) y el de CONAFOR en particular,[24] puesto que

[23] Los objetivos del Fideicomiso son de:"instaurar políticas para el manejo sustentable de los recursos naturales como son la regulación e inducción del uso del suelo y las actividades productivas; procurar el desarrollo sustentable de los bosques y de las montañas prioritarias, consolidando los esfuerzos, acciones y recursos para recuperar la frontera forestal y propiciar el pago de servicios ambientales para lograr la protección, conservación y el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales: agua, bosque, cuenca, suelo, aire y paisaje de la entidad".

[24] Los productores forestales que entren al esquema de pago por servicios ambientales hidro-

fue concebido como un Programa de desarrollo rural integral con el agua como eje articulador, en el que se incluye una estrategia diversificada que responde a las condiciones particulares del terreno y a las principales actividades de sus dueños. De estos tres principios derivan actividades tan variadas como la conservación de áreas de bosque (lo que tradicionalmente se considera como mecanismo de pago por servicios ambientales) mediante una compensación de 1,000.pesos/ha (el doble de la otorgada actualmente por la CONAFOR); la restauración de áreas degradadas (reforestación) con un monto que permita cubrir los costos en una mayor proporción, y el apoyo a actividades productivas (productores de truchas, grupos de ecoturismo, pequeños ganaderos, floricultores, etcétera). Este enfoque de integración y diversificación, en principio, debe permitir avanzar en otras opciones productivas durante el período de cinco años en el que los campesinos reciben recursos por proteger el bosque.

Usar espacios existentes y crear nuevos: El Comité de cuenca del río Pixquiac

A partir del trabajo realizado en la cuenca en los primeros dos años de ejecución del Programa (2006 y 2007), se formaron grupos de reforestación, de conservación y de productores trutícolas, ganaderos y de ecoturismo interesados en la protección del medio ambiente, particularmente de los bosques y del agua, aunque hay que señalar que muchos buscan recursos para satisfacer sus necesidades inmediatas.[25] A partir de julio 2007, estos actores, junto con representantes del sector académico, de instituciones gubernamentales y de organismos de la sociedad civil conformaron el **Comité de Cuenca del Río Pixquiac (Cocupix**).

Actualmente, el Cocupix agrupa a más de cuarenta personas representantes de estos diferentes grupos regionales de interés. El Comité tiene cinco comisiones de trabajo: Forestal, Agua y Saneamiento, Alternativas Productivas, Gestión de Recursos y Ordenamiento Ecológico.

Debido a que no existen experiencias previas de organización comunitaria para impulsar proyectos productivos y que los campesinos no se conocen de una comunidad a otra, no se han dado aún las condiciones para que la mesa directiva del Comité sea integrada por campesinos. Éstos propusieron para los distintos cargos a integrantes del equipo asesor y a un propietario de predio forestal de

lógicos de CONAFOR deberán comprometerse a mantener la cobertura forestal igual a la superficie declarada y verificada con la que se firma la carta de adhesión al Programa el primer año, así como garantizar su protección y mejoramiento durante los cinco años de duración del convenio con acciones tales como prevención y combate de incendios, control de plagas y enfermedades forestales, control del pastoreo, etc. México forestal, No. 87, del 23 de junio al 6 de julio de 2008. http://www.mexicoforestal.gob.mx/nota.php?id=136

[25] Para más detalles sobre este Programa, ver http://comitecuencapixquiac.wordpress.com

la zona alta que, si bien no son campesinos, sí son residentes de la cuenca y miembros de asociaciones en distintas áreas de la cuenca. Este nombramiento fue entendido por el equipo asesor como una situación transitoria mientras se van desarrollando los liderazgos entre la población de la cuenca.

El Comité fue reconocido en 2008 como *órgano auxiliar* del Fideicomiso para la Conservación Restauración y Manejo de las Aguas, Bosques y Cuencas del gobierno del estado, pero a la vez se mantiene como una entidad autónoma impulsada por la sociedad civil. De la misma manera, el Comité ha sido reconocido como órgano auxiliar del Consejo de Cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa, la gran región hidrológica a la que corresponde la subcuenca de La Antigua de la cual el Pixquiac es tributario.

Avances, limitaciones y retos

En estos cuatro años de trabajo se han logrado algunos avances entre los cuales vale la pena destacar:

- Estudios técnicos e información amplia sobre las condiciones naturales y socioeconómicas de la cuenca.
- Presencia en tres ejidos de dos municipios de la cuenca (relaciones con dos más) con Talleres de diagnóstico participativo en un ejido. Identificación de opciones y gestión de recursos para financiar proyectos. Acuerdos internos sobre gestión de recursos naturales.
- Un Programa de Compensación por Servicios Ambientales en el que participan más de 100 campesinos de tres ejidos y en el que está involucrada una superficie de 177 ha (con demanda para aumentar a más de 300 ha).
- Interés de más ejidos y personas por entrar al Programa.
- Cabildeo para la licitación y el financiamiento del ordenamiento de la cuenca.
- En cuanto a procesos organizativos, éstos son los avances:
- Conformación de un Comité de cuenca
- Alianzas con algunos ayuntamientos de la cuenca, con la Comisión de Agua y Saneamiento de Xalapa, con el Fideicomiso ABC y Conafor
- Grupos de trabajo en comunidades con monitoreo y rendición de cuentas

- Pasos para la regulación de la actividad forestal en un ejido (estudios para el Plan de Manejo forestal)
- Grupo de aprendizaje para sistematizar experiencias regionales de Programas de PSA, con la participación de los distintos actores involucrados del ámbito gubernamental y de la sociedad civil

La intención de constituirse en una instancia de planeación que impulse el desarrollo a nivel regional de la cuenca puede quedarse en una buena intención si no se define una mayor voluntad política de los diferentes municipios, en particular de los beneficiados por los servicios ambientales hídricos. El crecimiento desordenado de la ciudad, con la multiplicación de fraccionamientos mientras los aforos de las cuencas abastecedoras están disminuyendo, es un indicador del divorcio existente entre este fenómeno y la disponibilidad de agua. El poco interés de parte del Ayuntamiento de Xalapa de darle un marco jurídico al Programa de servicios ambientales para que pudiera adquirir un carácter permanente es otro indicador de que no hay una visión de largo plazo sobre el abasto de agua para la ciudad, y que predomina la visión de traer agua de acuíferos cada vez más distantes, con lo que se está repitiendo el conflictivo escenario de la cuenca del valle de México.

En este sentido, la falta de recursos suficientes y de un marco institucional que dé certidumbre al programa es una amenaza frente a las necesidades de los habitantes de la cuenca, para quienes la tala del bosque es lo que les ha dado cierta seguridad económica.

Por otro lado, el estilo de gobernar unipersonal y discrecional del titular del poder ejecutivo y las dificultades para la coordinación interinstitucional requerida dificultan el establecimiento de marcos institucionales y reglas del juego con perspectivas de largo alcance. Prueba de ello es el bajo monto de recursos asignados a esta iniciativa y la constante necesidad de competir con los mecanismos de tipo clientelar que operan, por supuesto, fuera del mecanismo de Comité de cuenca.

Una debilidad a la que se enfrenta este trabajo se refiere a que, debido a la cultura clientelar existente, el interés de participación de los campesinos está todavía muy centrado en la expectativa de recibir recursos económicos. En otras palabras, estamos aún ante un proceso muy incipiente de apropiación del proyecto de Comité de cuenca.

Un gran reto es la reconversión en las mentalidades campesinas, acostumbradas a relaciones de tipo clientelar caracterizadas por la corrupción y la simulación, hacia nuevos esquemas donde predomine el respeto a los acuerdos de las propias comunidades para tener una gestión más sustentable de sus recursos.

A pesar de estas limitaciones, hay algunas fortalezas. Se ha logrado una incipiente colaboración con los municipios de la cuenca media y alta para adoptar algunas de las prácticas de manejo recomendadas y canalizar recursos hacia éstas. Los ejercicios de diagnóstico comunitario y de planeación emprendidos con las comunidades, con apoyo de la Dirección del Parque Nacional Cofre de Perote (CONANP), han conducido a tomas de decisiones importantes en las comunidades, como es la de realizar Programas de manejo para un aprovechamiento más sustentable del bosque; declarar áreas de protección de los fragmentos de bosque mesófilo en las áreas en común, y en general buscar alternativas de tecnificación para obtener mejores rendimientos en las áreas abiertas al cultivo o a la ganadería. Los grupos comunitarios están adquiriendo experiencia organizativa, y es a partir de ellos que se irá consolidando el Comité de cuenca como una instancia dirigida, algún día, por los propios campesinos de las comunidades.

La realización del ordenamiento ecológico de la cuenca es una tarea pendiente, y tendrá utilidad siempre y cuando sus recomendaciones tengan carácter vinculante para las distintas instituciones del sector agropecuario y otras instituciones que tienden más bien a actuar en diferentes direcciones, a veces incluso opuestas. Mientras se alineen voluntades y presupuestos en esta dirección, el ordenamiento comunitario tendrá prioridad.

Los proyectos nunca acaban siguiendo el trazo de su diseño inicial. Lo interesante de este proceso es que desata discusiones, a veces visiones encontradas, en el seno de las comunidades, pues unos quieren seguir en las mismas inercias y otros quieren cambiar. Con todo y los avatares que pueda sufrir el Comité como intento de planeación a nivel de cuenca, así como dificultades de coordinación y de otra índole, el espacio comunitario quedará como el más factible para realizar transformaciones que finalmente deberán traducirse en mejores condiciones de vida y en beneficio del entorno natural.

Respecto al aporte que este tipo de experiencias puede representar a la escala de la gran cuenca hidrológica, Helena Cotler y Raúl Pineda señalan que "los esfuerzos en el manejo de microcuencas no siempre responden a la problemática de la cuenca más amplia (región hidrológica) y por lo mismo no siempre repercuten en una mejora del funcionamiento ecohidrológico de la cuenca".

A la inversa, se puede plantear también que la agenda de los Consejos de cuenca no suele involucrar a los representantes de las partes altas de la cuenca y esto no repercute en la solución de los problemas desde las áreas donde nacen los ríos. Con una metodología de abajo hacia arriba, ya no en el sentido geográfico sino de los actores sociales, la multiplicación de iniciativas en las subcuencas y las microcuencas debe ser impulsada y apoyada por los Consejos porque representa múltiples beneficios y servicios ambientales (Cotler y Pineda, 2008, p. 20). En este sentido, el Comité de cuenca está intentando posicionarse en el Consejo de

la región hidrológica que le corresponde (Tuxpan al Jamapa) en búsqueda de los apoyos necesarios para consolidar su estructura y vida institucional.

Conclusiones

En un período de 15 años se transita, en la gestión del agua, de un modelo de racionalidad administrativa fuertemente centralizada y vertical, a otro que todavía no acaba de expresarse de manera íntegra y que está orientado, en su intencionalidad, a ser desconcentrado y descentralizado, además que posibilita la participación de nuevos actores. Por el otro lado, hemos visto la presencia creciente de la demanda de una gestión más democrática del agua, y también de formas de organización social y resolución de los problemas de acceso y saneamiento del recurso, basado en redes sociales e institucionales a nivel de microcuencas que enfrentan la resolución del problema e inscriben la solución de la gestión del agua en un marco más amplio que involucra un modelo de desarrollo integral, como es el caso del Comité de Cuenca del Río Pixquiac (Cocupix).

En la medida en que el modelo de participación en la gestión del agua por un lado se circunscriba a la gestión del recurso -al margen de las condiciones sociales y ambientales del entorno- y por el otro se limite a la creación de instancias consultivas conformadas por actores individuales e institucionales de relevancia social, sin crear todavía canales institucionales estables, confiables y eficientes que permitan a la población hacer un ejercicio sustantivo de los derechos ciudadanos en el control democrático de la gestión del recurso y sus servicios, se estará en presencia de una agudización de situaciones sociales conflictivas, enmarcadas en modelos valorativos divergentes respecto a la gestión del recurso (Castro, E. *et al.*, 2004).

Lo anterior se debe, en parte, a que el modelo propuesto de gestión soslaya las grandes diferencias sociales, políticas, económicas, culturales y valorativas de la población involucrada y llamada a participar. Se obvian las relaciones de poder político y económico de los diferentes sectores que son convocados a participar como iguales en un mismo espacio, y se asume que esta situación no pesa en las decisiones de quien participa, qué decisiones se toman y a quiénes y cómo éstas afectan o benefician (Torregrosa, 2006a). Y también se debe en parte a la persistencia de una cultura política clientelar que dificulta la instalación de tomas de decisiones basadas en mecanismos consultivos.

La experiencia mexicana ha mostrado que los espacios mixtos mas acotados en el territorio, como los Comités y Comisiones de Cuenca, los Consejos Técnicos de Aguas Subterráneas y los Distritos de Riego, tienen mejores condiciones para plantear, interactuar, consensuar y solucionar los problemas que les competen en torno al recurso, sin dejar de lado que estos espacios están también atravesa-

dos por las tensiones e indefiniciones que aquejan a los Consejos de Cuenca en cuanto a las funciones y a la representación de los usuarios. En este sentido, hay experiencias como la señalada en este texto en Veracruz, de organización a nivel de subcuencas y microcuencas -definido como cuenca para estos actores-, en los que se registra la confluencia de un conjunto de experiencias sociales y políticas que permiten la interacción de actores múltiples, como agentes gubernamentales federales, estatales y municipales, universidades, ONG ambientalistas, grupos de medianos y pequeños empresarios, productores agrícolas y comunidades campesinas e indígenas, entre otros, que han estado preocupados por la contaminación y sustentabilidad del territorio en el que están localizados y en quienes, por diversos motivos, se construye la determinación de enfrentar la solución del problema.[26] Sin embargo, estas experiencias han sido poco exploradas y algunas se desarrollan al margen de las instancias institucionales. Sería importante conocerlas y aprender de ellas para contar con experiencias que permitan enriquecer y diversificar los modelos de participación vigentes, participación que se adecuaría y se adaptaría a las diferentes realidades sociales y culturales del país, con el objeto de lograr una verdadera gestión integrada de los recursos hídricos en México y con un enfoque más integral en la gestión del recurso.

Finalmente, podríamos señalar que el proceso de avanzar en la formación y consolidación de una sociedad civil y de una ciudadanía consciente de sus obligaciones y necesidades ha estado históricamente empañado por la necesidad del Estado de centralizar las funciones y, por lo tanto, el poder. La creación de los espacios mixtos para fortalecer la gestión integrada y corresponsable del agua en México, como los Consejos y Comités de Cuenca, las Asociaciones de Usuarios en los distritos de riego y los COTAS, son avances importantes en la descentralización, participación de nuevos actores y, por ende, en la reestructuración de los espacios de poder. Sin embargo, el desafío del gobierno y de la sociedad mexicana para transitar en este sentido es aún muy grande, ya que la participación y la representación legítima de la sociedad en su conjunto en los espacios mixtos que se están generando es todavía una promesa en construcción.

Esta tarea resulta más difícil por el hecho de que nos encontramos con más de una cultura política que está operando, lo cual incide de manera diferencial en las formas de entender la participación. Aún está vigente una cultura corporativa en la que hay alguien que se encarga de representar y, en el mejor de los casos, de in-

[26] En el caso de los Comité de Cuenca de la Costa de Chiapas, concretamente en el Comité de Cuenca del Zanatenco, como en el caso de Veracruz que reseñamos en este capítulo, toda esta diversidad logró confluir en una experiencia original que, en la actualidad, enfrenta problemas para continuar sus actividades y madurar como instancia debido al cambio de las autoridades municipales que decidieron un recambio del personal que había impulsado la experiencia (Vera, J., 2005).

formar lo que hay que dar a cambio por lo solicitado, el costo o el pago político. Por otro lado, existe una incipiente, pero creciente, organización de iniciativas ciudadanas preocupadas por lo que sucede con el recurso y el deterioro ambiental, aunque aún dispersas y con pocos canales institucionales para su expresión y participación.

El desafío que enfrentamos los mexicanos, sociedad y Estado, es el de encontrar y construir las formas y los canales institucionales en donde se puedan dirimir las determinaciones de "los de arriba" y "los de abajo", que nos permitan lograr consensos para una gestión sustentable e integral del agua. Corresponde entonces preguntarnos, ¿qué papel nos toca a cada quién en esta monumental tarea?, y ¿qué forma tendrá que adoptar el organizador general de la sociedad, el Estado?, ¿qué papel van a jugar las autoridades federales, las estatales, las municipales, las organizaciones mixtas, los usuarios y la ciudadanía organizada, sin organización o en proceso de construcción?

Referencias

Aboites, L. (2009). *La decadencia del agua de la nación. Estudio sobre desigualdad social y cambio político en México. Segunda mitad del siglo XX.* México, El Colegio de México.

Aguilar, E., L. García y S. Parrado (2004). Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Documento Conceptual (Primer Borrador para Discusión), CNA-OMM.

Barocio, R. y J. Saavedra (2004). "La participación privada en los servicios de agua y saneamiento", en Jiménez, B. y L. Marín (eds.), *El Agua en México vista desde la Academia*, Academia Mexicana de Ciencias, México, pp. 289-316.

BID (1997). *Libro de consulta sobre participación.* Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible. Washington.

Borja, J. (2000). *Descentralización y participación ciudadana*, CESEM, México (1996). *Participación ciudadana,* CESEM, México.

Caldera, A. (2009). *Gobernanza y sustentabilidad: Desarrollo institucional y procesos políticos en torno al agua subterránea en México.* Tesis para obtener el grado de doctor, Programa de Doctorado en Ciencias Sociales, FLACSO-SEDE México.

Calderón, G. F. (2000). *Los movimientos sociales ante la crisis*. Series en Biblioteca de Ciencias Sociales, 18. Buenos Aires, Argentina: UNU; CLACSO; IIS-UNAM.

Castro, J. E. (2006). *Water, Power, and Citizenship. Social Struggle in the Basin of Mexico*, Londres: Houndmills, Basingstoke y Nueva York: Palgrave-Macmillan.

——, J. E., M. L. Torregrosa, Allen, A. R. Gómez, K. Kloster y J. Vera (2006). "*Desarrollo Institucional y Procesos Políticos*". Documento Temático para el IV Foro Mundial del Agua, pp. 229-254. (ver http://www.worldwaterforum4.org.mx/uploads/TBL_DOCS_97_23.pdf)

——, J. E. (coord.) (2005). *Reporte final del proyecto Participación Privada en los Servicios de Agua y Saneamiento, PRINWASS (D33 Final Report).* Quinto marco programa 1998-2002 de la Comisión Europea, INCO2-Investigación para el desarrollo, Oxford, University of Oxford, UK.

Castro, E., K. Kloster y M. L. Torregrosa (2004). "Ciudadanía y gobernabilidad en México. El caso de la conflictividad y participación social en torno a la gestión del agua", en Jiménez, B. y L. Marín (eds.), *El agua vista desde la Academia.* Academia Mexicana de Ciencias, México, pp. 339-370.

Carabias, J. y R. Landa (2005). *Agua, medioambiente y sociedad: hacia una gestión integral del agua.* UNAM, COLMEX, Fundación Río Arronte, México.

CONAGUA-Comisión Nacional del Agua (2008). "*Estadísticas del Agua en México 2008*". SEMARNAT, p. 233.

Cotler, H. y R. Pineda (2008). "Manejo integral de cuencas en México ¿hacia dónde vamos?", en Boletín del Archivo Histórico del Agua, Año 13, mayo-agosto 2008, pp. 16-22, México, D.F. SEMARNAT-CONAGUA-CIESAS-AHA.

Díaz Amador, M. (1998). "*La producción social de la ciudadanía política en México*". Tesis (Doctor en Ciencias Sociales con Especialidad en Sociología)-Centro de Estudios Sociológicos, El Colegio de México.

De Alba, F. y K. Kloster (2007). "El agua en la ciudad de México y el factor de fragmentación política". En *Perfiles Latinoamericanos,* vol. 29, enero-junio, pp. 137-159.

Dourojeanni**,** A. (1998). "Participación municipal en actividades de gestión a nivel de cuencas". Documento para discusión *1 de noviembre de 1998 III Taller de Gerentes de Organismos de Cuencas de América Latina y el Caribe Documento de Trabajo, Buenos Aires, Argentina, 16 al 20 de noviembre de 1998.*

Global Water Partnership (2003), "Effective Water Governance. Learning from the Dialogues", GWP (http://www.gwpforum.org/gwp/library/Effective%20Water%20Governance.pdf),

Hanf, K. y A. Jansen (eds.) (1998), *Governance and Environment in Western Europe*, Harlow: Addison Wesley Longman.

Harvey, D. (1996), *Justice, Nature and the Geography of Difference*, New York: Blackwell.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (1991), "*Agua y Sociedad, Tendencias*" Nro. 1, IMTA: Cuernavaca, Morelos.

Stem, Caroline (2005), TNC and Partner Experiences with Watershed Evaluation Activities in the State of Chiapas, Mexico, Final report, TNC, USAID, recuperado el 20 de agosto de 2009 en http://fosonline.org/Site_Page.cfm?Page ID=167

Kloster, K. (2008). *La determinación de lucha por el agua en México. Un análisis de los procesos nacionales y locales.* Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Políticas y Sociales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México.

