

# Introducción

*Úrsula Oswald Spring  
Ignacio Sánchez Cohen*

El uso y manejo del agua ha adquirido importancia crucial en la vida diaria, pero también en los procesos productivos y en la conservación y recuperación de los ecosistemas. En sólo dos décadas se ha duplicado el consumo del agua en nuestro planeta; y México, por sus procesos productivos, pero también por el crecimiento demográfico, cuenta con recursos crecientemente más limitados por persona. Esta disponibilidad restringida obedece en parte a la ubicación geocológica de las poblaciones, ya que 58% del territorio nacional se ubica en ecosistemas semisecos, semiáridos, áridos o hiperáridos (desiertos), que no alcanza el promedio nacional de precipitación. Asimismo, la incertidumbre climática se torna en todos los procesos de planeación, la demanda humana y los requerimientos productivos en alto riesgo. Más aún, es precisamente en estas tierras secas donde se encuentran los principales distritos de riego donde se produce más de 70% del producto interno bruto del sector agroalimentario y donde se riega 92% de las tierras agrícolas con eficiencias globales de uso por debajo de 40%. Es pertinente recalcar también que la agricultura es la principal consumidora de las reservas de agua del país con 78%, seguido por el consumo doméstico de 12% y el uso industrial de 10 por ciento (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2009).

El segundo problema relacionado con la disponibilidad del agua en México es la estacionalidad, ya que la mayor parte del agua de lluvia se precipita entre los meses junio y octubre, mientras que el resto del año existe una pronunciada sequía que obliga a los agricultores a utilizar el riego proveniente de presas, ríos y acuíferos. Finalmente, la alta variabilidad en espacio y tiempo de las precipitaciones, producto del cambio climático (cc) antropogénicamente inducido, agrava el manejo equitativo del agua. Por lo mismo, es necesario no sólo desarrollar tecnologías que incrementen la productividad por gota de agua, sino que propicien también su ahorro, sobre todo en actividades agropecuarias, industriales y domésticas; se puede también reutilizar el agua servida en diversas actividades productivas, en algunos usos domésticos y en la agricultura, lo que obliga a desarrollar procesos eficientes de saneamiento.

## OBJETIVOS

Ante una creciente complejidad en la gestión, uso y reúso del agua, el objetivo del presente libro es establecer un diagnóstico

acerca de la capacidad de investigación, de análisis, institucional y de infraestructura, existente en el tema del agua en México. La Red Temática del Agua (RETAC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) surge ante los nuevos retos científicos, políticos, sociales, culturales y empresariales con la meta de contribuir a una gestión sustentable y un manejo equitativo y responsable del agua. Obedece a una política científica nueva por parte del CONACYT que crea sinergias entre investigadores, instituciones, organizaciones civiles y empresas. Parte distintiva de este esfuerzo es la multidisciplina, la multiinstitucionalidad y los estudios multi-objetivos, donde no prevalecen las especialidades, sino donde los problemas están planteados con intereses comunes y son abordados por científicos capaces de establecer un diálogo franco, abierto y con una capacidad de aprendizaje de nuevos puntos de vista, técnicas y métodos de análisis.

La RETAC está orientada a entender los problemas complejos relacionados con el agua; desarrollar nuevas tecnologías y métodos de análisis; a homogeneizar métodos científicos para fines comparativos; a reflexionar acerca de las políticas hídricas que pudieran proteger a México ante el impacto del cambio climático y difundir los resultados científicos para que gobiernos y empresas las apliquen en los sistemas de agua potable y saneamiento, en los procesos productivos agropecuarios e industriales, en la conservación de los acuíferos y cuerpos superficiales de agua, así como en la recuperación de los ecosistemas.