Merino, M. (1997). "La participación ciudadana en la Democracia"*, Cuadernos de Divulgación de la Cultura Democrática*, núm. 4, IFE, México.

OCDE-IMTA (2008). "Análisis de la participación privada en el sector de aguas y saneamiento en una selección de países", en http://www.oecd.org/dataoecd/39/54/41776855.pdf

Parrado, S. (2003). "El análisis institucional de los Consejos de Cuenca y de su aportación al sistema nacional mexicano de la gestión del agua", Informe Final, OMM.

——, S. y M. L. Torregrosa (2004). "Anexo 1. Informe sobre la calidad de la participación", en *García, L. y E. Aguilar. Evaluación de medio término del Plan Nacional Hidráulico.* México, Organización Mundial de Meterología, CNA.

Torregrosa, M. L, F. Saavedra, E. Padilla, A. Quiñones, K. Kloster, G. Cosío y C. Lenin (2003). Aguascalientes - México Case Study (Report 8). Quinto marco programa 1998-2002 de la Comisión Europea, INCO2-Investigación para el desarrollo, Oxford, University of Oxford, UK.

——, M. L (2006a). 'Gestión Integrada, descentralizada y con Participación Social del agua en México. Un proceso en construcción', en *El agua Primera Parte.* Gaceta Electrónica 12, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, pp. 16-28.

——, M. L. (2006). 'Gestión integrada de consejos de cuenca en México: un proceso en construcción', en Ibáñez Martí, C. y N. Prat Fornells (coord.) *Ciencia, técnica y ciudadanía, claves para una gestión sostenible del agua*, Fundación Nueva Cultura del Agua, España, pp. 82-91. http://www.concyteg.gob.mx/portal/gaceta_pdf.php?id=783c3d17c52575e247862e6e09b5cc0117

Vera, J. (2005). "*Participación, consejos de cuenca y política hidráulica mexicana: el caso de la costa de Chiapas*", en Problemas socio-ambientales y experiencias organizativas en las cuencas de México. S. Vargas y E. Mollard (eds.), Editorial IMTA e IRD, 2005, pp. 276-297.

Otras fuentes

Diario Oficial de la Federación, 29 de abril de 2004.

La Jornada Morelos Sección: Editorial | Publicación: 07.06.2007 http://zapateando.wordpress.com/2007/06/08/lucha-ejemplar-de-los-pueblos-en-morelos/

SHCP: Presupuesto de Egresos, 1 de enero de 2009, "Análisis administrativo económico-Ramo 16: Medio Ambiente y Recursos Naturales", en http://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/ (revisado el 25 de febrero de 2009).

22. La evolución del marco institucional del agua potable y el saneamiento urbanos en México: un análisis cognitivo preliminar

Ricardo Sandoval Minero*

"When rival government bureaucracies seek power, the result is more likely to be delay and paralysis than building the capacity to manage complicated water problems." – Sanford Berg

Resumen

El subsector del agua potable y el saneamiento urbano en México exhibe, por una parte, resultados positivos en materia de coberturas de agua y alcantarillado. Sin embargo, el desempeño de la mayor parte de los sistemas sigue siendo técnica y administrativamente deficiente, a pesar de la sucesión de políticas públicas que han buscado, mediante la transformación del marco institucional formal, modificar y propiciar el desarrollo de los sistemas de agua potable del país. En este documento se ensaya un análisis preliminar de la evolución del marco institucional desde un punto de vista cognitivo, es decir, que considera que las políticas públicas resultan de la interacción de un conjunto de actores con representaciones y discursos divergentes dentro de un campo de fuerzas específico, y no de una concepción "racional" basada en la determinación de objetivos sociales, la evaluación de alternativas, su implementación y adecuación. En la evolución institucional

* Doctorante en Ciencias de Gestión por la Escuela Nacional Superior de Minas de París. Correo electrónico: ricardo.sandoval_minero@ensmp.fr

del subsector del agua y saneamiento urbanos habría influido, principalmente, la interacción de marcos de interpretación diferentes y la consiguiente reacción de los actores, en función de los desafíos y oportunidades que perciben para sus posiciones relativas. Se hace una identificación preliminar de los elementos del análisis cognitivo de políticas públicas, basada en el material testimonial recabado en una publicación reciente sobre el agua potable en México, con objeto de sugerir perspectivas a partir de las representaciones y discursos que parecen guiar la discusión actual en el tema, así como proponer vías de exploración más profunda de análisis con este tipo de enfoque. Se sugiere también que la construcción intencionada de espacios para hacer confluir los marcos de interpretación de la realidad puede abonar a favor de una reforma eficaz del subsector.

Introducción

En México, a pesar de los avances logrados en materia de abastecimiento y desinfección del agua potable así como en conexiones al alcantarillado, restan por resolver numerosos problemas. Se estima que 55% de las viviendas urbanas no reciben un servicio continuo (World Bank, 2005), se recauda en promedio 76% 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. Por otra parte, menos de 40% de las aguas residuales generadas reciben tratamiento, lo que ocasiona que más de 75% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) producida llegue a los cuerpos de agua superficial (CNA, 2007). De ahí que el abastecimiento de agua potable descanse de manera creciente en la extracción de aguas subterráneas, que representan ya 70% del abastecimiento urbano y 62% del industrial (CNA, 2006:52). El número de acuíferos sobreexplotados se ha triplicado en los últimos 30 años (CNA, 2006:52), y se estima que la extracción total rebasa en 20% su rendimiento promedio (Holliday, 2007; Chávez Guillén, 2006). Esta circunstancia amenaza claramente la salud de la población y la sustentabilidad de un país cuya economía descansa, de manera creciente, en las actividades urbano-industriales.

En este contexto, cabe plantearse la cuestión del papel que juega el marco institucional que determina las relaciones entre los diferentes participantes, máxime cuando se trata de un país organizado bajo una estructura federal, en la que el agua es propiedad de la Nación y su administración tiene carácter federal, mientras que los servicios públicos de agua y saneamiento son, por disposición constitucional, responsabilidad de los 2438 municipios, los cuales no solamente deben atender o regular la prestación de los servicios en las 3190 localidades urbanas del país,[1] sino en las cerca de 185,000 localidades rurales (INEGI, 2005). Y todo ello con una participación muy diferenciada de las 31 entidades federativas y el Distrito Federal. Es evidente que el reto sectorial en materia de regulación, en el contexto ya descrito de deterioro de los servicios y del propio recurso agua, es enorme.

En este documento se presenta una exploración sobre el origen, la evolución y las perspectivas del marco institucional de los servicios de agua y saneamiento en México, que para efectos de análisis se clasifica en los ámbitos del acceso y preservación del recurso agua; la protección de la salud pública; la preservación ambiental; la regulación de la relación entre calidad y precio de los servicios, así como la organización de la inversión pública en materia de proyectos y obras hidráulicas y sanitarias. Se propone un análisis descriptivo de las políticas públicas en este sector, sin dejar de plantear orientaciones de carácter normativo.

[1] En México se considera localidad urbana a toda aquélla que aloja a más de 2500 habitantes.

Situación actual de los servicios públicos de agua potable y saneamiento en México

México está organizado políticamente como una república federal, cuyos órdenes de gobierno se distribuyen en 2438 municipios, 31 estados y un distrito federal. En el país existen 187,938 localidades, distribuidas como lo indican la Tabla 1 y la Figura 1.

Existen 3190 localidades mayores a 2500 habitantes, consideradas en México como "urbanas", en las cuales vive 76.5% de la población. Cabe llamar la atención sobre las 11 ciudades con más de un millón de habitantes: se trata de ciudades que alojan a uno de cada siete mexicanos. En general, estas urbes tienen más posibilidades de obtener ingresos económicos importantes, ya sea porque cuentan con sistemas tarifarios estables –como la zona metropolitana de Monterrey o las ciudades de Tijuana, Querétaro o León–, o bien porque su influencia política les permite acceder a subsidios muy cuantiosos y en condiciones excepcionales para financiar la ejecución de obras de infraestructura de grandes dimensiones. Ejemplo de estas obras son las que actualmente se realizan para ampliar el abastecimiento y sanear las aguas en las áreas metropolitanas de México y Guadalajara, cuyos esquemas tarifarios son deficitarios. En ese rango, siguen 112 ciudades entre 100,000 y un millón de habitantes, que alojan a la tercera parte de la población del país y presentan niveles de desempeño técnico y financiero muy variables, pero en general deficientes. Finalmente, las 3067 localidades que tienen entre 2501 y 99,999 habitantes constituyen 27.6% de la población y son, en su gran mayoría, presa de numerosas limitaciones administrativas y técnicas.

Tabla 1. Distribución de la población en México

Población (rango)	Localidades	% localidades	% población
< 2500	184,748	98.30%	23.5%
2500 – 15,000	2,640	1.40%	13.7%
15,000 – 100,000	427	0.23%	13.9%
100,000 – 1'000,000	112	0.05%	34.6%
> 1'000,000	11	0.01%	14.3%
Total	187,938		

Fuente: (INEGI, 2005)

En síntesis, un séptimo de la población vive en 11 ciudades –algunas de ellas conurbadas– con enormes necesidades de inversión para garantizar su abasto y saneamiento futuros; ni siquiera aquellas ciudades que cuentan con ingresos estables podrían afrontar dichas inversiones sin subsidios. Dos terceras partes de la población total viven en el resto de las localidades urbanas; de ellas, poco más de la mitad vive en las 112 ciudades intermedias con capacidades, nivel de influencia y acceso a subsidios dispares, mientras que el resto (más de 30 millones de personas) vive en más de tres mil localidades pequeñas y medianas servidas por sistemas en su inmensa mayoría obsoletos y con prácticas administrativas precarias.

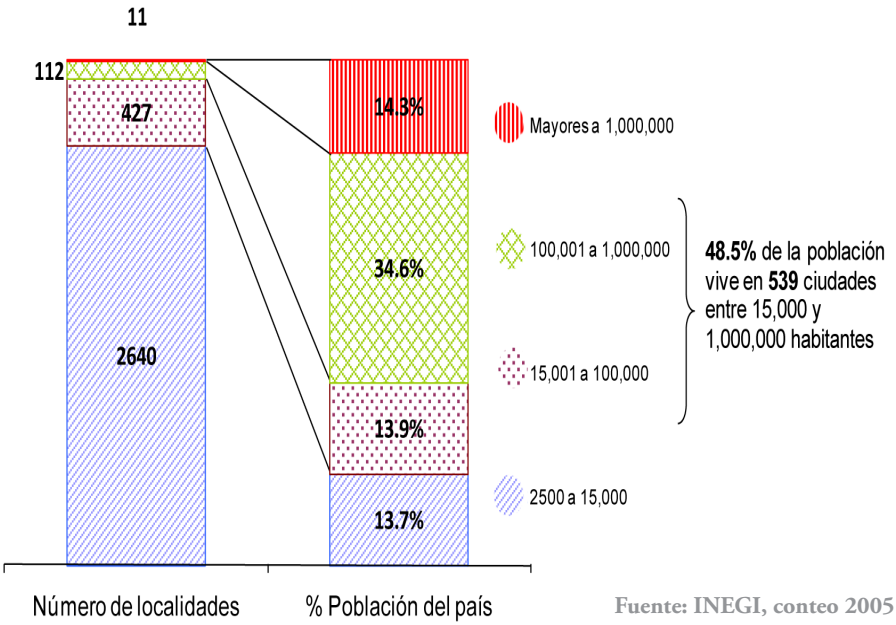


Figura 1 Distribución de la población urbana en México por tamaño de localidad.

El *tamaño* del reto es claro, pero quizás no lo haya sido hasta ahora su *naturaleza*. Más que un problema de inversión para ampliar la oferta de servicios y "desarrollar" o "consolidar"[2] los sistemas municipales y que ha sido instrumentado

[2] En la terminología burocrática del sector agua potable mexicano, a partir de la implementación del programa "Agua Potable y Saneamiento en Zonas Urbanas" (APAZU), se entiende por "consolidación" el conjunto de acciones y elementos necesarios para que un sistema municipal de agua potable cuente con la capacidad administrativa, comercial, técnica y operativa para trabajar

desde el centro del país con la intermediación de las autoridades estatales –visión que privó en gran parte del siglo XX y persiste hoy–, estamos en presencia de un formidable desafío de organización y diseño institucional. Si sumamos a los números anteriores la innegable heterogeneidad cultural, social y natural de las regiones que componen México, la imposibilidad de resolver esta problemática mediante la aplicación de un modelo uniforme operado bajo esquemas centralizados es evidente. La inestabilidad que acompaña el diseño y la implementación de los programas instaurados por el gobierno federal y los gobiernos estatales, debido a los cambios sexenales de administración y su interferencia con los cambios trienales en los gobiernos municipales, ha impedido que muchas acciones logren su cometido.

En este contexto, a pesar de que el país ha alcanzado indicadores en general satisfactorios en algunos rubros como cobertura de los servicios y nivel de desinfección del agua potable, el sector sigue tendencias preocupantes. Las fuentes de abastecimiento muestran una creciente sobreexplotación y contaminación; la reposición y ampliación de infraestructura se va rezagando; el financiamiento es inestable e insuficiente; la rotación y la falta de personal calificado predominan, y en muchas ciudades los usuarios rechazan pagar oportunamente por servicios que consideran deficientes.

Marco teórico

En este capítulo nos proponemos hacer una exploración histórica preliminar de la evolución del subsector del agua potable. Para ello, nos apoyamos en los planteamientos del análisis cognitivo de políticas públicas (Muller, 2000 y 2003), el cual es la base para hacer una revisión de la evolución institucional del sector, que parte de Pineda Pablos (2002) y toma como referencia los testimonios de diferentes actores del subsector del agua potable incluidos en Olivares (2008). El objetivo es identificar los elementos que propone el modelo de análisis cognitivo de políticas públicas.

En el análisis institucional se define a las instituciones de diversas maneras (Powell & DiMaggio, 1991):

- En ciencia política, "marcos de reglas, procedimientos y arreglos" o "prescripciones respecto de las cuales son requeridas, prohibidas o permitidas ciertas conductas ciudadanas".

en forma eficiente. Los programas de "consolidación" suelen incluir subsidios para contratar estudios tarifarios, implementación de sistemas comerciales, actualización de padrones de usuarios, desarrollo de proyectos y "planes maestros" y otras acciones que buscan fortalecer las capacidades de los sistemas.

- En el análisis histórico neoinstitucional, "rasgos que se presentan regularmente en interacciones repetitivas, así como costumbres y reglas que proveen una red de incentivos y disuasiones a los individuos".
- En el análisis cultural cognitivo, "proceso fenomenológico por el cual ciertas relaciones y acciones sociales llegan a darse por sentadas" o "un estado de cosas en el cual son las cogniciones compartidas las que definen qué tiene significado y qué acciones son posibles".
- Para la sociología de organizaciones se refiere a procesos y estructuras organizacionales más amplias que conforman la conducta individual según el grado en el que dicha conducta se considera apropiada en determinada situación.

En la nueva economía institucional, una institución es "un conjunto de reglas duraderas, estables, abstractas e impersonales, cristalizadas en leyes, tradiciones o costumbres y empotradas en dispositivos que implantan y ponen en práctica, por consentimiento o coerción, modos de organización de las transacciones" (Ménard, 2003).

En los ámbitos de intervención del Estado para la gestión del agua puede identificarse el marco normativo y las estructuras burocráticas como parte del entorno institucional formal. De la aplicación de las normas y procedimientos formales en contextos específicos surgen las prácticas y costumbres que alcanzan una cierta estabilidad y se convierten en las reglas reales, una combinación de mecanismos formales y no formales que conforman el marco institucional del sector.

En este texto proponemos una división convencional de los citados ámbitos de intervención estatal en la gestión del agua:

- La administración del recurso agua, orientada a propiciar un equilibrio entre la disponibilidad natural y el aprovechamiento del recurso, y también a preservar su calidad y a gestionar de manera adecuada la transferencia de derechos de uso del agua de manera que se promueva su utilización socialmente eficiente.
- La atención de los fenómenos extremos, que se ubica usualmente bajo el ámbito de actuación gubernamental antes citado.
- La regulación de los servicios de agua y saneamiento con objeto de mantener una relación adecuada entre el precio y la calidad de los servicios, asociada al desempeño de las entidades que los prestan y al equilibrio entre la autoridad local, el usuario y el prestador del servicio, bajo

los diferentes modos de organización que han surgido en la historia del país.

- La vigilancia de la calidad del agua potable y de las condiciones del servicio para preservar la salud de la población.
- La preservación de los ecosistemas acuáticos y en general de los espacios naturales del ciclo del agua y sus ecosistemas asociados.
- La normalización de los proyectos y los productos que se utilizan para proveer de agua potable y saneamiento a la población.

En lo referente a la distribución de funciones y atribuciones que se deriva del marco jurídico vigente en cada etapa de la historia del país, han existido ámbitos encargados del diagnóstico, diseño e instrumentación de políticas públicas en cada una de las materias citadas.

Las políticas públicas suelen verse como el producto de un ejercicio racional y secuencial de análisis, diseño de alternativas, jerarquización, implementación, evaluación y adaptación. Existen enfoques alternativos que buscan abarcar procesos de más larga duración e integrar esferas de acción más allá de la gubernamental, para incorporar los aspectos culturales, de comunicación y sistemas de valores, creencias y percepciones (Roth Deubel, 2008).

Uno de estos enfoques es el del análisis cognitivo de las políticas públicas, que las concibe como la resultante de la interacción de un conjunto de actores con representaciones y discursos divergentes dentro de un campo de fuerzas específico (Muller, 2003). En los hechos, pues, la concepción de una política pública no es sólo el resultado de una decisión consciente para "resolver los problemas" por parte de quien diseña las políticas, sino el producto de un proceso colectivo de reconstrucción del orden social basado en marcos de interpretación divergentes de una misma "realidad", la cual es compartida por un conjunto de actores que en un momento dado enfrentan una serie de desafíos para sus posiciones relativas.

Bajo este enfoque, se identifican los siguientes elementos para cada etapa:

- *Actores* que intervienen en los procesos de decisión, como sujetos u objetos de la misma, así como sus intereses.
- Formulación del *problema* que la política pública (o el conjunto de acciones implementadas para incidir en un problema particular) pretende resolver, tal como es planteada por el actor formalmente a cargo de la definición e implementación de la política.
- *Marcos referenciales*[3] mundiales y locales que influyen en la percepción que los actores tienen del problema.

[3] Del Francés "*référentiel*". En textos en castellano, relativos al análisis de políticas públicas,

- Elementos presentes en la *concepción de la política pública*:
  - o *Paradigmas* o representaciones que cada actor se forma sobre los intereses, capacidades y mecanismos condicionantes de las acciones de los otros actores.
  - o *Algoritmos*, o relaciones causa-efecto, que definen los mecanismos que serán puestos en marcha por quienes conciben e implementan los componentes formales de la política.
- *Instrumentos* de la política pública:
  - o Coercitivos
  - o Inductivos
  - o Consensuales
- *Resultados* y caracterización de la política en operación (en particular, surgimiento de reglas no formales derivadas de la aplicación real de las reglas formales en distintos contextos locales, así como aparición de coaliciones de causa como sistemas de acción insertados en el campo de acción general).
- Mecanismos de *evaluación.*

En el análisis institucional que se propone líneas adelante, buscamos precisamente trascender la explicación de la emergencia de nuevos marcos institucionales que son producto de la acción de entidades públicas que están a cargo de normar, de manera formal, las actividades del subsector, y analizamos éstas como campos sujetos a la citada reconstrucción colectiva que surge de la interacción entre diferentes marcos referenciales, paradigmas y actuaciones insertadas en un contexto cambiante.

En este sentido, Muller señala que el análisis cognitivo de las políticas públicas se suma a ciertas cuestiones planteadas por los enfoques neoinstitucionales, en tanto que "para ciertos autores de esta corriente, las instituciones deben ser tomadas como marcos de interpretación del mundo. Así, para March y Olson, las instituciones son a la vez un factor de orden, en tanto fijan las reglas, las rutinas y los modos operatorios de la actividad política, así como un lugar que da sentido o permite codificar la acción".[4]

En este contexto, una transformación del marco institucional seguiría a la prevalencia de un marco de interpretación del mundo o "marco referencial".

suele traducirse únicamente como "referencial"; en este texto lo denominamos "marco referencial".

[4] Muller (2000), pp. 195-196.

Evolución institucional del sector del agua y el saneamiento en México

¿Cuáles fueron los factores que influyeron en la evolución del marco regulatorio del sector agua y en particular del subsector agua potable y saneamiento? En la Figura 2 se adivinan ya algunos componentes de un proceso que, más que resultar de la aplicación y corrección secuencial de políticas públicas diseñadas en forma racional, pareciera ser el producto de un juego de fuerzas e influencias no siempre evidentes.

En la división temporal propuesta en Pineda Pablos (2002)[5] se identifican cuatro etapas en la evolución del marco institucional de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento:

a) Prestación a cargo de los Ayuntamientos, en ocasiones apoyada en la concesión de los servicios a particulares, de mediados del siglo XIX a 1948.[6]

   Tras la consumación de la independencia tuvo lugar un proceso de reapropiación, por parte del Estado, del control sobre el acceso y el uso de las aguas. En el caso del servicio de agua potable, la revolución sanitaria de fines del siglo XVIII a mediados del XIX implicó la evolución de los sistemas de abastecimiento que creó la necesidad de una inversión superior a las posibilidades de los Ayuntamientos, lo cual propició la aparición de proyectos financiados y operados por particulares. La regulación de la relación dependía en ese entonces del Ayuntamiento.

b) Centralización del control en la Ciudad de México (1948-1983).