Durante la creación de la RETAC se presentó una concatenación de esfuerzos institucionales —investigadores, responsables del manejo del agua en el ámbito federal, estatal, municipal y de sistemas de abasto de agua potable y saneamiento, empresarios y organizaciones de la sociedad civil— que, durante una reunión nacional celebrada entre el 21 y el 23 de enero de 2009 en la ex-hacienda de Cocoyoc, Morelos, iniciaron un primer diagnóstico acerca del estado de la investigación en agua en México. Se partió de un análisis minucioso de la complejidad de las interrelaciones entre los aspectos ambientales y los sociales, lo cual permitió una discusión acerca de las deficiencias y de los vacíos del conocimiento en la investigación existente. Ello permitió desarrollar diversas líneas que se consideraban necesarias para superar las carencias que sobre todo se ubican en la falta de un enfoque integral socioambiental y en una gestión deficiente del manejo del agua.

La presente obra es el resultado de estas reflexiones sistémicas en las que han participado especialistas de múltiples carreras, funcionarios y empresarios interesados en el tema. Todos los artículos fueron dictaminados por tres a cinco pares académicos y los autores han incorporado las sugerencias de estos dictaminadores anónimos en sus textos revisados.

## ORGANIZACIÓN DEL LIBRO

De acuerdo con los objetivos expuestos, el presente libro se divide en cinco partes. Se analizan, en la parte 1, los procesos hidrológicos, el manejo de cuencas y la interacción entre el clima, los suelos y la biota. La parte 2 se dedica a los diferentes usos del agua, la disponibilidad, la escasez y las fuentes alternas en diferentes procesos productivos. La parte 3 enfoca sus análisis en la calidad del agua, en la contaminación natural y antropogénica y en sus repercusiones en salud humana y ambiental. Se proponen diferentes tecnologías para sanear el agua y se parte de la hipótesis de que todo cambio de un proceso productivo para evitar la contaminación es más barato y eficiente que “el saneamiento al fin del tubo”. La disponibilidad o la falta de agua y su calidad han generado efectos sociales, conflictos y procesos de negociación que se analizan en la parte 4. Desde el campo internacional, con la larga frontera de más de 3,000 kilómetros con los Estados Unidos, hasta las comunidades que luchan por el control de un río o un manantial, se proponen procesos de organización y un modelo de hidrodiplo-macia, capaz de evitar potenciales conflictos y resolver pacíficamente los existentes.

En la parte 5 se proponen políticas públicas, diseños institucionales y aspectos jurídicos que permitirán mejorar e integrar la gestión del agua desde el ámbito de la cuenca. La gobernanza participativa exige un cambio en el quehacer político autoritario de nuestro país y, en el mismo sentido, un aprendizaje nuevo de las autoridades encargadas de la administración del agua en el nivel federal, estatal, municipal y local. En las reflexiones conclusivas se establece un balance sobre los avances y los temas faltantes en la investigación del agua en México. El libro se complementa con un glosario utilizado a lo largo del texto.

El prefacio empieza con una reflexión de la Coordinadora de Humanidades de la UNAM Estela Morales, donde se destaca la nueva política científica del país que trata de integrar instituciones, investigadores y los tres sectores sociales: empresarios, gobierno y la sociedad organizada.

### **Parte 1. Procesos hidrológico y manejo de cuencas**

En la parte 1 se revisan los procesos hidrológicos, el manejo de las cuencas y la interacción entre agua, clima, suelo y biota. Se abordan los temas estructurales del manejo integral del agua en los que diversos investigadores han desarrollado y validado

algoritmos de análisis para cuantificar la disponibilidad y la calidad del agua para todos los usos. La importancia del tema ha propiciado que se analicen casos de estudio en diferentes partes del país, con el afán de obtener patrones de comportamiento y de relaciones causa-efecto que pudieran ser replicados en sitios distintos a aquellos que han dado origen a la información científica. En esta tesitura, los métodos de análisis físicos han mostrado su bondad ante el empirismo.

El primer artículo es de Felipe Arreguín, subdirector técnico de la Comisión Nacional del Agua, quien fue asistido por Mario López Pérez y Humberto Marengo Mogollón; expone los retos del agua para el siglo XXI en nuestro país. México cuenta con 1,964 millones de km<sup>2</sup>, con una precipitación media anual de 775 mm para abastecer una población de 106.7 millones de habitantes, de los cuales tres cuartas partes viven en localidades urbanas, pero 77% del agua se utiliza en actividades agropecuarias. Parte de un balance hídrico que relaciona la precipitación con el crecimiento poblacional y con los diferentes usos y su contaminación. Los autores hacen una evaluación crítica del manejo superficial y subterráneo del agua. El reto más importante para México lo representa el impacto del cc, las dos costas se verán afectadas por el aumento en el nivel del mar, mientras que el ascenso de la temperatura agudizará la escasez regional y temporal, así como la contaminación del agua. Mediante mapas, gráficas y esquemas, los autores proponen una administración integral del agua. Exploran alternativas de creación de infraestructura de ahorro del vital líquido, así como de la reutilización y reciclamiento de las aguas saneadas. En el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 se plantea la integración de toda el agua disponible y utilizada en México. Incluyen en esta visión el agua virtual ahorrada por la importación de alimentos o gastada en la exportación de hortalizas y frutas, la humedad en el suelo y la desalinización del agua del mar. Esta visión de conjunto ofrece balances hídricos para una gestión integral del recurso, de manera que el agua alcance para los usos presentes y futuros, tomando en cuenta a una población en crecimiento y nuevos requerimientos productivos y sociales.

Ignacio Sánchez Cohen, Úrsula Oswald Spring, Gabriel Díaz Padilla y José Luis González Barrios proponen un manejo integral del agua. Parten de la cuenca hidrológica como unidad base de la planeación para el desarrollo regional, en la que se realicen acciones que integren a todos los participantes. Estas decisiones se refieren a la planeación en el uso de afluentes de ríos y acuíferos. Incluyen la planeación y organización de la nueva infraestructura y el control de las dotaciones de agua. Promueven el desarrollo de leyes o reglamentos nuevos que respondan a los retos del cambio climático, a la creciente escasez y a la contaminación del agua. El enfoque multiinstitucional y multidisciplinario pretende incluir a los diferentes

usuarios en la toma de decisiones y, con ello, sustituir las formas autoritarias del manejo del agua.

Gabriel Díaz Padilla, Ignacio Sánchez Cohen y Rafael Alberto Guajardo Panes proponen un algoritmo para el análisis de series de tiempo de precipitación pluvial en el país a partir de las 5,000 estaciones climáticas distribuidas espacialmente en el territorio mexicano. Mediante procesos matemático-estadísticos y técnicas de interpolación, como la conformación de bases de datos con información depurada de registros atípicos y su estimación utilizando un generador climático, la evaluación de la bondad de ajuste de los datos y la evaluación de técnicas de interpolación se generaron mapas continuos. Se observó que el método Thin Plate Smoothing Spline (Anusplin) arrojó los mejores resultados en superficies continuas, seguido por el método Kriging, Cokriging y finalmente por el inverso de la distancia al cuadrado.

Antonina Galván Fernández analiza la productividad de las lagunas costeras que son producto de la mezcla del agua dulce que proviene de las cuencas hidrológicas, con el agua salada que viene del mar a través de una boca que se abre por efecto de la marea. Estudia la cuenca de la laguna costera de Carretas-Pereyra, enclavada en la costa de Chiapas. Son áreas altamente fértiles y producen alimentos e ingresos para la población asentada en las riberas; pero son sistemas naturales que se degradan rápidamente por los procesos de asolvamiento y de circulación baja que, aunados al aporte de los sedimentos no naturales provenientes de las cuencas, pierden rápidamente su fertilidad.

María Perevochtchikova propone incorporar principios ecosistémicos y de integralidad de sistemas complejos para recuperar la situación de la degradación ambiental. Ello significa repensar y reorganizar un esquema que considere la interacción de los medios físico, social y económico para equilibrar los intereses del desarrollo con el funcionamiento de la naturaleza. La cuenca del Valle de México es altamente vulnerable y genera bienestar a millones de mexicanos. Su deterioro requiere de un monitoreo permanente en sitios estratégicos. Estos datos son importantes no sólo para el uso técnico, cálculos hidrológicos y modelación matemática, sino que sirven también en el planteamiento de políticas públicas.