   Una vez que el desarrollo de la agricultura de riego cedió espacio a las políticas sanitarias, el gobierno federal incrementó las inversiones en infraestructura hidráulica. Para contar con un control técnico y, en teoría, una posibilidad de recuperación de las inversiones, se estableció una estructura burocrática orientada en un principio a las obras con inversión federal, la cual poco a poco se fue introduciendo en los aspectos administrativos de los sistemas manejados bajo la figura de "Juntas Federales". Entre 1950 y 1970, la población urbana creció de 42.6% a 58.7%, y además, en los 70, inició la implementación de marcos normativos más estrictos en materia de calidad del agua potable y control de la contaminación de los cuerpos de agua.

[5] Se toman las tres etapas más recientes de su propuesta. Para una descripción detallada, se recomienda acudir a la fuente citada.

[6] Ver, por ejemplo, Suárez Cortés *et al.* (1998).

La urbanización, el surgimiento de ciudades con más influencia económica y política en los estados, así como las crisis económicas de fines de los 70 y principios de los 80, aunadas a las nuevas necesidades de inversión, se sumaron a la emergencia de las tendencias asociadas a la "nueva administración pública" que preconizaban la descentralización como una vía para mejorar los resultados en materia de servicios públicos.

c) Municipalización (1983-1989).

En 1983 se formalizó, mediante una reforma constitucional, la transferencia de la responsabilidad sobre los servicios de agua y saneamiento al orden de gobierno municipal sin una verdadera estrategia de transferencia; sólo trasladó y, en ocasiones, agravó los problemas.

d) Modernización (1989-2006).

En 1989 se crea la Comisión Nacional del Agua, la cual instrumenta un Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado a partir de 1992. Uno de los cinco lineamientos de estrategia del programa consideró explícitamente a la participación ciudadana como una palanca para mejorar los servicios. "La participación ciudadana –señala

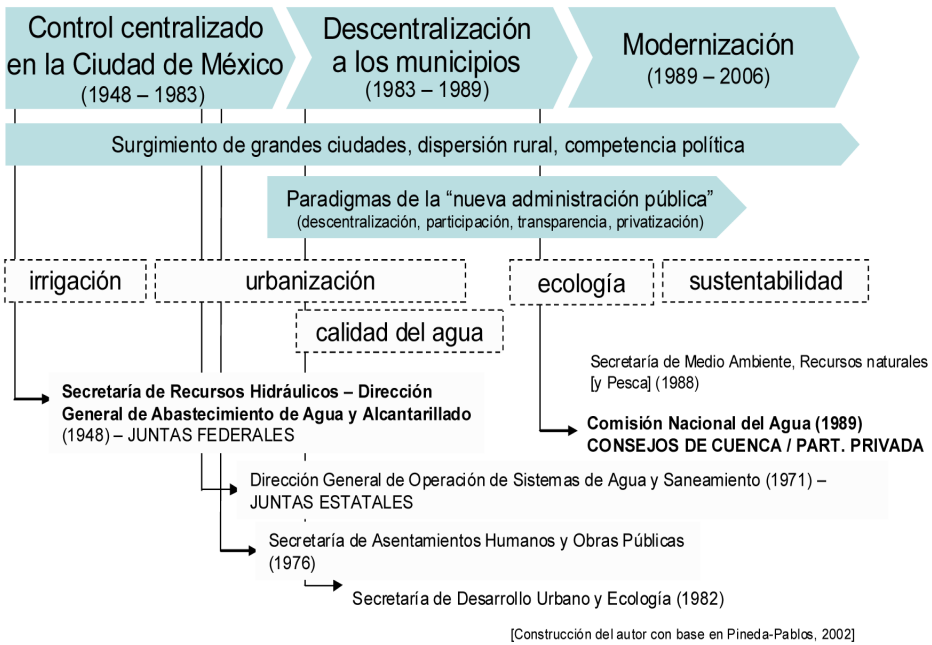


Figura 2. Evolución institucional del sector agua potable y saneamiento en México

> el documento– facilita que la población conozca e influya sobre las acciones que afectan las condiciones de su entorno. El papel rector del Estado en este tipo de consejos adquiere su justa dimensión".[7] Se buscaba que los organismos se constituyeran como "empresas operadoras descentralizadas" con administración financiera transparente y profesional, con autonomía para la aprobación de tarifas y apoyadas por entidades estatales.

Al instrumentarse inversiones en estudios, proyectos y obras a través de acuerdos de coordinación, surgió la llamada "mezcla de recursos", con la cual el gobierno federal seguía tratando de orientar las prioridades de inversión y conservar cierto control sobre los aspectos técnicos. Esto dio lugar a un virtual mecanismo de regulación por vía inductiva de la programación de las acciones, de su diseño y construcción, así como hasta cierto punto de su desempeño operativo, al existir la posibilidad de ligar el apoyo presupuestal al cumplimiento de especificaciones y condiciones determinadas por la autoridad federal.

Esta etapa de modernización ha dado lugar al surgimiento de esquemas muy diversos. En algunas entidades federativas existen organismos operadores descentralizados de la administración municipal en todos los municipios; en otros, organismos intermunicipales de carácter estatal; en otros, juntas o comisiones estatales que controlan la operación y el servicio domiciliarios en todo o casi todo el estado.

El programa de 1992 pretendió dar congruencia de largo plazo a los sistemas a través de la implementación de "planes maestros" y el otorgamiento de créditos vía el programa denominado originalmente "Agua Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas" (APAZU); sin embargo, dichos planes resultaban pronto obsoletos frente a la inestabilidad que los gobiernos trienales dan a los organismos municipales, así como a la persistencia de crisis periódicas en la economía nacional. Las interferencias políticas no fueron eliminadas y la autonomía tarifaria no se logró en la mayor parte de los municipios. Actualmente se llevan a cabo versiones modificadas del mismo enfoque de planeación, asociadas a la asignación diferenciada de apoyos presupuestales y orientadas a favorecer la participación del sector privado en la prestación de servicios o la operación de los sistemas.

[7] *ibíd.*, p. 19.

Identificación preliminar de elementos para un análisis cognitivo de la evolución institucional del sector

Con base en la descripción anterior se presenta en la Tabla 2 una identificación sintética de los elementos cognitivos presentes en cada una de las etapas.

A partir de esta exploración proponemos las siguientes reflexiones:

- La evolución de las políticas públicas en materia de abastecimiento de agua potable y saneamiento en medios urbanos ha respondido a condiciones demográficas y económicas en mayor medida (urbanización, creación de centros urbanos con mayor influencia, problemática fiscal), así como a paradigmas importados que han orientado los objetivos del subsector (salud pública, saneamiento, preservación ecológica, sustentabilidad, gestión integrada) y enmarcado la evolución de la gestión pública (descentralización, transparencia, privatización, participación social, gobernabilidad).

- La transformación institucional que ha generado cada cambio mayor en el marco legal, en particular la relativa al surgimiento de nuevos interlocutores y la traslación creciente hacia ámbitos estatales y municipales del papel de ejecución y normativo, ha modificado y configurado campos de interacción en los que surgen, con cada marco de interpretación propio de la circunstancia de cada participante, respuestas no formales a cada nuevo marco institucional. Es el caso, por ejemplo, de la municipalización de los servicios, que en la lógica federal parece haber sido más el producto de una política hacendaria y de las presiones que imponían la necesidad de mayores inversiones en infraestructura de agua y saneamiento, para las entidades estatales se transformó en un mecanismo de control y para las municipales en una tarea que rebasaba las capacidades técnicas e institucionales existentes. El surgimiento de la asociación de organismos operadores de agua y saneamiento, en sus diferentes etapas, ha sido quizás el ejemplo más claro de reacción institucional y construcción de un campo de fuerzas que buscaba equilibrar la relación tras una municipalización con numerosas deficiencias.

Tabla 2. Identificación de elementos para el análisis cognitivo de la evolución en las políticas públicas de agua y saneamiento en México

Etapa	Actores	Formulación del problema	Marcos referenciales mundiales	
Prestación local	Ayuntamientos Inversionistas privados	Se requiere tender tubería para acercar el agua de las fuentes hacia centros urbanos de distribución minorista, no domiciliaria. Las aguas servidas se descargan en drenajes pluviales y arroyos directamente. Al final del periodo, inicia la universalización del servicio.	Revolución sanitaria del siglo XIX, llega con retraso a México. El agua potable no debe mezclarse con las aguas servidas ni permanecer estancada. Los tubos deben ser estancos y herméticos. Las aguas servidas deben conducirse y alejarse de las poblaciones.	
Centralización (1948-1983)	Secretaría de Recursos Hidráulicos Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado (1949) Dirección General de Operación de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado (1971) – delegaciones y jefaturas regionales Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) (1976) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (1982) Secretaría de Salubridad y Asistencia - Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente Juntas federales de agua potable Comités municipales Comités administrativos Comités rurales	En 1960 la mitad de la población es urbana; en 1980, dos terceras partes lo son. Para extender los beneficios sanitarios de los servicios, la autoridad nacional interviene directamente en la construcción y operación de obras en todo el país, en particular en las ciudades. Al crecer la proporción urbana de la población, las necesidades de inversión empiezan a rebasar la capacidad federal. Primeros intentos de tratamiento de aguas residuales. Primeros proyectos de reutilización de aguas tratadas (Monterrey) Introducción de sistemas comerciales y mecanismos de tarificación y cobro formales.	Urbanización creciente. La provisión de agua potable es un requisito para garantizar la salud pública. Las aguas residuales deben “alejarse” de los centros de población. Surge la preocupación ambiental, enfocada a reducir la carga de materia orgánica descargada en las corrientes con base en su capacidad de “autodepuración”. En los 70 se promulgan en los EEUU la “Clean Water Act” y la “Safe Drinking Water Act”.	

	Paradigmas y algoritmos*	Instrumentos	Resultados
	El servicio de agua potable es un tema local. La inversión privada apoya la extensión de líneas de conducción y venta de agua a minoristas "aguadores". La necesidad de consttruir líneas de distribución induce una reapropiación del servicio por parte de los Ayuntamientos; se considera que la provisión de agua potable debe ser gratuita. Se recurre al apoyo federal para grandes obras (presas).	Contratos de concesión a particulares que desarrollan las primeras obras de conducción entre fuentes e hidrantes. Provisión gratuita de servicios una vez retomados por los Ayuntamientos.	Cobertura y calidad del servicio poco desarrolladas. El desarrollo de sistemas de agua y saneamiento ocurrió primordialmente en cabeceras municipales.
	Es prioritario garantizar el abasto a grandes centros de población. Para el gobierno federal, en los estados no existe la capacidad de ejecutar y operar grandes obras de infraestructura; interviene en la construcción y operación directa de las obras en tanto se recupera la inversión y se desarrollan capacidades locales. Los estados pueden encargarse de ciudades menores a través de juntas estatales. El acceso a servicios de agua y saneamiento es una cuestión de inversión en obras de infraestructura.	Ley Federal de Ingeniería Sanitaria (1948) Ley de Cooperación para la Dotación de Agua Potable a los Municipios (1956) Ley Federal de Aguas (1972) Fondo de Inversiones Financieras de Agua Potable y Alcantarillado (FIFAPA), constituido en 1976 con fondos del Banco Mundial para grandes ciudades y FIFAPA 2 para ciudades medias. Acuerdos de coordinación entre gobierno federal y estados (la relación entre ambos órdenes de gobierno en los hechos era de subordinación).	Entre 1950 y 1980 el acceso al agua potable en la vivienda creció 6.55% anual; de 43% que tenían acceso domiciliario o comunitario en 1950, se incrementó a 70.67% en 1980.

Etapa	Actores	Formulación del problema	Marcos referenciales mundiales	
Municipalización (1983-1989)	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) SEDUE Juntas Estatales operadoras o coordinadoras Organismos operadores locales adscritos al gobierno estatal Organismos operadores intermunicipales	El servicio de agua potable debe ser atendido en el nivel más local pertinente, que se considera debe ser el municipal. Reforma municipal de Miguel de la Madrid. "New public management"	Se considera deseable promover la descentralización, la participación social y la inversión privada como mecanismos para hacer más eficaz y eficiente la gestión de servicios públicos.	
Modernización (1989-2006)	SARH Comisión Nacional del Agua (1989) Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1994) Juntas y Comisiones Estatales Organismos operadores estatales Organismos operadores municipales Organismos intermunicipales Concesionarios privados Reguladores (concesiones) Observatorios y consejos ciudadanos	A pesar de la descentralización, la forma de organización de los servicios es heterogénea en los estados y la calidad de los servicios se deteriora. Los organismos operadores no tienen capacidad técnica, su dirección está politizada y sus finanzas son débiles por falta de tarifas adecuadas.	Crecimiento de la participación privada en concesiones integrales de servicios. Mayor énfasis en principios de transparencia, rendición de cuentas, participación social y descentralización como mecanismos de modernización. Tránsito del saneamiento de las descargas hacia la preocupación por la preservación de los ecosistemas acuáticos. Gestión integrada de los recursos hídricos. Sustentabilidad.	

Fuentes: elaboración propia con base en (Pineda Pablos, 2002) y (Olivares, 2008)

* Se refiere a los paradigmas que parecen haber inspirado las políticas públicas en la materia.

	Paradigmas y algoritmos*	Instrumentos	Resultados
	No existen en los estados y municipios las condiciones legales y administrativas para la administración financieramente sana de los sistemas, por lo que la "entrega" de los mismos debe ser condicionada a cambios legales. La descentralización traerá consigo una adaptación y evolución de los servicios.	Acuerdo de descentralización de los sistemas de agua potable y alcantarillado, 1980. Reforma constitucional al artículo 115, en 1983. Acuerdo presidencial para transferir la construcción y administración de los sistemas hidráulicos a los gobiernos estatales, 1983.	En 1988 sólo la tercera parte de los estados había descentralizado los servicios al ámbito municipal. Entre 1980 y 1995 el acceso al agua creció en 3.8% anual y el drenaje en 6.19% anual.
	Los servicios municipales mejorarán si cuentan con autonomía, participación social en su gobierno, mecanismos de tarificación y cobro, autosuficiencia financiera y mayores capacidades. La participación del sector privado mejorará la eficiencia y atraerá recursos financieros. Los recursos presupuestales deben ser asociados a planes de largo plazo y programas de ejecución supervisados por el gobierno federal y estatales hasta que los organismos no se "consoliden".	Lineamientos para el sector de agua potable y saneamiento (1989) Ley de Aguas Nacionales (1992) Leyes estatales de agua potable y saneamiento, inducidas desde CNA. Programa Nacional de Agua Potable (1982) Programa de asistencia técnica. Planes maestros. Créditos del programa APAZU. Consorcios de ingeniería para el desarrollo de proyectos y planes.	En 1996, dos terceras partes de los estados habían descentralizado los servicios al ámbito municipal. La inversión federal en infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento ha disminuido de manera importante o se ha concentrado, en los últimos años, en proyectos de grandes dimensiones. Altos niveles de cobertura en agua y saneamiento urbanos. Sin embargo, pocas ciudades tienen servicio continuo. La mayor parte de los sistemas sigue teniendo finanzas precarias.

- Conforme el problema se ha transformado, al pasar de una cuestión de inversión en infraestructura a un problema de organización local, el marco institucional parece haber sido incapaz de adaptarse a la evolución del entorno socioeconómico y natural del subsector. Parecen persistir los paradigmas asistenciales y la asignación de presupuesto "a la demanda", lo que genera incentivos contradictorios y en cierto modo contribuye a preservar esquemas locales institucionalmente vulnerables. La interacción permanente de los tres órdenes de gobierno, que pretende responder a dicha visión asistencial, en los hechos complica y entorpece los flujos de financiamiento, el otorgamiento de permisos, el intercambio de información y el desarrollo de capacidades autónomas en los organismos.

- Llama la atención que, a diferencia de otros países, en México se ha establecido como un modelo prácticamente generalizado el de un solo organismo que se hace cargo del conjunto de responsabilidades funcionales correspondientes al abasto de agua potable y la captación y saneamiento de las aguas residuales. Incluso los sistemas intermunicipales o estatales concentran el conjunto de responsabilidades funcionales: planificación, gestión del financiamiento, construcción, operación, medición, facturación y cobro de los servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Una excepción a lo anterior es la responsabilidad de ejecución de la obra pública hidráulica y sanitaria, transferida casi en su totalidad a contratistas privados. De manera creciente se ensaya la transferencia de responsabilidades en otros ámbitos funcionales, como el proyecto, financiamiento, construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Discusión

El análisis presentado en este capítulo representa únicamente una exploración preliminar de los conceptos y elementos del análisis cognitivo de políticas públicas, aplicado al estudio de la evolución institucional del subsector del agua y saneamiento en zonas urbanas en México. El método elegido, que parte de testimonios aportados en la redacción del libro "El Agua Potable en México…" (Olivares, 2008), es claramente limitado, ya que no incorpora una colección metódica de la visión de diferentes actores para los periodos más recientes.

El contexto político es una dimensión poco estudiada en esta oportunidad, pero podría revelarse fundamental, en particular en el análisis de las condiciones que propiciaron el surgimiento de modos de organización tan diversos en todo el país (desde entidades estatales, intermunicipales, locales de índole estatal, municipales, privadas) tanto en la primera etapa de municipalización un tanto fortuita

de los años 80, en la que los condicionamientos del primer decreto no se llevaron a efecto, como en la etapa de modernización de los 90, que pretendió incorporar un marco de planificación general para fortalecer los servicios municipales. La creciente competencia entre partidos políticos en el ámbito municipal ha tenido un efecto no siempre positivo en la continuidad y profesionalización de los sistemas. Esta dimensión merece ser estudiada con mayor profundidad.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio de los acontecimientos más recientes a través de este tipo de herramientas puede resultar complejo, dado que algunos de los paradigmas no se revelan abiertamente. Pareciera ser que formalmente persisten marcos referenciales similares a los de los años 80 y 90, si bien algunos mecanismos (descentralización, participación social) comienzan a ser objeto de revisión y redimensionamiento o reubicación. Sin embargo, la relación entre la autoridad federal, las entidades federativas y las autoridades municipales sigue estando inserta en una red complicada de reglas recíprocas, interacciones poco eficientes e intercambio muchas veces tardío e imperfecto de recursos, en particular en lo relativo a la conjunción de recursos presupuestales, el intercambio de información y la coordinación para la ejecución de las acciones. La división de las responsabilidades normativas, de ejecución y de regulación no se ha podido insertar en un esquema coordinado, sino que priva la desarticulación y no pocas veces la ocurrencia de círculos viciosos en los que la aplicación de la normatividad parece bloquear la ejecución de las acciones y viceversa.

En este contexto, puede ser interesante ensayar la construcción de espacios para la interacción de los diferentes participantes mediante mecanismos que permitan a cada uno conocer y poner a prueba los supuestos que subyacen a las diferentes representaciones o marcos de interpretación de la realidad. A partir de un análisis del discurso de las autoridades federales, estatales, municipales y organizaciones de la sociedad civil, podrían configurarse las percepciones que cada parte tiene del resto, para tratar de desentrañar posibles puntos de divergencia susceptibles de ser resueltos a favor del logro de objetivos compartidos.

Para ello se requiere del surgimiento de liderazgos inclusivos y orientados a resultados, lo que implica en cierta medida el desarrollo de una sociedad demandante de información, crítica y con responsabilidades cívicas pertinentes en relación con el tema del agua.

La agenda para el análisis de las políticas públicas en la materia parece ser todavía muy amplia.

Agradecimiento

Parte de la información utilizada y de los planteamientos propuestos en este capítulo fueron desarrollados en el proceso de investigación doctoral del autor, para lo cual contó con apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México.

Referencias

Berg, Sanford (2002). "U.S. Water and Wastewater: Are There Lessons for Developing Countries." University of Florida, Department of Economics, PURC Working Paper. Disponible en http://bear.cba.ufl.edu/centers/purc/primary/berg/uswater.pdf (consultado en mayo de 2009).

Comisión Nacional del Agua (1989). "*Lineamientos del Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado*".

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Conteo General de Población y Vivienda 2005.*

Ménard, C. (2003). L'approche néo-institutionnelle: des concepts, une méthode, des résultats. Cahiers d'Economie Politique, nr. 44: 103-118.

Muller, P. (2000). «L'analyse cognitive des politiques publiques: vers une sociologie politique de l'action publique». Revue Française de Science Politique, Année 2000, Volume 50, Numéro 2, p. 189-208.

——, P. (2003). "Les Politiques Publiques", Col. "Que sais-je?". Presses Universitaires de France. 5ème édition. Paris.

Olivares, R. y Sandoval, R. (coord.) (2008). "El agua potable en México. Historia reciente, actores, procesos y propuestas". Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México. Disponible en http://www.aneas.com.mx/contenido/EL%20AGUA%20POTABLE%20EN%20MEXICO.pdf (consultado en mayo de 2010).