Julieta Jujnovsky, Marisa Mazari Hiriart, Alya Ramos y Lucía Almeida Leñero consideran que la escala más relevante en el manejo de los ecosistemas y de sus servicios es la del paisaje, y la unidad de estudio es la cuenca hidrográfica. Proponen una metodología que integra la información física, biológica y social, a la que se suma el trabajo de campo al análisis en el laboratorio, con la finalidad de encontrar variables que evalúan los servicios ecosistémicos hidrológicos aplicables a las microcuencas del suroeste de la cuenca de México. En la cuenca del río Magdalena parten del balance hidrológico, incluyen la de-

manda social y, junto con los usuarios de la cuenca, reconocen la utilidad del bosque como prestador de servicios y bienestar a la sociedad.

Lyssette E. Muñoz Villers, Miguel Equihua Zamora, Conrado de Jesús Tobón Marín y Francisco Gutiérrez Mendieta analizan los efectos hidrológicos causados por la perturbación del bosque mesófilo de montaña y su conversión a pastizal, en los patrones de escurrimiento de agua y la exportación de sólidos, tanto estacionales como anuales, a escala de microcuenca, en la cuenca alta del río La Antigua, ubicada en la cordillera Cofre de Perote-Pico de Orizaba. En pastizales se produce un mayor escurrimiento, con la consecuente pérdida de la fertilidad natural del suelo, lo que reduce su productividad. Los investigadores mostraron además que el bosque en regeneración demostró ser capaz de recuperar su funcionalidad hidrológica y de generar flujos de agua comparables con los del bosque maduro en un plazo relativamente corto.

José Luis González Barrios, Ignacio Sánchez Cohen, Eduardo Chávez Ramírez, Guillermo González Cervantes, Jean Pierre Vandervaere y Luc Descroix refuerzan la hipótesis de que la cubierta vegetal afecta las variables hidrológicas al estudiar el impacto del cambio de uso de suelo en la hidrodinámica superficial de una cuenca receptora de agua, mediante el método de infiltrometría de triple anillo con succiones múltiples en la parte alta del río Nazas. Cuantificaron la infiltración del agua en superficies forestales bien conservadas y la compararon con aquella en superficies degradadas por deforestación y sobrepastoreo. Insisten en que el cambio de uso forestal a pecuario genera superficies degradadas de suelos, y sólo mediante la reforestación se puede revertir la desertificación en la cuenca hidrológica.

En un tema complementario, los investigadores Guillermo González Cervantes, Ignacio Sánchez Cohen, Eduardo Chávez Ramírez y José Luis González Barrios determinan la dinámica del agua en el suelo a partir de un análisis en una cuenca árida del norte de México. El método de aproximación de su trabajo se fundamenta en el análisis de imágenes y en análisis de laboratorio. Sus resultados arrojaron impactos relevantes en la conductividad hidráulica del suelo por los procesos hidrológicos, los cambios en el uso de suelo y los métodos de cultivos, lo que ha afectado particularmente el escurrimiento. Sus estudios han permitido concluir que el tamaño, la forma y la continuidad de los poros del suelo condicionan el valor de la conductividad hidráulica.

Los investigadores Eduardo Chávez Ramírez, Guillermo González Cervantes, Alejandro López Dzul y José Luis González Barrios analizan la evapotranspiración en la cuenca baja y media del río Nazas y encuentran resultados relevantes en esta región. Su trabajo se fundamenta en la automatización de la captura de información climática para usarla en términos de pronóstico en tiempo real en el proceso del riego. Sus estudios

han permitido conocer las demandas de agua en los cultivos del nogal y en los forrajes como la alfalfa, lo que ha permitido una planeación precisa del momento y de la cantidad del riego en función de la ubicación en el gradiente de la cuenca y de las condiciones climáticas.

Como se ha asentado, parte medular en la investigación de la disponibilidad del agua para los diversos usos es el estudio de la variabilidad espacial y temporal de la lluvia. Los investigadores Luis Brito Castillo, Anatoliy Filonov, Iryna Tereschenko, Emilio Palacios y César Monzón analizan las tormentas recurrentes de Nayarit y sus implicaciones en el entendimiento de la dinámica de las lluvias de verano. Exponen resultados acerca del origen, las causas e implicaciones de la generación de tormentas en el estado de Nayarit. Estos autores han logrado obtener relaciones funcionales entre las variables climáticas e hidrológicas, haciendo uso de la información histórica de las estaciones climatológicas y de la temperatura del océano.

Miguel A. Velásquez Valle, Klaudia Oleschko Lutkova, Mario Tiscareño López, Jaime de Jesús Velásquez García, J. Arcadio Muñoz Villalobos e Hilario Macías Rodríguez, analizan procesos y fenómenos naturales con un comportamiento no-lineal o caótico. El clima y el suelo son considerados como sistemas dinámicos, por lo que los fractales aleatorios son de gran utilidad para la descripción y modelación de sus propiedades y procesos. En el coeficiente de Hurst, mientras más irregular sea el patrón estructural, la traza o serie de tiempo más grande será su dimensión fractal ( $d$ ), y menor el valor del coeficiente de Hurst, ya que éste es una medida de la rugosidad o de lo dentada que es una serie de tiempo. Los parámetros fractales de series de tiempo de precipitación, escurrimiento y erosión de un andosol extraídos por las técnicas de referencia están asociados a la rugosidad de la superficie del suelo. Por otro lado, los parámetros fractales de la rugosidad del suelo con diferentes manejos de suelo (sistemas de labranza) y adiciones de residuos de cosecha (cobertura del suelo) pueden ser utilizados en modelos hidrológicos y de erosión para predecir el comportamiento hidrodinámico del suelo.

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Miguel Agustín Velásquez Valle, Klaudia Oleschko Lutkova y Jaime Velásquez García analizaron en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán, un suelo andosol mólico, con labranza de conservación y con un manejo convencional. Las técnicas multiescalares de exploración electromagnética, con radar de penetración terrestre y reflectometría del dominio del tiempo, midieron las irregularidades multiescalares de las trazas individuales, así como la rugosidad total de las señales del GPR distribuidas sobre un georradargrama 2D. Los andosoles, al modificar su estructura por los cambios en su manejo, varían en el volumen, en el tamaño de los poros y en la consistencia. La humedad volumétrica ( $\theta_v$ ), la constante dieléctrica ( $K_a$ ) y la densidad aparente ( $\rho_p$ ) del

suelo están fuertemente asociadas a los estados de humedad. Los resultados muestran una marcada correlación entre las dimensiones fractales extraídas a partir de las imágenes micro-morfológicas y las imágenes completas del GPR, así como de sus trazas individuales, que representan las distribuciones de las amplitudes de ondas reflejadas y dispersadas por el medio poroso, así como una correlación alta con las propiedades físicas del andosol.

Miguel Rangel Medina, Rogelio Monreal Saavedra y Christopher Watts Thorp encuentran que el crecimiento económico del estado de Sonora depende de la disponibilidad de agua en la producción agropecuaria y en el hogar. El suministro a la capital estatal y a las actividades agrícolas depende de las aguas subterráneas de la Mesa de Seri, La Victoria, La Sauceda y la Costa de Hermosillo. La sobreexplotación de esta última por la falta de tarifas eléctricas y de agua ha causado un descenso en los niveles estáticos de 20 a 65 m, lo que ha provocado la intrusión salina desde el mar. Para contrarrestarla habrá que homogeneizar las tarifas domésticas con las agrícolas, suprimir los subsidios y beneficiar a todos los habitantes de manera equitativa.