Pineda Pablos, Nicolás (2002). *La Política Urbana de Agua Potable en México: del centralismo y los subsidios a la municipalización, la autosuficiencia y la privatización*. Rev. Región y Sociedad, mayo-agosto de 2002, Vol. 14, Núm. 24. El Colegio de Sonora. Sonora, México.

Powell, W. & Di Maggio, P. J. (eds.) (1991). "The New Institutionalism in Organizational Analysis". The University of Chicago Press. Chicago: 478 p.

Suárez Cortés, Blanca Estela (coord.) (1998). *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, Empresas y Ayuntamientos (1840-1940)*. Programa de Historia y Antropología del Agua. Comisión Nacional del Agua, CIESAS, IMTA. Primera Edición.

Williamson, O. (1996). The Mechanisms of Governance. Oxford University Press. New York.

23. Régimen jurídico del agua continental en México: un análisis crítico

Rodrigo Gutiérrez Rivas*
Maria Silvia Emanuelli Panico**

Resumen

Este trabajo tiene dos objetivos principales. El primero es exponer un esquema general del conjunto de normas jurídicas e instituciones creadas en México para regular y gestionar aquellas aguas que han sido denominadas por la doctrina como aguas continentales. Esto es, aquellas fuentes superficiales y del subsuelo que se encuentran en la zona continental del territorio nacional y que en términos generales son aguas dulces.

El segundo objetivo del trabajo es realizar un análisis crítico de dicho régimen jurídico a través del cual se evidencia no sólo la enmarañada articulación de normas e instituciones, sino también algunas características del régimen actual que consideramos es necesario transformar. Por ejemplo, el hecho de que existan omisiones legislativas y reglamentarias inexplicables como la falta de reconocimiento y desarrollo legal del derecho humano al agua, o bien la inexistencia del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (LAN). Asimismo, el trabajo aborda, desde esa misma perspectiva crítica, la simulación del proceso de descentralización del poder de decisión en la materia hoy concentrado en el Ejecutivo Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), o bien la tímida apertura de espacios de participación ciudadana, así como la fuerte tendencia a la privatización que prevalece en algunas de las normas más importantes que regulan el líquido.

* Investigador del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Integrante del Colectivo de Estudios Críticos en Derecho-RADAR.

** Responsable de asuntos jurídicos de la Coalición Internacional para el Hábitat, Oficina Regional para América Latina (HIC-AL).

Introducción

El conjunto de normas jurídicas e instituciones creadas en México para regular y gestionar el agua conforma un entramado complejo (y confuso) de disposiciones y facultades que suele convertirse -incluso para los expertos en la materia- en un laberinto en el que resulta fácil extraviarse. Tanto en la Constitución como en los tratados internacionales, así como en las normas federales, estatales y municipales, encontramos disposiciones relativas al líquido que se relacionan de forma intrincada y que constituyen el régimen jurídico del agua en el país.

Uno de los objetivos principales de este documento es construir un esquema general y panorámico de dicho régimen, que ayude a identificar y comprender algunos de los elementos clave de la regulación de aquellas aguas que han sido denominadas por la doctrina como aguas continentales.[1] Esto es, aquellas fuentes superficiales y del subsuelo que se encuentran en la zona continental del territorio nacional y que en términos generales son aguas dulces. Aunque la distinción entre aguas saladas/marinas y aguas dulces/continentales no es tajante,[2] esta investigación se ocupará prioritariamente de aquéllas que son propicias y necesarias para el consumo humano, el mantenimiento de ecosistemas terrestres, el riego de cultivos, y que también son utilizadas para llevar a cabo actividades industriales o de generación de energía.

El segundo objetivo del trabajo es realizar un análisis crítico del régimen jurídico de estas mismas aguas, el cual evidencia no sólo la enmarañada articulación de normas e instituciones, sino también algunas características del régimen actual que consideramos que es necesario transformar. Como por ejemplo, el hecho de que existan omisiones legislativas y reglamentarias inexplicables como la falta de reconocimiento y desarrollo legal del derecho humano al agua, o bien la inexistencia del reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (LAN). Asimismo, abordaremos, desde esa misma perspectiva crítica, la simulación del proceso de descentralización del poder de decisión en la materia hoy concentrado en el Ejecutivo Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), o bien la tímida apertura de espacios de participación ciudadana, así como la fuerte tendencia a la privatización que prevalece en algunas de las normas más importantes que regulan el líquido.

En relación con la organización de la información y el análisis de los problemas arriba enunciados, el trabajo se ha construido siguiendo el orden jerárquico del sistema jurídico mexicano. Por esa razón, comenzaremos con un análisis de

[1] Nava, César (2009). *Estudios Ambientales,* México, IIJ, UNAM, p. 230.

[2] El ciclo hidrológico que atraviesa por procesos de evaporación de aguas marinas, condensación, precipitación, captura y flujo hacia los mares provoca que las aguas experimenten una permanente reconversión de agua salada a agua dulce y viceversa.

los artículos constitucionales más significativos, seguido del análisis de algunos de los más importantes tratados internacionales, para después analizar la LAN, y las normas oficiales más destacadas en la materia.

1. La Constitución

La Constitución mexicana es la norma con mayor rango jerárquico dentro del sistema jurídico nacional, y por tanto es en ella donde encontramos las bases de la organización del régimen jurídico del agua. Si bien son múltiples los artículos de esta norma, los que tienen alguna relación con los temas y problemas hídricos,[3] los más relevantes para la regulación de las aguas continentales, son los párrafos 1°, 3°, 4°, 5° y 6° del artículo 27; el artículo 73, fracción XVII, y el artículo 115, fracción III, inciso a.

1.1 Propiedad de las aguas; artículo 27 de la Constitución

El artículo 27 es de enorme importancia en tanto que en él se establece el régimen de propiedad de las aguas en México, que es un eje fundamental que cruza transversalmente muchos de los más importantes problemas y debates relacionados con el tema. Por tanto, una primera pregunta a la que interesa dar respuesta es ¿quiénes son -o pueden ser- los propietarios de las aguas en México?

Sobre esta cuestión, los párrafos 1° y 5° de dicho artículo son los que establecen la base principal de la discusión. En el primer párrafo se señala que *"La propiedad de las… aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación..."*.[4] Como puede observarse, se trata de un contundente postulado patrimonial que deriva de algunas de las reivindicaciones políticas más importantes del movimiento revolucionario de 1910.[5] Sin

[3] Como ejemplos: el artículo 2°, por lo que se refiere al uso y disfrute preferente de los pueblos indígenas sobre sus recursos naturales; el artículo 4°, que establece el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado (que incluye al agua); el artículo 42, por lo que se refiere a la definición del territorio nacional que se conforma, entre otros espacios, por zócalos submarinos y aguas de los mares territoriales, etcétera.

[4] Ello es reforzado en el párrafo 4° del mismo artículo 27, donde se establece que "Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y…".

[5] Es importante recordar cuál fue el objetivo original de este postulado, puesto que en ocasiones el paso del tiempo hace olvidar el sentido original de las disposiciones. Si recordamos que estos preceptos se construyeron en un contexto revolucionario que buscaba mejorar la distribución de tierras y aguas entre los distintos sectores de la población, es claro que el propósito de establecer esta titularidad original de la Nación (tanto de tierras como de aguas) obedeció a la estrategia posrevolucionaria de reapropiación de todos estos recursos –que habían sido acaparados

embargo, aunque *originariamente* todas las aguas son propiedad de la Nación, esta última tiene la posibilidad –como se establece en este mismo primer párrafo- de *"…transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada"*.

Para saber cuáles aguas son propiedad de la Nación y cuales no, es necesario leer el párrafo 5° del mismo artículo 27, donde se hace una enumeración detallada de las primeras.[6] Todas ellas tienen un carácter público, son inalienables e imprescriptibles[7] y los particulares no pueden adquirir la propiedad sobre las mismas. Sin embargo, esto no impide que los particulares puedan explotarlas, usarlas o aprovecharlas, aunque para hacerlo deberán solicitar una concesión a las autoridades competentes conforme a lo establecido en el párrafo 6º del propio artículo 27 y en los artículos 20 al 25 de la LAN.

Ahora bien, debido a que la lista del párrafo 5° que enuncia las aguas superficiales propiedad de la Nación tiene un carácter limitativo, aquellas aguas que no estén reconocidas en esa detallada enumeración no pueden ser consideradas aguas nacionales y, por tanto, pueden tener un carácter privado, ejidal o comunitario, propiedad del dueño (o dueños) del predio en que se encuentren.[8] Así se determina hacia el final del propio párrafo 5º, donde se señala que *"Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte inte-*

---

por hacendados durante los años de la dictadura de Porfirio Díaz-, con el objetivo de iniciar un reparto de bienes indispensables para la vida entre los campesinos desposeídos.

[6] En este párrafo se señalan todas las aguas propiedad de la Nación. Las continentales con este carácter son "…las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; las de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fije la ley".

[7] Esto queda explícitamente expresado en el párrafo 6º del artículo 27, donde se dice que "En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible…".

[8] Cossío, José Ramón (1995). "Régimen constitucional de las aguas en México", en *Revista de la Facultad de Derecho de México,* núm. 199-200, enero-abril, México, D. F., p. 98.

grante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos…". Esto ha sido reforzado por la Suprema Corte de Justicia, quien ha interpretado que "…es indudable que sólo tienen ese carácter las que lleven tales requisitos de excepción...".[9]

Conviene subrayar que hasta este momento sólo nos hemos referido a las aguas continentales superficiales. Sobre las aguas subterráneas, este mismo párrafo 5° establece una distinción que se introdujo en la Constitución a partir de una reforma aprobada el 21 de abril de 1945. Desde entonces, y hasta la fecha, en dicho párrafo se señala que *"Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés publico o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aun establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional"*.

Un primer problema que surge al respecto es que el Constituyente no especificó con detalle lo que debe entenderse por aguas del subsuelo. Esto ha generado un intenso debate, no resuelto, en torno al régimen patrimonial de dichas aguas. Consideramos que de la redacción de la primera oración del párrafo arriba transcrito ("*Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno…*") se desprende que el agua que nazca de los pozos que perforen las personas en sus terrenos son propiedad del dueño o dueños del mismo; el agua así extraída se convierte en agua cuya naturaleza puede ser privada o bien ejidal o comunitaria. Sin embargo, lo anterior no significa que el particular, los ejidos o comunidades puedan ostentar la propiedad sobre todo el acuífero. De lo que se pueden apropiar es del agua que nace en su terreno o comunidad, el manto subterráneo sigue siendo propiedad de la Nación.

Esta fórmula de explotación de las aguas subterráneas es conocida como *regla de captura,* y es la que adoptó el Constituyente en México a partir de la reforma de 1945.[10] Sin embargo, es importante destacar que esta regla de captura no es ilimitada para los propietarios privados, como lo establece la segunda oración del párrafo analizado: "…*cuando lo exija el interés publico o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización*…". Esto último guarda una relación directa con lo señalado en el párrafo 3° del mismo artículo 27, donde se señala que *"La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como*

[9] Apéndice del Semanario Judicial de la Federación 1917-1981, 2ª parte, tesis 118, 190.

[10] Tan es así que el propio Código Civil para el Distrito Federal en materia común y para toda la República en materia federal señala en su artículo 933 que "El dueño del predio en el que exista una fuente natural, o que haya perforado un pozo brotante, hecho obras de captación de aguas subterráneas o construido aljibe o presas para captar las aguas fluviales tiene derecho de disponer de esas aguas".

de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana". Se trata de un claro mandato constitucional que exige imponer límites a la propiedad privada sobre las aguas[11] para priorizar una distribución equitativa de las mismas y cuidar su conservación.[12] Es evidente que el Constituyente tuvo la intención de orientar al Estado para que éste regule los bienes naturales con el objetivo concreto de mejorar las condiciones de vida de la mayoría de las personas (beneficio social) y distribuir de forma equitativa[13] la riqueza pública.

Por lo que toca a la regulación de la propiedad y aprovechamiento de las aguas por parte de ejidos y comunidades, es necesario acudir a la fracción VII del artículo 27, donde se reconoce la personalidad jurídica de los mismos y se establece un mandato al legislador para que, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de los ejidos y comunidades, regule *"…el aprovechamiento de tierras, bosques, y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de sus pobladores"*.[14] De esta forma podemos observar

[11] Como señala Martín Díaz (2000), "La propiedad privada a la que se refiere el artículo 27 Constitucional, es un derecho permeable de rango inferior a la titularidad originaria de la nación y, por todo ello, receptivo a la imposición de las modalidades legislativas que sugiera el interés público". Díaz y Díaz, Martín (2000). "El aprovechamiento de los recursos naturales; hacia un nuevo discurso patrimonial", en *Revista de Investigaciones Jurídicas,* núm. 24, Escuela Libre de Derecho, México, p. 131.

[12] Con el objeto de cumplir con todo ello, en este mismo artículo constitucional se establece que se deberán dictar las medidas necesarias para a) ordenar asentamientos humanos; b) establecer adecuadas provisiones, usos, reservas, y destinos de tierras, aguas y bosques a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; c) preservar y restaurar el equilibrio ecológico; d) fraccionar latifundios; e) disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de ejidos y comunidades; f) desarrollar la pequeña propiedad rural; g) fomentar la agricultura, la ganadería, la silvicultura y demás actividades económicas en el medio rural, y, h) evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

[13] El principio de equidad impone la obligación a las autoridades de que realice el máximo de los esfuerzos posibles para que todas las personas por igual, pero reconociendo sus diferencias, puedan gozar de la riqueza pública. El reconocimiento de las diferencias, implícito en el principio de equidad, exige comenzar por aquellas personas y grupos que se encuentran en situación de mayor vulnerabilidad. Para una noción más compleja y amplia de la relación entre el derecho y la equidad, ver Ferrajoli, Luigi (1999). "Igualdad y diferencia", en Ferrajoli, Luigi, Derechos y garantías; la ley del más débil, Trotta, Madrid, pp. 73 y ss.

[14] Conviene destacar que el concepto utilizado en este párrafo por el Constituyente de *elevación del nivel de vida* remite al del derecho de Nivel de vida adecuado que se encuentra en el

cómo, mientras la Constitución por un lado impone límites a la propiedad privada y la somete al interés público, por otro ordena a las autoridades que emprendan acciones que fortalezcan la vida comunitaria de ejidos y comunidades, distribuyan equitativamente la riqueza y protejan los recursos naturales.

Lo anterior también se relaciona con la fracción XX del artículo 27, donde se señala que el Estado deberá promover las condiciones para el desarrollo rural integral para garantizar a la población campesina el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional. Si bien en este caso no hay un señalamiento expreso sobre la cuestión del agua, es obvio que el desarrollo rural está íntimamente ligado a las problemáticas del líquido, lo que obliga a las autoridades responsables a trazar el puente entre ambos temas.

A manera de resumen, podemos decir que sobre las aguas continentales en México existen cuatro distintas formas de propiedad: propiedad de la nación, propiedad ejidal, propiedad comunal y propiedad privada. A esta última se le pueden imponer límites y modalidades a partir de otros intereses superiores señalados por la Constitución, como son mejorar las condiciones de vida de la mayoría de las personas, proteger el medio ambiente o distribuir de forma equitativa la riqueza pública.

1.2 Competencia para regular las aguas nacionales; artículo 73, fracción XVII, de la Constitución

Expuestos los distintos tipos de propiedad sobre las aguas, y si partimos del hecho de que la mayoría de las fuentes hídricas son propiedad nacional (definidas en el párrafo 5° del artículo 27), la siguiente pregunta que interesa responder es ¿a cuáles autoridades corresponde regular la explotación, uso, aprovechamiento de dichas aguas, así como la preservación de su cantidad y calidad?

Para comenzar a dar respuesta a esta segunda cuestión, primero conviene recordar que el Estado mexicano está organizado, política y administrativamente, bajo la lógica de un esquema federal, en el que conviven de forma compleja distintos órdenes de gobierno. Como se sabe, el federalismo nace como resultado de los esfuerzos que a lo largo de la historia se han hecho por distribuir el poder político. Su aparición como fórmula de gobierno en el ámbito de la teoría política deriva de la búsqueda por construir sistemas políticos en los que puedan encontrar equilibrio los poderes centrales y los poderes locales. Se trata de un proyecto de organización político-territorial que lucha contra la concentración del poder público en manos del centro, y cuyo ejercicio pueda traducirse en un

artículo 11.1 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC), y que es el que ha aprovechado el Comité del Pacto para construir el contenido del derecho humano al agua.

sometimiento de las localidades. Aun cuando la mayoría de los sistemas federales se basan en la conformación de una entidad política superior (Federación), el objetivo principal del sistema es que dicha entidad no destruya la autonomía local.[15] Es por eso que, desde el ámbito de la teoría, se ha insistido en que la concurrencia de facultades para la administración de lo público es consustancial al modelo federal. La regla general en el interior de este tipo de sistemas debería ser la asignación de facultades, al mismo tiempo y sobre una misma materia, en favor de dos o más entidades públicas (federación, estados, municipios).[16]

Sin embargo, en México, en la materia de aguas continentales, esto no ocurre así. Aun cuando autoridades federales, estatales y municipales intervienen de alguna forma u otra en la gestión, vigilancia y distribución del agua, esto no sucede a través de un esquema de facultades concurrentes. En México, de forma contraria a la lógica del sistema federal, lo que tenemos como regla general para la gestión de la mayor parte de las aguas, incluidas las continentales, es un modelo centralista que ha concentrado la mayoría de las decisiones en materia hídrica en manos del Ejecutivo Federal. La siguiente pregunta a la que interesa dar respuesta es ¿dónde se encuentra el fundamento constitucional o legal para que ello haya sido determinado así?

Por un lado, ha sido argumentado por ciertos sectores de la doctrina que el fundamento deriva del hecho de que todos aquellos bienes considerados propiedad de la nación deberán ser gestionados por la Federación. Se trata de una argumentación en la que se realiza una suerte de equivalencia entre nación y federación, siendo la segunda la entidad política representante de la primera.[17]

---

[15] Un análisis jurídico comparado de distintos sistemas federales en el mundo se encuentra en Serna de la Garza, José María (2008). *El sistema federal mexicano. Un análisis jurídico,* IIJ, UNAM, México.

[16] Como lo destaca Barragán (2006), "…resulta útil intentar replantear el problema relativo al tema de la concurrencia de facultades: esta tiene que verse como algo natural el Estado federal, como su razón de ser, como la regla general. Mientras que las prohibiciones, sean a favor de la Federación o de los estados, deberán verse como la excepción a la regla general". Barragán, José (2006). "Concurrencia de facultades en materia de medio ambiente entre la Federación y los estados", en María del Carmen Carmona y Hernández, Lourdes, *Temas Selectos de Derecho Ambiental,* México, IIJ, UNAM, p. 7.

[17] Como ejemplo de esta interpretación constitucional, valgan las palabras de Carmen Carmona (2007): "El esquema de competencias en la Ley de Aguas Nacionales no es del todo claro. Por ello para establecer el régimen de distribución se debe de tomar como principio la existencia de facultades exclusivas de la Federación en virtud de que es quien representa a la nación como propietaria de las aguas nacionales". Carmona, María del Carmen (2007). "El sistema de concurrencia y la distribución de competencias en las reformas a la ley de aguas nacionales", en Fernández, Jorge y Santiago Javier, *Régimen Jurídico del agua,* México, IIJ, UNAM, p. 127.

En la misma dirección de esta posición teórica, se dictaron numerosas ejecutorias de tribunales federales y de la Suprema Corte que reforzaron esta interpretación centralista del artículo 27 constitucional.[18]

Sin embargo, existe otro sector de la doctrina que considera lo contrario. Valga como ejemplo la posición de Barragán, quien al referirse al texto constitucional señala que "También es verdad que existen otra clase de enunciados en los que la concurrencia de facultades proviene a partir de la asignación que se haga a favor de la Nación… Todas las materias, comprendidas dentro de la propiedad originaria de la Nación y del mar patrimonial, salvo que exista una prohibición expresa para los estados, o exista una reserva exclusiva a favor de la Federación, se entenderá que son materias en las que debe permitirse la concurrencia de facultades".[19]

Desde esta posición teórica se busca acabar con la equivalencia entre nación y federación, y durante los últimos años es la que ha ido prevaleciendo en la Suprema Corte, lo que contribuye a fortalecer el proyecto de un federalismo cooperativo en México.[20]

En cualquier caso, independientemente de las interpretaciones teóricas o jurisprudenciales que se hagan de la relación entre federación y nación, la salida por la que se ha optado en México en el tema de aguas nacionales es la de establecer que sea el Ejecutivo Federal quien tenga un papel predominante en la gestión de las mismas. El camino para llegar a ello no parte del artículo 27 constitucional, sino del artículo 73, fracción XVII. En este último se faculta al Congreso de la Unión para expedir leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal. A partir de esa atribución, el Congreso estableció en el artículo 4° de la LAN que "la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal quien la ejercerá directamente o a través de la Comisión". A continuación, en el artículo 5° de la misma ley, el legislador estableció que "para el cumplimiento y aplicación de esta ley, el Ejecutivo Federal promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos

[18] Por ejemplo, la tesis aislada de la Segunda Sala de la Suprema Corte con número de registro 334400 en la que se señaló que "…por tanto, de aceptar que cualquier vaso o depósito de agua permanente, queda comprendido en la enumeración respectiva, que de las aguas nacionales hace el artículo 27 constitucional, se llegaría a la conclusión de que habría que considerar como de jurisdicción federal…", en *Semanario Judicial de la Federación,* Quinta Época, tomo XLVIII, junio de 1936, Tesis Aislada, p. 3179.

[19] Barragán, José (2006). "Concurrencia de facultades en materia de medio ambiente…" *Op. Cit.* p. 7.

[20] Díaz y Díaz, Martín (2000). "El aprovechamiento de los recursos naturales..." *Op. Cit.* p. 139.

de los estados y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones".

A partir de lo anterior, podemos decir que en México todas las aguas catalogadas propiedad de la Nación (que son la mayoría) son gestionadas con base en un modelo de organización fuertemente centralizado, apenas matizado por una *invitación* o *sugerencia* que se hace desde la LAN hacia el Ejecutivo Federal para que este último coordine acciones con los gobiernos de los estados y los municipios. Insistimos, no se trata de un régimen de competencias concurrentes, sino de un régimen de coordinación administrativa con un carácter fuertemente centralizado en el Ejecutivo Federal que se ejerce a través de la CONAGUA.

1.3 Competencia para distribuir el agua potable; artículo 115 constitucional

Por lo que se refiere, no digamos ya a las cuestiones de aprovechamiento y control, sino al tema de la distribución del agua potable, es importante señalar que la fracción III del artículo 115 constitucional, a partir de su reforma de 1983, establece que es obligación de los municipios prestar el servicio de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de las aguas residuales. Dicha disposición a la letra dice:

Artículo 115

III. Los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

a) agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales;…

Cuando se llevó a cabo esta reforma, se expuso que obedecía a la intención del Gobierno Federal de descentralizar la función de distribución del recurso para poder brindar un mejor servicio a los ciudadanos. No es absurdo pensar que para la propia ciudadanía es más conveniente que un servicio de esta naturaleza lo administren los órganos de gobierno que están más cerca de la gente. Sin duda, los esfuerzos de descentralización pueden reportar beneficios para la población, entre otras razones, porque ésta puede ejercer un mejor control de los órganos que les son más accesibles. Para una comunidad rural debería ser más sencillo gestionar el servicio de agua frente a un ente municipal que ante uno federal.

El problema es que los probables motivos que estuvieron detrás de esta reforma constitucional parecen haber obedecido, en mayor medida, a la intención del Gobierno Federal de ceder responsabilidades costosas a otras esferas de gobierno en un contexto de crisis económica y fuerte endeudamiento, que a una verdadera intención descentralizadora. El conflicto que se vive hoy en los municipios, pro-

ducto de esta modificación, es que se les transfirió la responsabilidad de prestar los servicios arriba mencionados, pero no los recursos económicos suficientes para poder hacerse cargo de ellos. El resultado es que muchos municipios en el país se han declarado imposibilitados para cumplir con sus funciones y, por tanto, están teniendo que cederlas a organismos privados para que éstos se hagan cargo de las mismas. Hoy existen muchos organismos operadores del servicio de agua en el país que pertenecen a la iniciativa privada. De hecho, el mismo presupuesto de egresos de la federación del ejercicio 2007[21] señala, en el segundo párrafo de la fracción III del artículo 35, que los organismos operadores de agua *deberán* "preparar, seleccionar y contratar la modalidad de participación de la iniciativa privada".

El impacto que lo anterior está teniendo sobre comunidades y personas parece ser negativo, puesto que las empresas privadas actúan conforme a las leyes del mercado y por tanto distribuyen el agua en las regiones en las que es negocio hacerlo. Aquellas comunidades pequeñas y alejadas donde muchas personas viven en situación de pobreza y por tanto no pueden pagar la elevación de los costos y tarifas por servicio de distribución, se ven directamente afectadas en el acceso al recurso. Ésta es otra de las razones por las que se ha insistido en la necesidad de constitucionalizar el derecho humano al agua. Esto obligaría al Estado a tener que encargarse ya sea de garantizar el acceso al agua de estas comunidades rurales, o bien de vigilar a los particulares que presten el servicio para evitar que se genere una distribución inequitativa y discriminatoria de este bien

1.4 Derecho humano al agua

Antes de cerrar el apartado de la Constitución, es importante señalar que si bien es cierto que en el texto actual de dicha norma no existe un artículo en el que podamos encontrar un fraseo explícito que reconozca el derecho humano al agua,[22] sí podemos encontrar en ella elementos que nos permiten decir que ese derecho se encuentra implícitamente reconocido en ella. En primer lugar, porque el derecho al agua guarda una relación estrecha de interdependencia[23] con otros derechos reconocidos en la Constitución mexicana, como puede ser la salud, la

[21] Publicado en el DOF del 28 de diciembre de 2006 y con fe de erratas del 17 de enero de 2007.

[22] Para mayor precisión sobre el contenido de este derecho, ver Gutiérrez, Rodrigo (2008). "El derecho fundamental al agua: un instrumento de protección para las personas y los ecosistemas", en *Revista Cuestiones Constitucionales,* México, IIJ, UNAM.

[23] Esta relación de dependencia que existe entre los derechos ha sido reconocida jurídicamente en el derecho internacional a través de la noción de *interdependencia* que se encuentra establecida en el punto 13 de la Declaración de Teherán (1968), y reiterada en el punto 5 de la Declaración de Derechos Humanos de Viena (1993).

vivienda o el medio ambiente (establecidos en el artículo 4°), que son de imposible ejercicio sin el agua.[24] En segundo lugar, porque en diversos artículos de la Constitución (2º, 4° y 27) se establecen obligaciones hacia los poderes públicos que están relacionadas con el contenido mínimo esencial de ese derecho (cuando menos en el caso de los pueblos indígenas y los niños y niñas).[25] Además porque dicho derecho ha sido reconocido en múltiples instrumentos internacionales firmados por el Ejecutivo Federal y ratificados por el Senado.

Habría que decir también que este compromiso constitucional con las personas en el país no es ajeno a la Constitución de 1917, todo lo contrario. En el texto original de 1917 se estableció que "Los núcleos de población que carezcan de tierras y aguas o no las tengan en cantidad suficiente para las necesidades de su población tendrán *derecho* a que se les dote de ellas…". Se trata, como puede apreciarse, del reconocimiento inequívoco de los derechos al agua y a la tierra. Si bien desde la teoría contemporánea de los derechos fundamentales esta redacción no es la más ortodoxa, lo que importa destacar es que por un periodo largo de tiempo existió el derecho al agua en nuestra historia constitucional. Sin embargo, a partir de la reforma del 6 de enero de 1992, muy próxima a la fecha en la que se promulgó la LAN, esta redacción dejó de existir. En cualquier caso, lo que interesa destacar es que para nuestra Constitución no sería en lo absoluto una novedad reconocer el acceso al agua como un derecho.

---

[24] Así ha sido reconocido en el derecho internacional a través de las Observaciones Generales aprobadas por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Comité DESC). De acuerdo con la Observación general Nº 4 (Vivienda adecuada), para poder determinar si una vivienda cumple con el concepto de adecuación es necesario que ésta cuente con "…ciertos servicios indispensables para la salud, la seguridad, la comodidad y la nutrición. Todos los beneficiarios del derecho a una vivienda adecuada deberían tener acceso permanente a recursos naturales y comunes, *a agua potable*…". En relación con el derecho a la salud, la Observación general Nº 14, en su párrafo 4, establece, respecto al PIDESC, que "…la referencia que en el párrafo 1 del artículo 12 del Pacto se hace 'al más alto nivel posible de salud física y mental' no se limita al derecho a la atención de la salud. Por el contrario, el historial de la elaboración y la redacción expresa del párrafo 2 del artículo 12 reconoce que el derecho a la salud abarca una amplia gama de factores socioeconómicos que promueven las condiciones merced a las cuales las personas pueden llevar una vida sana, y hace ese derecho extensivo a los factores determinantes básicos de la salud, como la alimentación y la nutrición, la vivienda, *el acceso a agua limpia potable* y a condiciones sanitarias adecuadas…". El énfasis es nuestro.

[25] Lo anterior no debería ser impedimento para que los ciudadanos puedan exigirlo y las autoridades, protegerlo y cumplirlo. De hecho, en situación muy similar se encuentra el derecho a la vida, el cual, al no estar reconocido de forma expresa en ningún artículo constitucional, ha sido configurado a través de la interpretación de la Suprema Corte, que ha señalado que está implícitamente reconocido.

2. Tratados internacionales en materia de agua

México ha firmado múltiples tratados internacionales relativos a las problemáticas del agua. Algunos de ellos han sido de carácter bilateral y otros de carácter multilateral. Los primeros están más vinculados a la solución de problemas transfronterizos, como los que se han celebrado con Estados Unidos, Belice y Guatemala;[26] los segundos se relacionan con los esfuerzos de protección internacional de los recursos hídricos y ecológicos, o bien con el respeto y la garantía de los derechos humanos y en especial con el derecho humano al agua. Por la importancia que este derecho ha ido adquiriendo en los últimos años dentro del sistema jurídico mexicano debido a la firma de múltiples tratados internacionales que lo consagran, centraremos nuestra atención en este tema y en los tratados más importantes que establecen este derecho.

2.1 Tratados internacionales en materia de derecho humano al agua

Desde hace ya muchos años se comenzó a incorporar en diversos documentos internacionales (declaraciones, convenciones, pactos, tratados, etcétera) el tema del agua como un elemento indispensable para la realización y protección de otros derechos. Dichos documentos han abordado la problemática mundial del recurso desde diversos puntos de vista –el acceso al agua como necesidad vital, la visión ecologista que se ocupa del agua como recurso natural–, una gran parte de ellos encaminados a la construcción y evolución del derecho humano al agua.

- Aquí sólo nos referiremos a cuatro de estos documentos,[27] por ser los que se refieren de manera más explícita y completa al derecho humano al agua.

[26] Ver el capítulo relativo a todos ellos en Domínguez Alonso, Alma Patricia (2010). *La organización administrativa de las aguas continentales en México. Un estudio comparado desde el derecho español*, IIJ, UNAM, México, p.165 y ss.

[27] Otros documentos que de manera implícita o explícita hacen referencia al derecho humano al agua son (en orden de tiempo): la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948; el Convenio de Ginebra relativo al trato debido a los prisioneros de guerra y el Convenio de Ginebra relativo a la protección debida a las personas civiles en tiempo de guerra, ambos de 1949; la Carta Europea del Agua de 1961; la Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial de 1965; el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos de 1966; la Convención Americana sobre Derechos Humanos de San José de Costa Rica de 1969; la Declaración de Estocolmo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de 1972; el Plan de Acción de Mar del Plata de 1977 producto de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Agua; el Protocolo Adicional a los dos Convenios de Ginebra de 1940 relativo a la protección de las víctimas de los conflictos armados internacionales

- Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer[28] de 1979:

Artículo 14.

1. Los Estados Partes tendrán en cuenta los problemas especiales a que hace frente la mujer rural y el importante papel que desempeña en la supervivencia económica de su familia, incluido su trabajo en los sectores no monetarios de la economía, y tomarán todas las medidas apropiadas para asegurar la aplicación de las disposiciones de la presente Convención a la mujer en las zonas rurales.
2. Los Estados Partes adoptarán todas las medidas apropiadas para eliminar la discriminación contra la mujer en las zonas rurales a fin de asegurar, en condiciones de igualdad entre hombres y mujeres, su participación en el desarrollo rural y en sus beneficios, y en particular le asegurarán el derecho a:

   h) Gozar de condiciones de vida adecuadas, particularmente en las esferas de la vivienda, los servicios sanitarios, la electricidad y el *abastecimiento de agua*, el transporte y las comunicaciones.

- Convención sobre los Derechos del Niño[29] de 1989:

---

y el Protocolo adicional a los dos Convenio de Ginebra de 1949 relativo a la protección de las víctimas de los conflictos armados sin carácter internacional, ambos de 1977; el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes de 1989; la Carta Africana sobre los Derechos y el Bienestar del Niño de 1990; la Consultación mundial sobre el abastecimiento de agua potable y el saneamiento ambiental para los años de 1990 que se llevó a cabo en Nueva Delhi, India, en 1990; la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que se llevó a cabo en Río de Janeiro, Brasil, en 1992; la Agenda 21 de 1992, que se compone de una lista elaborada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre los asuntos más importantes por resolver en el siglo XXI; el Convenio sobre la Diversidad Biológica de 1992; la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible de 1992; los Principios de la Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo que se llevó a cabo en El Cairo, Egipto, en 1994; el Programa Hábitat II de la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos de Estambul, Turquía, de 1996; la Declaración de la Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible de 1998 conocida como Declaración de París; el Estatuto de Roma de la Corte Penal Internacional de 1998; la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas de 2000.

[28] Esta Convención fue ratificada por México el 18 de diciembre de 1980 mediante el decreto publicado en el DOF del 9 de enero de 1981. El inicio de la vinculación es del 23 de marzo de 1981. En http://www.hchr.org.mx/documentos/CEDAW%20Final.pdf

[29] Esta Convención fue ratificada por México el 19 de junio de 1990 mediante el decreto publicado en el DOF del 31 de julio de 1990. El inicio de la vinculación es del 21 de septiembre

Artículo 24.

1. Los Estados Partes reconocen el derecho del niño al disfrute del más alto nivel posible de salud y a servicios para el tratamiento de las enfermedades y la rehabilitación de la salud. Los Estados Partes se esforzarán por asegurar que ningún niño sea privado de su derecho al disfrute de esos servicios sanitarios.
2. Los Estados Partes asegurarán la plena aplicación de este derecho y, en particular, adoptarán las medidas apropiadas para:

   a) Reducir la mortalidad infantil y en la niñez;

   b) Asegurar la prestación de la asistencia médica y la atención sanitaria que sean necesarias a todos los niños, haciendo hincapié en el desarrollo de la atención primaria de salud;

   c) Combatir las enfermedades y la malnutrición en el marco de la atención primaria de la salud mediante, entre otras cosas, la aplicación de la tecnología disponible y el suministro de alimentos nutritivos adecuados y *agua potable salubre*, teniendo en cuenta los peligros y riesgos de contaminación del medio ambiente.

- Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC)[30] de 2002

Aunque el derecho humano al agua no está explícitamente reconocido en el PIDESC, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas (CDESC) ha considerado en su Observación general Nº 15[31] que este derecho se encuentra reconocido en el párrafo 1 del artículo 11.[32] El derecho al agua también está indisolublemente asociado al derecho al más alto nivel posible de salud (párr. 1 del art. 12)[33] y al derecho a una vivienda y una alimentación adecuadas (párr. 1 del art. 11).[34] Además, el mismo Comité

---

de 1990. En http://www2.ohchr.org/spanish/law/crc.htm

[30] Ratificado por el Senado de la República el 18 de diciembre de 1980 y comenzó a ser vinculante para el país a partir del 23 de marzo de 1981. En http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G03/402/32/PDF/G0340232.pdf?openElemennt

[31] Documento E/C.12/2002/11.noviembre de 2002

[32] Párrafos 5 y 32 de la OG Nº 6 (1995) del Comité, relativa a los derechos económicos, sociales y culturales de las personas mayores.

[33] OG Nº 14 (2000) sobre el derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud, párrafos 11, 12 a), b) y d), 15, 34, 36, 40, 43 y 51.

[34] Apartado b) del párrafo 8 de la OG Nº 4 (1991). Ver también el *Informe del Relator Especial de la Comisión de Derechos Humanos sobre una vivienda adecuada como parte del derecho a*

ha dedicado a la interpretación del derecho al agua la Observación general[35] Nº 15 al PIDESC:[36] en este documento el derecho al agua es definido como el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico.

Considera el Comité que este derecho se encuadra con toda claridad en la categoría de las garantías indispensables para asegurar un nivel de vida adecuado porque es una condición necesaria para la supervivencia. Y aunque en la OG Nº 15 se señala que en la asignación del agua debe concederse prioridad al derecho de utilizarla para fines personales y domésticos, y a los recursos hídricos necesarios para evitar el hambre y las enfermedades, así como para cumplir las obligaciones fundamentales que entraña cada uno de los derechos del Pacto, también se indica que los Estados deben reconocer que se trata de un bien que es indispensable para el ejercicio de otros derechos como el de alimentación y vivienda adecuadas, higiene ambiental, salud, derecho a ganarse la vida mediante un trabajo, derecho a disfrutar determinadas prácticas culturales.

En su párrafo 7, la OG Nº 15 indica también: "El Comité señala la importancia de garantizar un acceso sostenible a los recursos hídricos con fines agrícolas para el ejercicio del derecho a una alimentación adecuada. Debe hacerse lo posible para asegurar que los agricultores desfavorecidos y marginados, en particular las mujeres, tengan un acceso equitativo al agua y a los sistemas de gestión del agua, incluidas las técnicas sostenibles de recogida del agua de lluvia y de irrigación. Tomando nota de la obligación establecida en el párrafo 2 del artículo 1 del Pacto, que dispone que no podrá privarse a un pueblo 'de sus propios medios de subsistencia', los Estados Partes deberían garantizar un acceso suficiente al agua para la agricultura de subsistencia y para asegurar la subsistencia de los pueblos indígenas".[37]

---

un nivel de vida adecuado, de Miloon Kothari (E/CN.4/2002/59), presentado de conformidad con la resolución 2001/28 de la Comisión del 20 de abril de 2001. En relación con el derecho a una alimentación adecuada, ver el *Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación*, de Jean Ziegler (E/CN.4/2002/58), presentado de conformidad con la resolución 2001/25 de la Comisión del 20 de abril de 2001.

[35] Las Observaciones Generales son interpretaciones del Comité DESC sobre el contenido del PIDESC y por lo tanto contribuyen a delimitar el alcance de los artículos del mismo. Ya han empezado a operar como fuente de interpretación autorizada para su aplicación interna por parte de los poderes públicos estatales.

[36] En http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G03/402/32/PDF/G0340232.pdf?OpenElement

[37] Ver también la Declaración de entendimiento que acompañaba la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación (A/51/869, del 11 de abril de 1997), que establecía que, al determinar las necesidades humanas esenciales en caso de conflicto armado, "se ha de prestar especial atención

Debido a que lo que resulta adecuado para el ejercicio del derecho puede variar en función de distintas condiciones que existan en cada región, se indican cinco factores que se deben aplicar en cualquier circunstancia.

1. Disponibilidad. Esto significa que el suministro de agua para cada persona debe ser continuo[38] y suficiente para el uso personal y doméstico.
2. Calidad. El agua debe estar libre de agentes que puedan ser dañinos para la salud: microorganismos y sustancias químicas o radioactivas. Debido a que en el mundo, y especialmente en los países menos desarrollados, un porcentaje alto de las enfermedades se transmite a través del agua, el Comité se ha preocupado por establecer que el recurso al que puedan tener acceso las personas debe ser salubre con un color, olor y sabor aceptables. Para la elaboración de normas nacionales que aseguren la inocuidad del agua, el Comité remite a las *Guías para la calidad del agua potable* emitidas por la Organización Mundial de la Salud.
3. Accesibilidad física. Tener derecho al agua supone que las instalaciones y servicios de agua deben estar al alcance físico de todos los sectores de la población. En cada hogar,[39] institución educativa o lugar de trabajo debe haber un suministro de agua o por lo menos la posibilidad de tener acceso a alguno que esté en sus cercanías inmediatas.
4. Asequibilidad o accesibilidad económica. El agua y los servicios e instalaciones que permitan acceder a ella deben ser asequibles en relación con el ingreso de las personas. El Comité establece que los costos asociados con el abastecimiento del agua no deben comprometer la capacidad de las personas para acceder a otros bienes esenciales como salud, educación, vivienda u otros derechos.
5. No discriminación. Con base en el concepto de la no discriminación, el Comité establece que el agua salubre y los servicios deben estar al alcance físico y económico de todas las personas y especialmente de los sectores más vulnerables y marginados de la población sin discriminación alguna por cualquiera de los motivos prohibidos (raza, color, sexo, edad, idioma, religión, opinión política o de otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento, discapacidad física o mental, estado de salud -incluido el VIH/

al suministro suficiente de agua para sostener la vida humana, incluidas el agua potable y el agua necesaria para la producción de alimentos a fin de impedir la hambruna".

[38] "Continuo" significa que la periodicidad del suministro de agua es suficiente para los usos personales y domésticos.

[39] El hogar puede ser tanto vivienda permanente o simplemente un lugar de alojamiento provisional.

SIDA-, orientación sexual, estado civil o cualquier otra condición política, social o de otro tipo que pretenda o tenga por efecto anular o menoscabar el igual disfrute o el ejercicio del derecho al agua).

Es muy importante subrayar que conforme a lo establecido por el artículo 133 de nuestra Constitución, todos los Tratados y Convenciones Internacionales firmados por el Presidente de la República y ratificados por el Senado se convierten en parte del ordenamiento jurídico interno mexicano. Y lo hacen al más alto nivel en la escala jerárquica de las leyes. A partir de la interpretación más reciente que la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) ha ido haciendo de este artículo,[40] hoy, en México, los Tratados Internacionales se encuentran sólo por debajo de la Constitución y por encima de todas las demás normas, incluidas todas las leyes secundarias creadas por el Congreso de la Unión, así como los reglamentos emitidos por el Poder Ejecutivo o los demás actos que éste produzca.

- Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas sobre el Derecho Humano al Agua y el Saneamiento.[41]

En fecha muy reciente, el pasado 26 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU), en su sexagésimo cuarto periodo de sesiones y recordando diversas resoluciones de ese mismo órgano así como tratados y convenios internacionales, declaró el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos. Se trata de un documento internacional de la mayor relevancia a través del cual la Asamblea General de la ONU reafirma su posición sobre este importante derecho y exhorta a los Estados y las organizaciones internacionales a que "proporcionen recursos financieros y propicien el aumento de la capacidad y la transferencia de tecnología por medio de la asistencia y la cooperación internacionales, en particular a los países en desarrollo, a fin de intensificar los esfuerzos por proporcionar a toda la población un acceso económico al agua potable y el saneamiento."[42]

---

[40] La primera interpretación en este sentido se realizó en la resolución de un amparo promovido por el Sindicato Nacional de Controladores Aéreos (amparo 1475/98). De esta resolución deriva la tesis 192,867 cuyo título es "TRATADOS INTERNACIONALES. SE UBICAN JERÁRQUICAMENTE POR ENCIMA DE LAS LEYES FEDERALES Y EN UN SEGUNDO PLANO RESPECTO DE LA CONSTITUCIÓN FEDERAL". *Seminario Judicial de la Federación y su Gaceta,* tomo X, noviembre de 1999, novena época, pleno, tesis P. LXXVII/99, p. 46. A partir de esta interpretación, la Corte ha continuado manteniendo el criterio es resoluciones más recientes.

[41] A/64/L. 63/Rev. 1

[42] A/64/L. 63/Rev. 1, p. 3

3. Principales leyes y normas que regulan el agua en México

Al ser el agua un recurso tan importante para la vida de las personas, así como para los ecosistemas con los que compartimos el planeta y para el desarrollo de diversas actividades humanas, ésta se encuentra regulada por una cantidad muy importante de leyes federales o generales expedidas por el Congreso de la Unión;[43] por las leyes estatales en materia de agua promulgadas por los Congresos Estatales de cada uno de los estados de la República; por los reglamentos de los organismos operadores de los municipios, y por un conjunto amplio de Normas Oficiales que precisan aspectos técnicos para la gestión y vigilancia de los recursos hídricos.

La relación compleja que se establece entre todas estas normas crea un universo jurídico de muy difícil comprensión para todos los interesados en la materia –incluidos los expertos y operadores jurídicos–, lo que dificulta identificar las disposiciones aplicables en cada caso y a la vez deteriora el principio de seguridad jurídica. En este apartado haremos una breve descripción de los aspectos más importantes de este conjunto normativo y centraremos nuestro análisis crítico en la LAN.

3.1 Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Como ya se ha destacado en párrafos superiores, la ley más importante en México en materia de aguas continentales es la LAN. Se trata del principal instrumento jurídico que regula en México la explotación, el uso o aprovechamiento de las aguas, así como su distribución y control.

Esta ley tiene sus antecedentes principales en las siguientes leyes: Ley Federal de Irrigación de 1926; Ley de Aguas Propiedad de la Nación de 1929; Ley de Aguas de Propiedad Nacional de 1934; Ley de Riegos de 1946; Ley Reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 Constitucional en materia de aguas del subsuelo de 1956 y Ley Federal de Aguas de 1972. La LAN se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1º de diciembre de 1992, y en el 2004 fue objeto de una amplia reforma que modificó 114 de sus artículos y adicionó 66, a la vez que transformó varios de sus títulos y capítulos. Se trata de una norma cuya técnica legislativa es cuestionable que relaciona de forma entreverada a las distintas entidades que gestionan el agua así como los distintos usos de la mis-

[43] Algunas de las más importantes son las siguientes: Ley General de Salud, Ley de Contribución de Mejoras para Obras Publicas Federales de Infraestructura Hidráulica, Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley General de Desarrollo Social, Ley Agraria, Ley de Desarrollo Rural Sustentable, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley Minera, Ley Federal de Derechos, Ley General de Bienes, Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

ma. Esto hace que la principal ley en la materia sea de muy difícil comprensión para la ciudadanía y que por ello abra amplios márgenes para la discrecionalidad administrativa e incluso para la corrupción. Además, a la fecha, el reglamento ejecutivo no ha sido modificado para adecuarse a la reforma que se realizó a la Ley en 2004,[44] lo que dificulta comprender como está operando en los hechos y quiénes y cómo se están tomando las decisiones en la materia.

3.1.1 Gestión por cuencas, ¿un diseño para la descentralización?

Quizá la transformación estructural más importante del régimen jurídico del agua en México sea la administración de los recursos hídricos por cuenca hidrológica. La cuenca es una unidad de territorio, diferenciada de otras unidades, delimitada por una línea poligonal que se traza desde los puntos geográficos más elevados contenidos en dicha unidad. Se trata de la delimitación de un espacio geográfico donde el agua se almacena o fluye hasta un punto de salida.

A partir de la reforma de 2004, por cada cuenca constituida debe crearse un Organismo de Cuenca, que es el órgano de administración de la misma (LAN, capítulo III Bis). La gestión por cuencas se impulsó con base en un discurso de descentralización administrativa, cuyo supuesto objetivo era el de distribuir la toma de decisiones entre distintos entes de derecho público para fortalecer las capacidades locales de gestión. Todo ello con el objeto de aumentar la eficiencia administrativa de todo el gobierno y así mejorar la gestión y el aprovechamiento del recurso.

Descentralizar significa transferir, de un orden de gobierno a otro, poderes de decisión, responsabilidades y también recursos, con la intención de construir órganos autónomos con mínima sujeción a poderes superiores. Sin embargo, como ya lo han señalado otros autores, la ley mantiene, e incluso fortalece, la centralización de las decisiones en la CONAGUA con la construcción de un esquema de gestión del agua más cercano a la desconcentración administrativa que a la de una verdadera descentralización. Si bien es cierto que en la fracción X del artículo 12 de la ley se señala que se verificará y apoyará el cumplimiento del carácter autónomo de los Organismos de Cuenca, en los artículos siguientes se establece que el director del Organismo de Cuenca quedará subordinado al Director General de la CONAGUA (art. 12 bis 2); asimismo que será nombrado por el Consejo Técnico de la CONAGUA (art. 12 bis 2); los recursos también serán determinados por la CONAGUA (art. 12 bis 5), y las atribuciones de todo

[44] El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales se creó en 1992 y fue modificado en 1997 y en 2002; sin embargo, después de 2004, año en el que la Ley de Aguas Nacionales sufrió una muy relevante transformación, el reglamento no ha sido adaptado a la reforma.

el Organismo se ejercerán conforme a los lineamientos que expida la misma (art. 12 bis 6).

Todas estas normas cancelan cualquier posibilidad real de autonomía y convierten en los hechos a estos Organismos en entes desconcentrados adscritos a la CONAGUA, para que ésta ejerza sus funciones y gestione los recursos hídricos en el país de manera centralizada, aunque esto no se señale de forma explícita en la ley.[45]

3.1.2 Aparente participación y descentralización equívoca

Otro de los argumentos que se esgrimió como parte de la reorganización de la gestión del agua con base en el modelo de cuencas fue el de una mayor participación de los distintos sectores y actores involucrados en la materia. Por esta razón se crearon los Consejos Consultivos de cada uno de los organismos de Cuenca. Dichos Consejos están integrados por representantes de diversas Secretarías de Estado, por un representante de cada estado comprendido en el ámbito competencial de la cuenca, por un representante de cada municipio y por un representante de los usuarios. Estos últimos tienen voz pero no tienen voto. En teoría, estos Consejos son las instancias de coordinación entre la autoridad del agua, otras instancias de gobierno, y los representantes de usuarios y organizaciones de la sociedad. El problema es que la función de estos Consejos es sólo de consulta; carecen de atribuciones ejecutivas, y sus acuerdos no son obligatorios en sí mismos sino hasta que la autoridad central los haga suyos. Todo ello diluye la posibilidad de que exista una auténtica representación de los distintos actores en los espacios de toma de decisiones.

3.1.3 Tendencia a la privatización

Otro aspecto que resulta muy preocupante de la ley de 1992 y su posterior reforma de 2004 es la fuerte inclinación que muestra hacia la privatización y mercantilización de los recursos hídricos. Como se señaló, existen dos antecedentes de la LAN: la Ley Federal de Irrigación y la Ley Federal de Aguas. La primera consideraba al agua como bien comunal y la segunda como bien nacional. Ambas privilegiaban la inversión pública en la materia, y la privatización del recurso no era tema de debate.

---

[45] Para mayor profundidad sobre la crítica a la descentralización de la gestión del agua en México ver Sánchez Meza, Juan Jaime (2008). *El mito de la gestión descentralizada del agua en México,* IIJ, UNAM, México. Domínguez Alonso, Alma Patricia (2008). *La administración hidráulica española e iberoamericana*, IEA, Murcia, pp. 367-432.

De forma contraria a esta orientación general, la promulgación en 1992 de la LAN supuso un cambio cualitativo en el tratamiento que la legislación le había dado al recurso. A partir de esta nueva ley, el agua en México comenzó a ser construida, desde el derecho, como una mercancía. De la simple lectura de la norma puede percibirse tanto la clara intención de eliminar la orientación social que caracterizaba a la legislación anterior, como el esfuerzo por facilitar la participación del sector privado en la explotación y distribución del recurso. Esta modificación no resulta extraña si se piensa que la ley fue publicada dos años antes del Tratado de Libre Comercio, y en el marco de la reestructuración del Estado mexicano encabezado por el proyecto de liberalización y apertura económica que se ha impulsado desde el gobierno a partir de la década de lo

Con la reforma de 2004 se reforzó la línea política perseguida desde los 90, que favorece las posibilidades de que la iniciativa privada incursionara en la materia. En el texto vigente se establece que el agua es un "asunto de seguridad nacional" (art. 7.), y a la vez se destaca la importancia de la *valoración económica* de las aguas nacionales en las políticas, programas y acciones en materia de gestión de los recursos hídricos (fracc. VIII, art. 7 bis). En resumen, la propia ley considera este elemento como recurso vital, escaso y *de alto valor económico* (fracc. XXVI, art. 9).

Por razones de espacio resulta imposible analizar de forma detallada todas las vías que ofrece la ley para privatizar el agua.[46] Como ejemplo de lo anterior conviene referirse al capítulo cuarto de la misma, en el cual se establecen las reglas para las concesiones y transferencias de los derechos sobre el agua a privados. También al capítulo octavo, donde se definen las formas en las que los usuarios y las entidades privadas pueden participar como inversionistas para el desarrollo de la infraestructura y los servicios hidráulicos.

Por último, aunque ya se señaló en líneas anteriores, conviene subrayar aquí que el legislador no ha realizado el menor esfuerzo por incorporar dentro de la normatividad mexicana la perspectiva de derechos humanos. En ninguno de los capítulos ni artículos de la LAN, que como ya se dijo es la ley más importante en la materia, se hace referencia al agua como derecho, a pesar de que la reforma de 2004 se produjo después de que el Comité DESC hubiera emitido la Observación general Nº 15 (OG 15) sobre el derecho al agua. Esto supone la violación al PIDESC, dado que, de acuerdo con la interpretación que el propio Comité ha realizado de este instrumento, los Estados firmantes están obligados a producir una adecuación entre la legislación interna y el propio Pacto.

[46] Para mayor profundidad en el tema ver Gerold Schmidt (2005). *Cambios legales e institucionales para la privatización del agua en México,* Brot für die Welt.

3.1.4 Comisión Nacional del Agua

Como lo establece la LAN, es el Ejecutivo Federal la autoridad máxima para la gestión de las aguas nacionales. Éste ha delegado dicha responsabilidad a la SEMARNAT, que a su vez cuenta con un órgano desconcentrado que es la máxima autoridad administrativa en materia de agua: nos referimos a la Comisión Nacional del Agua.

La CONAGUA cuenta con un Consejo Técnico, un Director General, un órgano de control interno y las correspondientes unidades administrativas.

El primer antecedente institucional de la CONAGUA se remonta a 1853, año en el que fue creado el Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, que tenía a su cargo el fomento agropecuario y la irrigación. Posteriormente, en 1917 fue creada la Dirección de Aguas, Tierras y Colonización, que en 1926 se transformó en la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), institución a la cual se le encomendó "el manejo del agua en la era posrevolucionaria",[47] que dependía de la Secretaría de Fomento y tenía como funciones, entre otras, la creación y operación de obras de riego, así como la creación de planes y proyectos de irrigación.

En virtud de las reformas a la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado, en 1947 "el agua pasó a ser jurisdicción de la Secretaría de Recursos Hidráulicos… década en la cual se crearon comisiones de cuencas de ríos, con la intención de formalizar expectativas de desarrollo regional; asimismo se lanzaron ambiciosos proyectos hidráulicos, sobre todo en el noroeste del país".[48] Fue así como algunas de las funciones de la CNI –exceptuando las relativas a la conservación del suelo y los distritos de riego– fueron incorporadas a la recién creada Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). "Los sistemas de agua potable… estaban bajo la responsabilidad del gobierno federal… esta forma centralizada de operar los servicios de agua potable se mantuvo hasta 1970 año en que la responsabilidad del agua potable pasó a la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) que aunque mantuvo el control centralizado, orientaba su acción hacia el desarrollo de servicios urbanos".[49]

En 1976, la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) y la SRH fueron fusionadas en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) "cuando México al igual que muchos países latinoamericanos, consideraban que el 'desarrollo' de un país equivalía al crecimiento económico, apoyado en el for-

[47] Eficiencia y Uso Sustentable del Agua en México: Participación del Sector Privado. En http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Ef_Agua/cap_5.htm

[48] *Ídem.*

[49] Rodríguez, Carlos (2002). *La privatización de los sistema de agua potable,* documento de trabajo, p. 10.

talecimiento de la agricultura, por lo que la SARH estaba a cargo de todo lo relacionado con la producción agrícola de riego y temporal, así como de todos los problemas de las presas y su suministro de agua".[50] Mientras que la responsabilidad de la SARH era realizar "la planeación hidráulica nacional, así como la ejecución de las grandes obras para suministrar agua en bloque a las ciudades",[51] el manejo y el abastecimiento de agua en el sector urbano fueron encomendados a la SAHOP.

En 1980, la SAHOP transfirió algunos de los sistemas de agua potable a los gobiernos estatales, y en casos excepcionales, éstos los transfirieron a algunos municipios. Posteriormente, en 1982 se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), a la que se le atribuyó la responsabilidad de construir y operar los sistemas hídricos del país.[52]

A partir de 1988 comenzaron a realizarse "acciones tendentes a cambiar o anular, desde las mismas estructuras institucionales, la mayoría de los logros y las reivindicaciones sociales obtenidas hasta entonces".[53] Es por eso que en enero de 1989 –en el marco de los primeros procesos de liberalización del mercado en México– fue creada por el presidente Salinas de Gortari[54] la CONAGUA, que desde su origen ha jugado un papel fundamental en los procesos de privatización del agua en el país. La creación de esta nueva institución –en la que por primera vez se centralizaba en un solo órgano administrativo la gestión integral del agua–[55] obedeció a razones de diversa índole: en el panorama internacional, desde 1990 se creó una agenda tendente a reestructurar el manejo del agua en el mundo, lo que requería profundas reformas legislativas e institucionales que en la mayoría de los casos "fueron diseñadas, apoyadas y promovidas por el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional".[56] En México estas directrices tu-

[50] Dávila, Sonia (2005). "Comisión Nacional del Agua: la vía directa hacia la privatización", en *I Taller Popular en Defensa del Agua*, México, CASIFOP, p. 45.

[51] Eficiencia y Uso Sustentable…, *op. cit.* Ver también el sitio web de la CNA: http://www.cna.gob.mx

[52] *Cfr.* Rodríguez, Carlos, *La privatización de los sistemas…, op. cit.,* p. 10.

[53] Dávila, Sonia (2005). "Comisión Nacional del Agua…", *op. cit.,* p. 45.

[54] A través del decreto presidencial publicado en el DOF del 16 de enero de 1989.

[55] Este nuevo organismo se constituyó a partir de otras instituciones que desempeñaban diversas funciones en materia de agua, como la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, la Dirección de Distritos y Unidades de Riego, la Comisión de Aguas del Valle de México, la Comisión del Lago de Texcoco, las Coordinaciones Regionales de Infraestructura Hidráulica y las Subdelegaciones de Infraestructura Hidráulica y Residencias Generales de la Construcción y Operación y de los Distritos de Riego y las Delegaciones de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en los Estados de la República.

[56] *Cfr.* Dávila, Sonia (2005). "Comisión Nacional del Agua…", *op. cit.,* p. 46.

vieron eco, por lo que se comenzó a manejar un discurso que se centraba en la idea de modernizar las políticas gubernamentales, y más específicamente las políticas relacionadas con el agua. Dicha transformación institucional ha sido lenta debido a que a lo largo de nuestro país han surgido innumerables resistencias en defensa del derecho al agua.

En 1994, la CONAGUA se incorporó a la recién creada Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a la que se le delegó la función de dirigir la política nacional en materia de agua. En 2000, con las reformas a la Ley de la Administración Pública Federal, esta Secretaría se dividió en dos: la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que, como ya dijimos, es de quien hoy depende la CONAGUA.

3.2 Leyes estatales

A pesar de que la gestión del agua en México se rige bajo un esquema fuertemente centralizado, cada uno de los estados de la República tiene la responsabilidad de regular el aprovechamiento, uso y vigilancia de aquellas aguas de jurisdicción estatal, que son aquellas localizadas en sus territorios y que no son consideradas propiedad de la Nación de acuerdo con el párrafo 5° del artículo 27 constitucional. Además, en tanto el artículo 115 Constitucional ha facultado a los Municipios para que presten el servicio público de suministro de agua potable y saneamiento, los poderes legislativos de los estados también tienen la obligación de desarrollar las normas correspondientes a estas responsabilidades. Asimismo, las autoridades estatales deben desempeñar aquellas otras funciones que, de acuerdo con la LAN, les confiera la CONAGUA. En los últimos años se les han ido transfiriendo programas de tipo operativo, como son los de "Uso eficiente del agua y la energía eléctrica", "Uso pleno de la infraestructura hidroagrícola", "Rehabilitación y modelización de distritos de riego", "Agua potable y saneamiento en zonas rurales" y "Agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas", entre otros.[57] Por ello, la mayoría de los estados han creado sus respectivas Comisiones Estatales del Agua para poder cumplir con las responsabilidades que se les ha ido confiriendo.

3.3 Normas Oficiales Mexicanas en materia de agua

En México existen numerosas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de agua que regulan situaciones concretas de aspectos referentes al agua y deter-

[57] Domínguez Alonso, Alma Patricia (2008). *La administración hidráulica española e iberoamericana*, IEA, Murcia, p. 435.

minan, en gran medida, la gestión detallada del recurso en relación con la disponibilidad, la calidad y el acceso al recurso. En este apartado se hace una relación de aquellas normas que se consideran más importantes.

En primer lugar es pertinente revisar su objeto, y al respecto Carla Huerta señala que "es regular cuestiones técnicas, establecer especificaciones técnicas de un alto grado de precisión para dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en los reglamentos o en la ley".[58]

Encontramos que la CONAGUA y el Instituto Nacional de Ecología (INE) expidieron en 1996 y 1997 tres NOM –las cuales sintetizan 44 normas anteriores– que regulan la contaminación del agua que proviene de todas las ramas industriales y del drenaje urbano y municipal. Aunque algunos autores señalan que "estas normas se acercan más al concepto de normas de calidad ambiental que al precepto de control estricto de la contaminación",[59] han servido para establecer algunas especificaciones y límites permisibles sobre contaminantes en nuestro país.

La NOM-001-ECOL-1996[60] establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. La vigilancia del cumplimiento de esta NOM corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por conducto de la CONAGUA, y a la Secretaría de Marina en el ámbito de sus respectivas atribuciones. Esta norma establece, a su vez, que las violaciones a la misma serán sancionadas en los términos de la LAN y su Reglamento, así como por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA), y por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

La segunda es la NOM-002-ECOL-1996,[61] la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

La vigilancia del cumplimiento de esta NOM corresponde a "los Gobiernos Estatales, Municipales y del Distrito Federal en el ámbito de sus respectivas competencias, cuyo personal realizará los trabajos de verificación, inspección y vigilancia que sean necesarios". Las violaciones a la misma serán sancionadas en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

---

[58] Huerta, Carla (1998). "Las Normas Oficiales Mexicanas en el ordenamiento jurídico mexicano", *Boletín mexicano de derecho comparado*, Nueva Serie, Año XXXI, núm. 92, mayo-agosto.

[59] Eficiencia y Uso Sustentable del Agua en México: Participación del Sector Privado.

[60] Publicada en el DOF del 6 de enero de 1997.

[61] Publicada en el DOF del 3 de junio de 1998.

La LGEEPA establece en su artículo 119 bis que "En materia de prevención y control de la contaminación del agua, corresponde a los gobiernos de los Estados y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua…" vigilar el cumplimiento de las NOM en la materia, "así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento". También se encuentra dentro sus facultades el "determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar".