## **Parte 2. Usos del agua, disponibilidad y fuentes alternas**

La parte 2 revisa los usos del agua, su disponibilidad y explora fuentes alternas. Como se ha señalado con anterioridad, el principal usuario de las reservas de agua en el país es el sector agropecuario, cuyo desarrollo se encuentra mayoritariamente localizado en los distritos y unidades de riego en las regiones semiáridas y áridas del país. La eficiencia global en el uso del riego apenas alcanza 40%. También en las aguas subterráneas se han detectado manejos inadecuados que abarcan una amplia gama de procesos. Destacan las bajas eficiencias electromecánicas en los equipamientos de bombeo con alrededor de 28%, lo que implica gran dispendio de energía mecánica en su proceso de conversión a energía hidráulica. En este apartado del libro los investigadores abordan el uso del agua con diferentes enfoques que oscilan desde métodos de análisis con sensoría remota hasta evaluaciones *in situ* de la calidad de agua, los procesos de contaminación, así como el uso y la reutilización de agua tratada en la agricultura y para el consumo humano. La ingeniería de riego es un tema preponderante en las investigaciones relacionadas con el monto utilizado del agua, pero incluye también las preguntas ¿cuándo y cómo se debería abastecer del vital líquido a los cultivos?

Enrique Palacios Vélez y Enrique Mejía Sáez hacen una semblanza de los usos del agua en México y resaltan la importancia del agua destinada al uso agrícola, que ocupa más de 77% de las reservas. Hacen alusión a la falta de esquemas de medición y monitoreo de estas aguas e insisten en que sólo mediante me-

diciones exactas se llegará a una adecuada toma de decisiones en el manejo sustentable del agua de riego. Comparan casos en distintos distritos de riego del país, donde se han utilizado tecnologías avanzadas de medición y calibración mediante imágenes de satélite, para conocer el balance entre la superficie concesionada a los usuarios y la irrigada realmente. Los resultados han servido para normar las dotaciones de agua en los distritos de riego, para conocer el uso del agua subterránea y para programar mejor el empleo del vital líquido.

Felipe Omar Tapia muestra las ventajas de los métodos avanzados de análisis en el estudio del agua. La geomática es una disciplina científica que emerge en el espacio convergente de otras disciplinas previas como los sistemas de información geográfica, la cartografía, la percepción remota, la geodesia y la fotogrametría. En términos comunes se trata de una serie de métodos de adquisición, procesamiento, representación, análisis y sistematización de información y conocimiento con referencia geográfica, con la que se puede localizar un entorno espacial específico. El enfoque sistémico y la generación de información a partir de estos sensores remotos y modelos geo-espaciales incrementan las posibilidades de analizar y comunicar el funcionamiento de procesos que ocurren en un sitio determinado y en un momento definido. Apoyan la toma de decisiones y permiten ahorrar importantes volúmenes de agua en el riego, sin dañar la productividad del cultivo.

En la misma tesitura, Francisco Peña analiza el caso en el Valle del Mezquital, Hidalgo, relativo al uso de aguas residuales urbanas provenientes del Valle de México. Distingue entre la calidad del agua para riego, caracteriza a los actores involucrados, evalúa el desempeño público y diseña una agenda de investigación. La evaluación del riego con aguas de desecho como eje de un tipo de crecimiento agrícola, asociado con políticas de desarrollo rural y de crecimiento urbano, parece haber colapsado. Caracteriza a los actores involucrados en los conflictos; tanto los de casos de riego consolidado con aguas residuales, como aquellos que defienden las aguas limpias para los cultivos. La evaluación del desempeño público está marcada por la lentitud de los procesos de saneamiento, por un evidente rezago al ejecutar las obras planeadas y por una manifiesta incapacidad para aplicar el marco legal vigente. En la agenda de investigación vincula las crisis regionales del agua con la quiebra de la política agrícola nacional.

María del Carmen Potisek Talavera, Uriel Figueroa Viramontes y Rodolfo Jasso Ibarra han realizado estudios de aplicación de biosólidos en suelos de textura arenosa y franco-arcillosa. Evaluaron las propiedades fisicoquímicas en ambos suelos antes y después de la aplicación, así como la presencia de metales pesados como arsénico, cadmio, níquel, plomo y cromo en las diferentes profundidades. En la textura arenosa, el contenido de materia orgánica se incrementó 1%, el pH dismi-

nuyó de 8.5 a 7.0, mientras que en la textura franco-arcillosa la aplicación de biosólidos incrementó el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles, al tiempo que el comportamiento de nitrógeno, como los nitratos, que son las formas disponibles para las plantas, fueron significativamente mayores.