Al respecto, la LAN señala en su artículo 119 cuáles serán las sanciones correspondientes:

Las fracciones VI, XI, XV y XVIII serán sancionadas administrativamente por la CNA con una multa que puede ir desde los 50 hasta los 500 días de salario mínimo vigente en el área geográfica en donde se cometió la violación a la ley. Para las fracciones II, III, IV, VII, X, XVI y XVII la multa irá de 100 a 1000 días de salario mínimo, y para el caso de las fracciones I, V, VIII, IX, XII, XIII y XIV será de 500 a 10,000 veces el salario mínimo.

Por su parte, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización señala en su artículo 40 que la finalidad de las NOM es establecer, en general, las características, especificaciones y métodos que deberán reunir los productos, procesos y servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañen la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente, o para la preservación de recursos naturales; así como establecer las características, especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, preservar los recursos naturales y promover la salud de las personas, animales o vegetales; asimismo fijar las características, especificaciones, criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de materiales y residuos industriales peligrosos y de las sustancias radioactivas.

En su capítulo relativo a las sanciones señala, en el artículo 112, que el incumplimiento de la misma "será sancionado administrativamente por las dependencias conforme a sus atribuciones y con base en las actas de verificación y dictámenes de laboratorios acreditados que les sean presentados".

Además, dispone que "sin perjuicio de las sanciones establecidas en otros ordenamientos legales, las sanciones aplicables" –es decir, que las sanciones son acumulables– por esta ley serán las siguientes:

- Multa, que va de 20 a 3 mil veces el salario mínimo vigente en el Distrito Federal cuando no se presenten los informes requeridos; no se exhiban los documentos que comprueben el cumplimiento de las NOM; se contravengan las disposiciones contenidas en las NOM; se cometa cualquier

infracción a esta ley, o se incurra en conductas u omisiones que impliquen engaño al consumidor. Y de 5 mil a 20 mil veces el salario mínimo cuando se incurra en conductas u omisiones que impliquen grave riesgo a la salud, vida o seguridad humana, animal o vegetal, o al medio ambiente.

- Clausura temporal o definitiva.
- Arresto hasta por treinta y seis horas.
- Suspensión o revocación de la autorización, aprobación, o registro según corresponda.

La NOM-003-ECOL-1997[62] es la tercer norma y establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.

El objeto de esta norma es proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables del tratamiento y reuso del agua, ya sean los gobiernos de las estados, del Distrito Federal o de los municipios "por sí o a través de sus organismos públicos" o en los casos en los cuales el servicio al público sea realizado por terceros.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma corresponde a la SEMARNAT, a través de la CONAGUA, y a la Secretaría de Salud, en el ámbito de sus respectivas atribuciones. Las violaciones a esta norma serán sancionadas en los términos de la LGEEPA, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

En cuanto a la calidad del agua, la Secretaría de Salud expidió, en 1994, la NOM-127-SSA1-1994,[63] que establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya en nuestro país. Esta NOM es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento públicos y privados, o cualquier persona física o moral que distribuya agua para uso y consumo humano. La norma enfatiza que "el abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades" de cualquier tipo. Por eso establece límites permisibles con el fin de asegurar y preservar la calidad de la misma hasta que sea entregada a los consumidores.

Respecto al agua y salud, la NOM-127-SSA1-1994 define el límite permisible como la "concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un

[62] Publicada en el DOF del 21 de septiembre de 1998.
[63] Publicada en el DOF del 19 de enero de 1996.

componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará efectos nocivos a la salud del consumidor".

La vigilancia del cumplimiento de esta norma corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas en coordinación con la CNA, en sus respectivos ámbitos de competencia.

La CNA también ha expedido doce NOM relacionadas con el agua que establecen los criterios que deberán observar los organismos operadores de sistemas de agua potable, saneamiento y alcantarillado. De estas doce NOM, seis están vinculadas con el entorno rural:

- NOM-001-CNA-1995. Sistemas de alcantarillado sanitario. Especificaciones de hermeticidad.
- NOM-002-CNA-1995. Toma domiciliaria para el abastecimiento de agua potable. Especificaciones y métodos de prueba.
- NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
- NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.
- NOM-011-CNA-2000. Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
- NOM-013-CNA-2000. Redes de distribución de agua potable. Especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba.

La encargada de vigilar el cumplimiento de estas NOM será la SEMARNAT, a través de la CONAGUA. Su incumplimiento será sancionado conforme a lo dispuesto por la LAN y su Reglamento, la LFMN y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Un problema recurrente al que se deben enfrentar las comunidades con casos de contaminación de agua es que el grado de cumplimiento de las NOM en México es dudoso. En la doctrina y en la práctica se ha cuestionado infinidad de veces la naturaleza jurídica de las NOM y su grado de aplicación, ya que contienen especificaciones técnicas que deben ser cumplidas obligatoriamente por los sujetos de las mismas, pero existen diversas problemáticas en torno a la aplicación de las NOM que deben ser tomadas en cuenta: En muchas situaciones son las mismas autoridades estatales las que transgreden dichas normas, pues no vigilan su correcta aplicación ni sancionan su incumplimiento. Y aunque existe y se ha expedido un reglamento para el registro y transferencia de contaminantes, no se

cuenta con la infraestructura suficiente para monitorear de forma adecuada los cuerpos de agua, que es lo que permitiría hacer una evaluación del estado de la contaminación inorgánica, Es por eso que la vigilancia que se pudiera emprender sobre empresas privadas y estatales en la materia continúa con enormes limitaciones.

Ése es el caso del Río Atoyac, el Río Santiago o la delegación Iztapalapa, en los que diversos actores están violando las NOM referentes a la contaminación de agua y el Estado no ha hecho nada para cambiarlo. De esta forma, las NOM pueden convertirse en instrumentos inútiles o ineficaces para detener la contaminación masiva a la que están siendo sujetos diversos acuíferos en el país, o bien para supervisar los niveles de calidad del agua en muchas regiones.

Al acudir a los demás ordenamientos aplicables en esta materia (LFMN, LAN, LGEEPA, Ley General de Salud, etcétera), no queda claro quiénes son específicamente las autoridades competentes –en cada una de las dependencias que tienen esta responsabilidad– que se encargarán de dar seguimiento a la aplicación de estas normas, ni cómo se llevarán a cabo los procesos de vigilancia necesarios para el cumplimiento de las mismas.

Además existe otra problemática que es preocupante: algunas de las NOM han sido rebasadas en su contenido. Como ejemplo está el caso del Río Atoyac, donde encontramos que los estándares y límites contenidos en las NOM no son suficientes para evitar la contaminación del agua y por ende garantizar el derecho a tener acceso a un agua de calidad y a la salud, ya que en algunos casos muchas de las sustancias tóxicas encontradas en este río no han sido incorporadas a las NOM en la materia, y en otros casos éstas no existen

Por otro lado, en los textos de las NOM concernientes al agua no encontramos ninguna referencia al líquido como un derecho humano, ni las normas sobre calidad del agua corresponden en contenido a los estándares internacionales sobre esta materia, por lo que encontramos violaciones a la OG 15.

Conclusiones

Como se desprende de la descripción y análisis de algunas de las normas más importantes que regulan el agua en el país, su articulación conforma un universo complejo de muy difícil comprensión. Desde su construcción constitucional se plantean dudas que siguen generando debates teóricos y jurisprudenciales en torno a la propiedad de ciertas aguas (superficiales y subterráneas), así como de las autoridades a las que corresponde su gestión, administración y vigilancia. Aun así, es posible decir que, con fundamento en el artículo 73 constitucional, se ha facultado a la Federación para que gestione la mayoría de los caudales superfi-

ciales y subterráneos bajo un esquema de centralización administrativa y no de competencias concurrentes.

Sólo por lo que se refiere a la distribución (no gestión) del agua potable, la Constitución ha facultado a los municipios para que lleven a cabo las labores de tendido de redes y demás actividades relacionadas con el flujo del agua a través de las tuberías. Sin embargo, estas autoridades deben solicitar a la CONAGUA la correspondiente asignación de caudales para poder contar con el agua necesaria que la población requiere. Además, la mayoría de los municipios no cuentan ni con los recursos económicos suficientes ni con la capacidad técnica adecuada para cumplir con las facultades que se les ha atribuido, por lo que el sistema en su conjunto genera una fuerte presión que parece conducir, como única salida, a la contratación de empresas privadas que se convierten en organismos operadores para hacer negocio con el agua en muchas localidades del país.

Por lo que se refiere a la Ley de Aguas Nacionales y el rediseño de las estructuras institucionales para la gestión del agua a nivel federal, ésta ha sufrido un conjunto de reformas con las que se suponía deberían generar, a partir de la administración por cuencas hidrográficas, una mayor descentralización en la toma de decisiones, así como una mayor participación ciudadana en las mismas. Sin embargo, la reforma a la LAN de 2004 en realidad no descentraliza la capacidad decisoria de la CONAGUA ni fomenta con rotundidad la participación de los usuarios en la toma de decisiones. Por otro lado, lo que sí hace es continuar abriendo espacios para que la iniciativa privada pueda intervenir cada vez más en la gestión y distribución del agua, lo que convierte a un recurso que es indispensable para la vida y la supervivencia de los ecosistemas, en un bien con valor económico que le permite a la iniciativa privada realizar negocios y obtener rentas individuales.

Referencias

Barragán, José (2006). "Concurrencia de facultades en materia de medio ambiente entre la Federación y los estados", en María del Carmen Carmona y Hernández, Lourdes, *Temas Selectos de Derecho Ambiental,* México, IIJ, UNAM.

Carmona, María del Carmen (2007). "El sistema de concurrencia y la distribución de competencias en las reformas a la ley de aguas nacionales", en Fernández, Jorge y Santiago Javier, *Régimen Jurídico del agua,* México, IIJ, UNAM.

Cossío, José Ramón (1995). "Régimen constitucional de las aguas en México", en *Revista de la Facultad de Derecho de México,* núm. 199-200, enero-abril, México, D. F.

Dávila, Sonia (2005). "Comisión Nacional del Agua: la vía directa hacia la privatización", en *I Taller Popular en Defensa del Agua*, México, CASIFOP.

Díaz y Díaz, Martín (2000). "El aprovechamiento de los recursos naturales; hacia un nuevo discurso patrimonial", en *Revista de Investigaciones Jurídicas,* núm. 24, Escuela Libre de Derecho, México.

Domínguez Alonso, Alma Patricia (2010). *La organización administrativa de las aguas continentales en México. Un estudio comparado desde el derecho español*, IIJ, UNAM, México.

—— Alonso, Alma Patricia (2008). *La administración hidráulica española e iberoamericana*, IEA, Murcia.

Ferrajoli, Luigi (1999). "Igualdad y diferencia", en Ferrajoli, Luigi, Derechos y garantías; la ley del más débil, Trotta, Madrid.

Garza, José María (2008). *El sistema federal mexicano. Un análisis jurídico,* IIJ, UNAM, México.

Gerold Schmidt (2005). *Cambios legales e institucionales para la privatización del agua en México,* Brot für die Welt

Gutiérrez, Rodrigo (2008). "El derecho fundamental al agua: un instrumento de protección para las personas y los ecosistemas", en *Revista Cuestiones Constitucionales,* México, IIJ, UNAM.

Nava, César (2009). *Estudios Ambientales,* México, IIJ, UNAM.

Sánchez Meza, Juan Jaime (2008). *El mito de la gestión descentralizada del agua en México,* IIJ, UNAM, México.

Serna de la Garza, José María (2008). *El sistema federal mexicano. Un análisis jurídico,* IIJ, UNAM, México

24. Conclusiones

Querámoslo o no, nos guste o no, hasta hace unas décadas el agua en México formaba parte de un proyecto general de desarrollo nacional. Ampliar la frontera agrícola, producir más y más electricidad y expandir los servicios de agua y alcantarillado atraían importantes partidas presupuestales y esfuerzos comunitarios. Con muchos vicios y limitaciones, el gobierno federal logró dar coherencia a ese esfuerzo general. En contraste, en las últimas décadas, el agua se ha perdido no sólo en las prioridades gubernamentales, sino también en lo referente a su posición o lugar en el desarrollo nacional. Obviamente, no proponemos un regreso al pasado, pero sí reclamamos una muy urgente definición de un proyecto preciso sobre el lugar que guarda el agua en México. Ese nuevo proyecto tiene que elaborarse de manera conjunta en medio de grandes tensiones sociales y voces discordantes -como las generadas, por ejemplo, ante el debate entre el agua como mercancía o como derecho humano, la sustentabilidad frente al desarrollo económico, el combate frontal a la desigualdad social-, sin que ello implique propiciar la ineficiencia.

Estamos en búsqueda de un proyecto para la gestión del agua en México que sea inclusivo y que, en esa medida, responda a las necesidades de toda la población. El propósito de ese proyecto es garantizar un rumbo claro para que la población actual y futura cuente con el recurso en cantidad y calidad adecuados, a fin de volver hacer del agua una palanca de desarrollo económico que posibilite una mejor calidad de vida para todos.

La información es otro aspecto crucial de la problemática del agua. Los capítulos muestran que, por fortuna, existe información suficiente para elaborar cada uno de los estudios. Eso debe reconocerse a la CONAGUA y al INEGI, sin demérito de la información generada por los propios investigadores. Pero este

reconocimiento a las dependencias gubernamentales no debe malinterpretarse: es necesaria más información e información de mejor calidad. Se requiere mejor información para afinar la crítica y fundamentar mejor las soluciones. Ésa es una obligación ineludible del gobierno.

Este libro ha logrado reunir a especialistas de distintas disciplinas y enfoques, algo que por desgracia no es muy común en México. Los "técnicos" escriben sus libros, y los "sociales" los suyos. Pero además ha reunido a estudiosos de distintas edades y de variadas instituciones que, a su vez, están localizadas en un considerable número de entidades federativas. Creemos que el resultado es positivo y que, incluso, puede verse como una manera de beneficiarse de la diversidad de miradas e intereses, algo que luego podría repetirse a la hora de discutir el rumbo que hay que seguir con organizaciones sociales, empresariales, de productores y funcionarios gubernamentales.

Semblanzas

Semblanzas

Aboites Aguilar, Luis

Hizo el doctorado en Historia en El Colegio de México, institución en la que trabaja como profesor investigador desde 1997. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel III y a la Academia Mexicana de Ciencias. Sus líneas de investigación son historia de los usos del agua, historia fiscal e historia del norte de México. Participó en la creación del Archivo Histórico del Agua en 1994.

Albornoz Góngora, Pedro Misael

Ingeniero físico y candidato a maestro en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Labora en temas de hidráulica urbana, en particular en abastecimiento de agua potable, en la UNAM.

Alcocer Yamanaka, Víctor

Ingeniero civil con estudios de doctorado en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Es subcoordinador de Hidráulica Urbana del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recibió el premio "Miguel A. Urquijo" al mejor artículo técnico bienio 2004-2005 otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Arganis Juárez, Maritza Liliana

Ingeniera civil con doctorado en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México, institución en la que labora actualmente. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores como candidata. Ha participado en la determinación de las avenidas de diseño y de las políticas de operación de presas que trabajan en cascada (Río Grijalva, Río Santiago, entre otros) para la Comisión Federal de Electricidad; también en la generación sintética de series de tiempo y aplicación del cómputo evolutivo a problemas de hidrología.

Arredondo Hernández, René

Formado como biólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, trabajó con indicadores de contaminación viral en agua y obtuvo el grado de maestro en Ciencias biológicas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente realiza estudios de doctorado en el mismo grupo con interés en el uso de indicadores y fuentes de contaminación fecal en agua.

Arreguín Cortés, Felipe Ignacio

Ingeniero civil con maestría y doctorado en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Es subdirector general técnico de la Comisión Nacional del Agua y profesor de posgrado de la UNAM. Es vicepresidente del Colegio de Ingenieros Civiles de México, así como de la Asociación Mexicana de Hidráulica. Ha obtenido varios premios, el más reciente, el premio "Miguel A. Urquijo" al mejor artículo técnico bienio 2004-2005 otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Barradas Miranda, Víctor L.

Es licenciado en Ciencias Atmosféricas por la Universidad Veracruzana, maestro en Ciencias (Geofísica) por la Universidad Nacional Autónoma de México y Doctor of Philosophy por la Universidad de Nottingham, Inglaterra. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II y a la Academia Mexicana de Ciencias. Sus líneas de investigación se centran en la interacción planta-atmósfera, principalmente en el uso del agua, tema sobre el cual ha publicado más de 40 artículos nacionales e internacionales, dos libros y más de diez capítulos de libro.

Birrichaga Gardida, Diana

Es licenciada en Etnohistoria, maestra en Historia por El Colegio de México y doctora en Historia por la misma institución. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II y posee perfil deseable PROMEP. Es miembro regular de la Academia Mexicana de Ciencias. Su línea de investigación se ha centrado en la historia de los usos del agua en México, en particular en el abasto urbano.

Buenfil Rodríguez, Mario Oscar

Ingeniero civil y maestro en Ciencias en Ingeniería de Agua y Desechos por la Universidad Nacional Autónoma de México. Su experiencia profesional incluye múltiples proyectos de diseño de obras, evaluación de desempeño, planeación de inversiones, y mejora institucional de servicios de agua, alcantarillado y saneamiento en varias ciudades de México y Latinoamérica. Actualmente labora en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Caldera Ortega, Alex Ricardo

Tiene licenciatura y doctorado en Ciencias Políticas por la Universidad de Guanajuato. Su especialidad se refiere a los procesos políticos en la elaboración de políticas públicas, diseño y cambio institucional. Actualmente trabaja en un proyecto sobre la acción pública en torno al saneamiento de la cuenca del río Turbio en la zona curtidora de Guanajuato.

Cervantes Jaimes, Claudia

Ingeniera civil egresada de la Universidad La Salle en 2003 y titulada con la tesis Análisis de frecuencias en hidrología. En 2007 realizó una especialidad en gestión integral de los recursos hídricos y agua potable en la Universidad de Bolonia, Italia. Actualmente realiza la tesis sobre "Generación de mapas de riesgo de inundación" para obtener el grado de maestra en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Chávez Baeza, Carlos

Es ingeniero mecánico por el Instituto Politécnico Nacional con maestría en Energía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Realiza sus estudios de doctorado en Energía. Es profesor investigador del Programa de Energía de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, donde desarrolla proyectos en eficiencia y política energética. Durante 8 años fue director de Demanda Eléctrica en la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

Chávez Cortés, Marta

Ingeniera con maestría en Investigación de Operaciones y doctorado en Planeación Regional y del Desarrollo por la Universidad de Liverpool, Inglaterra. Es especialista en Planeación Regional y sus líneas de investigación son la planeación y el manejo sustentable de recursos naturales y los enfoques transdisciplinarios de la planeación para sustentabilidad. Actualmente trabaja en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Collado Moctezuma, Jaime

Ingeniero civil con doctorado en Recursos Hídricos. Es vicepresidente del Comité Nacional Mexicano para la Comisión Internacional de Riego y Drenaje; miembro del Consejo Editorial de las revistas *Tecnología y Ciencias del Agua* y *Tláloc AMH*, y miembro del Claustro Doctoral de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. El Colegio de Ingenieros Civiles de México le otorgó el premio nacional "Miguel A. Urquijo" en 1990.

Cortez Lara, Alfonso Andrés

Es ingeniero agrónomo, maestro en Uso y Manejo del Agua y doctor en Desarrollo de Recursos por la Universidad de Michigan, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Sus líneas de investigación versan sobre los temas gestión y manejo del agua en la agricultura; interdependencias agua-campo-ciudad; gestión y manejo de recursos hídricos transfronterizos México-Estados Unidos, y gestión y manejo sustentable del agua para la adaptación al cambio climático en el Colegio de la Frontera Norte.

Díaz Torres, Emilio

Químico farmacéutico biólogo con maestría en Ciencias Biológicas por el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. La línea de investigación a la que se dedica es la contaminación química en agua y sus efectos sobre la fauna. Actualmente trabaja en el Instituto de Ecología en proyectos de investigación sobre el tema en cuestión.

Domínguez Mora, Ramón

Es egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, con maestría y doctorado de la misma institución. Se desempeña como investigador titular de la Coordinación de Hidráulica del Instituto de Ingeniería de la UNAM, así como profesor del Posgrado de Ingeniería de la UNAM. Ha realizado amplios e importantes trabajos en materia de hidrología superficial, hidrología urbana y aprovechamientos hidráulicos. Actualmente participa en proyectos para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Nacional del Agua. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con nivel II.

Durán Alvarez. Juan Carlos

Ingeniero en Química Ambiental con maestría en Ingeniería Ambiental por la Universidad Nacional Autónoma de México. Candidato a doctor en Ingeniería Ambiental por la UNAM. Su tema de investigación es el destino de sustancias farmacéuticamente activas durante el riego con aguas negras.

Emanuelli Panico, Maria Silvia

Licenciada en Derecho por la Universidad Statale de Milán, Italia. Actualmente cursa la maestría en Estudios Latinoamericanos en la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 2003 es Responsable de asuntos jurídicos de la Oficina de Coordinación Regional para América Latina de la Coalición Internacional para el Hábitat (HIC-AL) con sede en México, D. F., y participa en la Coalición de Organizaciones Mexicanas para el Derecho al Agua (COMDA). Ha dictado numerosas ponencias y talleres, además de ser autora de diversos artículos y libros sobre el derecho a una vivienda adecuada, el derecho al agua, los impactos de los megaproyectos y monocultivos sobre los derechos humanos, entre otros temas.

Equihua Zamora, Clementina

Bióloga con doctorado en Biología y especialidad en Ecología Vegetal por la Universidad Nacional Autónoma de México. Se dedica a la divulgación de la ciencia. Actualmente trabaja en diversos proyectos para el Instituto de Ecología y el museo UNIVERSUM, ambos de la UNAM. También colaboracon el periódico *El Economista* y la revista *¿Cómo ves?*

Escoboza García, Luis Fernando

Ingeniero agrónomo egresado de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Cuenta con maestría en Hidrociencias por el Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo y doctorado en Ciencias Agropecuarias por el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California y la Universidad de Yuma, Arizona. Fue director del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC, institución en la que actualmente es maestro y líder del cuerpo académico de Agua y Suelo.

Espinosa García, Ana Cecilia

Es bióloga con doctorado en Ciencias Biomédicas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Su campo de trabajo es la Microbiología Ambiental con especialización en virus de sistemas acuáticos en el Instituto de Ecología de la UNAM.

Flores Arriaga, Blanca Nelly

Es ingeniera industrial y de sistemas con maestría en Prospectiva Estratégica. Actualmente estudia el doctorado en el Centro del Agua para América Latina y el Caribe (CAALCA) del Tecnológico de Monterrey, y su tema de trabajo es el Tratamiento de microcontaminantes (hormonas y fármacos) en matrices líquidas y sólidas.

Fonseca Ortiz, Carlos

Ingeniero civil egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente funge como asistente de investigador en la misma institución en el programa de maestría en Ciencias del Agua, bajo la línea de Gestión integrada del agua en el Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA). Su línea de investigación es sobre los costos energéticos de extracción de agua subterránea por abatimiento del nivel freático.

Garay Trejo, Jorge Alfredo

Licenciado en Ciencias Políticas y Administración Pública por la Facultad de Ciencias Políticas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Es maestro en Ciencias Sociales con especialidad en Desarrollo Municipal por El Colegio de México. Su línea de investigación se ha centrado en el desarrollo municipal.

García Calva, Liliana

Bióloga egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana. Realizó la tesis de licenciatura titulada "Ordenamiento territorial de la subcuenca del Río Pixquiac, Ver., a través de la identificación de Áreas Ecológicamente Sensibles", la cual fue presentada en el Congreso Internacional y Nacional de Ciencias Ambientales en 2010. Actualmente labora en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica como ayudante B de medio tiempo.

García García, Antonino

Es maestro en Desarrollo Rural Regional y candidato a doctor en Ecología y Desarrollo Sustentable por el Colegio de la Frontera Sur. Su área de investigación es la hidropolítica y las instituciones para la gestión del agua en la frontera México-Guatemala-Belice. Cuenta con 15 años de experiencia en el tema del agua.

Granados Muñoz, Luis Enrique

Es antropólogo social por la Universidad Autónoma de Querétaro y candidato a maestro en Gestión Integrada de Cuencas. Trabaja en la generación de un modelo de gestión comunitaria del agua en comunidades rurales del estado de Querétaro.

Guevara Sanginés, Alejandro

Licenciado en Economía por el Instituto Tecnológico Autónomo de México, maestro en Desarrollo Económico por la Universidad de East Anglia, Inglaterra, maestro en Políticas Públicas por la Universidad de California, en Berkeley, EUA, y doctor en Economía por la Universidad Autónoma de Madrid, España. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II y es director de la División de Estudios Sociales de la Universidad Iberoamericana. En 1999 obtuvo el Premio Nacional de Administración Pública por su trabajo "Pobreza y medio ambiente en México".

Guichard Romero, Delva

Ingeniera civil por la Universidad Nacional Autónoma de México con doctorado en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente por la Universidad politécnica de Valencia. Pertenece al cuerpo académico de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas. Su línea de investigación es el manejo integral de cuencas.

Gutiérrez Rivas, Rodrigo

Licenciado en Ciencia Política y Administración Pública y doctor en Derecho por la Universidad Complutense de Madrid, España. Es investigador de tiempo completo del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM y miembro del Sistema Nacional de Investigadores con nivel II. Es coordinador del proyecto de investigación *El derecho al agua: análisis desde la exigibilidad e interdependencia de los derechos fundamentales.*

Hernández Barrios, Leonardo

Ingeniero civil con maestría en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México, en Planificación y Gestión de Recursos Hídricos por la Universidad Politécnica de Valencia, España, y en Administración de Negocios por la Universidad Católica de Valencia, España. Posee el doctorado en Hidráulica y Medio Ambiente por la Universidad Politécnica de Valencia. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores como candidato a investigador y labora en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Herrera Pinedo, Edna

Licenciada en Ciencias Antropológicas con maestría en Asuntos Políticos y Políticas Públicas por el Colegio de San Luis. Participó en el Programa Agua y Sociedad del Colegio de San Luis, institución en la que labora actualmente.

Jiménez Cisneros, Blanca Elena

Es ingeniera ambiental egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana con maestría, doctorado y posdoctorado en Tratamiento y Reúso de Agua por el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia. Es nivel III del Sistema Nacional de Investigadores y pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias. Entre otros premios, ha recibido el Global Water Award 2010, el Premio Nacional de Ciencias y Artes 2009, el Premio Universidad Nacional 2008, el Premio Nacional al Mérito Ecológico 2006 y The Royal Order of the Polar Star 2002.

Jiménez Espinosa, Martín

Es subdirector de Riesgos Hidrometeorológicos del Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación, así como profesor de asignatura en la especialidad de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha participado en la implementación de sistemas de alerta contra inundaciones y ciclones tropicales en México. También participó en la realización del Atlas Nacional de Riesgos, en su capítulo de fenómenos hidrometeorológicos, y en misiones internacionales de apoyo técnico en situaciones de desastre como la del tsunami de Indonesia de 2005 y la del huracán Mitch en Nicaragua y Honduras en 1998.

Kauffer Michel, Edith

Cuenta con licenciatura en Relaciones Internacionales y doctorado en Ciencias Políticas por el Instituto de Estudios Políticos de la Universidad de Marseille, Francia. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II. Su campo de trabajo abarca el agua y la hidropolítica con énfasis en las relaciones internacionales y las políticas hídricas en las seis cuencas transfronterizas entre México, Guatemala y Belice. Actualmente labora en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social del Sureste.

Kloster Favini, Karina

Licenciada en Sociología por la Universidad de Buenos Aires, Argentina, y doctora en Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es candidata a investigadora en el Sistema Nacional de Investigadores. Colabora con investigaciones en el Programa de Agua y Sociedad de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-Sede México, y forma parte del Programa de Investigación sobre el Cambio Social del Instituto de Investigaciones Gino Germani de la UBA, Argentina. Sus principales temas de trabajo son los conflictos sociales, en particular los derivados de los problemas de agua y saneamiento.

Lara Pulido, José Alberto

Licenciado en Administración con maestría y candidatura a doctor en Economía por El Colegio de México. Ha realizado investigaciones en Economía Ambiental. Fue subdirector de Planeación Estratégica de la Secretaría de Finanzas del Distrito Federal, y actualmente pertenece a la División de Estudios Sociales de la Universidad Iberoamericana.

López Córdova, Dania

Licenciada en Economía con especialización en Economía Ambiental y Ecológica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente cursa la maestría en Estudios Latinoamericanos en la UNAM, y es colaboradora en un proyecto sobre ecotecnias para la gestión de recursos naturales en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

López Vidal, Yolanda

Química egresada de la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con maestría en Ciencias Biomédicas por el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Obtuvo su doctorado en Inmunología y Microbiología Médica en la Universidad de Gotemburgo, Suecia. Es nivel III del Sistema Nacional de Investigadores y Pride D. Pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias desde 2006. Está adscrita a la Facultad de Medicina de la UNAM como profesora titular C. Sus líneas de investigación son inmunología y enfermedades infecciosas con especial interés en enfermedad ácido péptica, cáncer gástrico y tuberculosis. Asimismo colabora en microbiología relacionada con la calidad del agua. Desde 2003 funge como miembro asesora para la Organización Mundial de la Salud en vacunas.

López Zavala, Miguel Angel

Ingeniero agrónomo con maestría, doctorado y posdoctorado en Ingeniería Urbana y Ambiental por la Universidad de Hokkiado, Japón. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Sus líneas abarcan el tratamiento de agua residual y el reuso en sistemas urbanos y descentralizados en el Centro del Agua para América Latina y el Caribe (CAALCA) del Tecnológico de Monterrey.

Marañón Pimentel, Boris

Es doctor en Estudios Latinoamericanos por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Su línea de investigación versa sobre la gestión de los recursos hídricos, especialmente sobre la participación privada para el suministro de agua potable y la gestión participativa del agua subterránea en el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM.

Marengo Mogollón, Humberto

Ingeniero civil con maestría y doctorado en Ingeniería y especialidad en Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Es coordinador de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad. Recibió el premio "Raúl Sandoval Landázuri" a la práctica profesional 2009 otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Martínez Austria, Polioptro F.

Ingeniero civil con doctorado en Ingeniería Civil por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

Es director general del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ha trabajado por más de 15 años en la línea de investigación del cambio climático y sus efectos en los recursos hídricos de México. Generó los primeros mapas de evapotranspiración en colaboración con otros investigadores del IMTA.

Mazari Hiriart, Marisa

Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México con maestría en Hidrobiología por la Universidad de Gales, Inglaterra y doctorado en Ciencias Ambientales e Ingeniería por la Universidad de California, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Sus líneas de investigación versan sobre la alteración y restauración de ecosistemas acuáticos, con enfoque particular en microbiología ambiental, calidad del agua y efectos en salud pública, en el Instituto de Ecología de la UNAM.

Méndez Contreras, Juan Manuel

Ingeniero químico egresado del Instituto Tecnológico de Orizaba, donde también estudió la maestría en Ciencias en Ingeniería Química. Egresó del doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México con la especialidad en Ingeniería Ambiental. Actualmente se desempeña como profesor investigador en el Instituto Tecnológico de Orizaba y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Sus principales aportes científico-tecnológicos los ha realizado en el tratamiento y manejo integral de residuos municipales e industriales

Montero Martínez, Martín José

Físico con maestría en Geofísica. Es doctor en Ciencias de la Atmósfera por la Universidad de Arizona, EUA. Realizó un posdoctorado en la Universidad de Dalhousie, Canadá. Es investigador titular A del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua desde 2000. Sus temas de interés son el cambio climático global, la interacción aerosol-clima y las técnicas de *downscaling*.

Montesillo Cedillo, José Luis

Licenciado en Economía con maestría en Ciencias Económicas y doctorado en Problemas Económico Agroindustriales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Su línea de investigación es sobre temas relacionados con los recursos naturales, especialmente agua para los sectores agrícola, industrial, doméstico y público urbano desde la perspectiva de la ciencia económica en el Instituto de Estudios sobre la

Universidad de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Moreno Vázquez, José Luis

Es geógrafo con doctorado por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente. Sus trabajos abarcan la historia, gestión y conflictos por el agua en zonas áridas. Actualmente desarrolla una investigación sobre la influencia del modelo hidráulico del oeste de Estados Unidos en el norte de México, en el periodo 1880-2000, en el Colegio de Sonora.

Mundo Molina, Martín D.

Ingeniero civil con maestría en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México y doctorado en Ingeniería con mención honorífica por la Universidad Politécnica de Madrid, España. Actualmente es coordinador del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, en donde además imparte asignaturas en los niveles de licenciatura y posgrado. Su área de interés está dentro del campo de las ciencias de la tierra, en temas relacionados con el cambio climático y las inundaciones.

Nazar Beutelspacher, Austreberta

Posee licenciatura en Medicina Humana y doctorado en Estudios del Desarrollo Rural con especialidad en Género, Políticas de Población y Calidad de Vida por el Colegio de Postgraduados. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Es investigadora titular de la Línea Salud del Departamento Salud, Equidad y Desarrollo Comunitario de El Colegio de la Frontera Sur.

Octaviano Zamora, Adriana Marcela

Arquitecta con maestría en Desarrollo Regional Sustentable por la Universidad de Xalapa, Veracruz. Es directora general de la Consultoría Planeación Urbana y Medio Ambiente, S.A. de C.V.

Ojeda Bustamante, Waldo

Es ingeniero agrónomo con posgrado en Ciencias del Suelo y del Agua por la Universidad de Arizona, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I.

Palerm Viqueira, Jacinta

Licenciada en Antropología Social con doctorado en Geografía Humana por la Universidad de Toulouse, Francia. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel III y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Su línea de investigación es sobre organización social y riego y técnicas vernáculas para el manejo de agua (y suelo) en el Colegio de Postgraduados de Chapingo.

Paré Ouellet, Luisa

Es doctora en Leyes por la Universidad de Carleton, en Ottawa, Canadá. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel III. Sus trabajos se enfocan en los temas de desarrollo sustentable en el medio rural, manejo de microcuencas, gestión comunitaria y ciudadana del agua y compensaciones por servicios ambientales, así como en evaluación de políticas públicas, gestión y manejo de recursos naturales, ecoturismo, participación y ciudadanía y transparencia.

Patiño Gómez, Carlos

Posee licenciatura y doctorado en Ingeniería Civil con especialidad en Medio Ambiente y Agua por la Universidad de Austin, Texas, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores como candidato. Ha participado en proyectos de investigación relacionados con la planeación y manejo de los recursos hídricos, modelos de datos binacionales en cuencas transfronterizas México-Estados Unidos, modelos de gestión y simulación hidrológica, así como proyectos relacionados con el cambio climático y sus efectos en los recursos hídricos de México. Actualmente labora en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Peña de la Paz, Francisco

Posee licenciatura y doctorado en Antropología Social por parte del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II. Su campo de trabajo versa sobre la construcción social de las calidades del agua y conflictos sociales por el agua y el territorio en el Colegio de San Luis. Es investigador del proyecto internacional "Justicia Hídrica" desarrollado por varias universidades de América y Europa bajo la coordinación de la Universidad de Wageningen, Holanda.

Pérez López, José Luis

Físico egresado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México con maestría en Física Atmosférica por la UNAM. Sus líneas de investigación son Variabilidad climática regional de México, Modelación numérica de mesoescala y Cómputo científico aplicado a la Meteorología. Actualmente labora en el Servicio Meteorológico Nacional.

Pineda Pablos, Nicolás

Licenciado en Ciencia Política y Administración Pública con doctorado en Filosofía por la Universidad de Austin, Texas, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel II. Su línea de investigación es sobre el manejo urbano del agua en el marco de la gestión integral de cuencas en regiones áridas que incluye temas como el desempeño de los organismos operadores, la competencia de las ciudades por el acceso al agua agrícola y la adaptación al cambio climático en el Colegio de Sonora.

Ramírez Castel, Verónica

Maestra en Ciencias en Estudios del Desarrollo Rural por el Colegio de Postgraduados. Ha participado en el diseño y ejecución de programas de capacitación en el sector rural, en el desarrollo de materiales de capacitación con enfoque de competencias. Ha colaborado en la elaboración de proyectos relacionados con el diseño de sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia y tecnologías acordes con el ambiente. Actualmente participa en el programa doctoral de Estudios del Desarrollo Rural con la investigación Desarrollo de capacidades en las mujeres del Altiplano de México, para el Desarrollo Rural.

Rodríguez Haros, Benito

Posee licenciatura y doctorado en Agronomía por el Colegio de Posgraduados, México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores como candidato. Actualmente desarrolla la línea de investigación organización social y gestión de recursos hídricos en la agricultura en la Universidad de Guanajuato.

Román Calleros, Jesús Adolfo

Ingeniero agrónomo por la Universidad Autónoma de Baja California con maestría en Hidrociencias por el Colegio de Postgraduados. Es doctor en Ciencias Agropecuarias con enfoque en Administración de Recursos Hidráulicos por la UABC y la Universidad de California, Campus Holtville, EUA, donde obtuvo el Premio al Mérito Académico. Entre otros cargos, ha sido jefe del Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje, Distrito de Riego 014, y Director Regional del Colegio de la Frontera Norte. Actualmente es profesor investigador en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC. En 2005 obtuvo el Premio a la Productividad Profesional otorgado por el Consejo Coordinador Empresarial de Mexicali, B. C.

Ruelas Monjardín, Laura C.

Socióloga con posdoctorado por la Universidad de Liverpool, Inglaterra. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Se dedica al estudio del manejo integral del recurso agua en el Colegio de Veracruz.

Ruiz Mendoza, Belizza Janet

Es ingeniera electricista con doctorado en Ingeniería en Energía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Su línea de investigación se enmarca en el tema de energía y ambiente en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Salazar Adams, Alejandro

Es doctor en Problemas Económico Agroindustriales por la Universidad Autónoma Chapingo y miembro del Sistema Nacional de Investigadores como candidato. Ha publicado artículos en las revistas *International Journal of Poultry Science, Técnica Pecuaria en México* y *Región Sociedad,* entre otras. Actualmente labora en el Colegio de Sonora.

Salinas Juárez, María Guadalupe

Ingeniera civil por el Instituto Tecnológico de Zacatepec. Es candidata a maestra en Ingeniería Ambiental por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México con el tema Estudio a nivel laboratorio de los sistemas de biofiltración anaerobia, humedal artificial y la combinación de ambos, para el tratamiento de efluentes de la industria textil, con altas concentraciones de colorantes tipo azo consideradas sustancias carcinógenas y recalcitrantes.

Sandoval Minero, Ricardo

Ingeniero civil con maestría en Investigación de Operaciones y candidato a doctor en Ciencias de Gestión por la Escuela Nacional Superior de Minas, Paris. Estudia actualmente la gobernanza en sistemas de agua potable y saneamiento, a partir de un enfoque neo institucional orientado particularmente al análisis del papel que juegan los sistemas de gestión y los indicadores de desempeño en la regulación económica y la gobernanza de los servicios.

Sheinbaum Pardo, Claudia

Es física por la Universidad Nacional Autónoma de México con doctorado en Ingeniería Energética por la Universidad de California, en Berkeley, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

Su línea de investigación versa sobre política y economía de la energía e indicadores de sustentabilidad energética en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Solís Hernández, Guadalupe

Licenciada en Antropología Social por la Universidad Autónoma de Chiapas. Su línea de investigación es sobre los conflictos por la gestión del agua doméstica: conflictos por el agua en zonas periféricas de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Actualmente labora en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social del Sureste.

Soto Montes de Oca, Gloria

Es licenciada en Relaciones Internacionales con maestría en Relaciones Internacionales por la Universidad de Essex, Inglaterra, y doctora en Ciencias Ambientales por la Universidad de East Anglia, Inglaterra. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I. Es especialista en temas de medio ambiente y economía de los ecursos naturales. Es investigadora honoraria del Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE) de Inglaterra, y Consejera Ciudadana del Comité Técnico Asesor de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal en México.

Soto Ortiz, Roberto

Es ingeniero agrónomo fitotecnista con maestría en Ciencias en Tecnología de Semillas por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtuvo su doctorado en Filosofía en Suelo, Agua y Ciencia Ambiental por la Universidad de Arizona, EUA, en 2008. Es profesor investigador de la Universidad Autónoma de Baja California desde 1994. Su programa de investigación está orientado a la optimización en el uso de agua y nutrientes para la producción de cultivos en zonas áridas.

Torregrosa y Armentia, María Luisa

Licenciada en Sociología con doctorado en Sociología por El Colegio de México. Es profesora investigadora de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y miembro del Sistema Nacional de Investigadores con nivel II. Ha diseñado y coordinado un conjunto de proyectos relacionados con las políticas de modernización para el sector agua tanto en el ámbito urbano como en el rural. Ha realizado estudios de conflictividad social en la zona metropolitana de la ciudad de México y en ciudades medias.

Vera Cartas, Jordi

Es biólogo con dos maestrías por la Universidad de Wageningen, Holanda, una en Piscicultura y la otra en Medio Ambiente. Sus intereses se centran en conocer más acerca de la relación entre desarrollo y medio ambiente y su vínculo con los procesos políticos que los articulan. Actualmente labora en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

Viramontes Olivas, Oscar Alejandro

Ingeniero zootecnista egresado de la Universidad Autónoma de Chihuahua con maestría en Producción Animal, en el área de Reproducción y Genética Animal, por la misma institución y doctorado en Ciencias Agropecuarias por el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Es miembro colaborador del cuerpo académico de Agua y Suelo del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC y del cuerpo académico de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH.

Zapata Martelo, Emma

Estudió maestría y doctorado en Sociología en la Universidad de Austin, Texas, EUA. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel III y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Recibió el Premio Internacional de Investigación en Países en Desarrollo otorgado por la Universidad Justus-Liebig, en Giessen, Alemania. En 2006 obtuvo el Premio Nacional María de Lavalle Urbina. Actualmente realiza un proyecto sobre la migración en Tlaxcala en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

El Agua en México: Cauces y encauces,
se terminó de imprimir en noviembre de 2010
en Creativa Impresores SA de CV, calle 12, No 101, local 1,
col. José López Portillo, 09920, Iztapalapa, México DF, tel. 5592 2240.
La tipografía estuvo a cargo de Claudio Vázquez Pacheco.
La edición consta de 3 350 ejemplares
y estuvo al cuidado de Ana Elizabeth Ruiz