Aldo Castañeda, Hugo Flores, Raymundo Velasco y María Guillermina Martínez han estudiado el efecto de los biosólidos en la productividad del maíz forrajero de temporal en los Altos de Jalisco. Concluyen que dichos productos presentan niveles bajos de patógenos y trazas de otros elementos; por lo mismo, se pueden aplicar confiablemente en los cultivos de forrajes. Al aplicar 37 toneladas base seca de biosólidos clase A por hectárea se incrementó la productividad del maíz en 33%, y los parámetros de seguridad sanitaria se mantuvieron dentro de las normas oficiales vigentes.

Ante una creciente limitación en la disponibilidad de agua en el uso agropecuario se ha tecnificado el riego. Luis Orozco Corral presenta los resultados del manejo del riego en una huerta de manzano bajo riego por microaspersión utilizando sondas de capacitancia para monitorear la humedad del suelo y para conocer el momento de riego acorde con los requerimientos hídricos del cultivo. Concluye que se puede ahorrar hasta 42% en el consumo de agua y 40% en el consumo de energía. El uso de sondas de capacitancia simplifica los métodos de medición de la humedad en la programación de riegos y, en Chihuahua, con 30 mil ha de manzano, se podrían ahorrar 120 millones de m<sup>3</sup> de agua al año.

Salvador Díaz Maldonado y María del Carmen Flores Cano presentan un algoritmo para optimizar las extracciones de la presa Adolfo Ruiz Cortines bajo diferentes escenarios de disponibilidad de agua en el embalse. Comparan los resultados con las decisiones tomadas en el pasado reciente relativas a la dotación de agua, y concluyen que éstas fueron adecuadas. Si se combina el modelo usado en la toma de decisiones futuras con una planeación con múltiples objetivos que permitan interrelacionar usos hidroeléctricos y de riego, se podría hacer más eficiente el manejo integral del recurso y reducir los conflictos existentes por el aprovechamiento del agua.

Rutilo López, Ignacio Sánchez Cohen, Ramón Arteaga Ramírez, Mario A. Vázquez Peña e Irineo López Cruz han calibrado un modelo para la programación de los riegos en tomate de cáscara. Sus parámetros fueron los requerimientos de la planta en relación con la humedad de la atmósfera y con el estado hídrico del suelo. La microirrigación y el acolchado plástico reducen el estrés hídrico del cultivo, aumentan su rendimiento y ahorran agua, además de que se obtuvieron relaciones funcionales para la programación del momento y la cantidad del riego futuro.

Arturo Díaz Franco, Víctor Pecina Quintero, Noé Montes García, Cuauhtémoc Jacques Hernández e Idalia Garza Cano

analizan el uso de diferentes inoculantes en el suelo en condiciones restrictivas de humedad. Concluyen que el trabajo demuestra el potencial que tiene la inoculación de los simbiontes para elevar la altura de la planta y para aumentar el rendimiento del grano y el contenido de la proteína. En condiciones semiáridas, la colonización micorrízica reduce además los efectos del déficit hídrico en sorgo cultivado, en aquellas zonas donde existe una precipitación pluvial errática, lo que se ha convertido en una limitante para la producción de cultivos.

Hilario Macías Rodríguez, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Miguel A. Velásquez Valle e Ignacio Sánchez Cohen han elaborado un paquete tecnológico para la producción de la plántula de chile con técnicas de plasticultura. Sus estudios concluyeron que acolchar el lomo del surco en plantíos de chile tiene repercusiones favorables para el control de malezas; ahorra 40% en la lámina de riego; adelanta hasta veinte días la cosecha, e incrementa en 30% el rendimiento. Mencionan que se puede agregar valor a la producción del chile al industrializarla mediante procesos de secado y empacado, ambos, requeridos por el mercado.

### **Parte 3. Calidad del agua, contaminación y salud**

La parte 3 relaciona la calidad del agua con la contaminación y su repercusión en la salud humana y ambiental. Los problemas derivados de la calidad del agua son variados y algunos, alarmantes. Se han detectado impactos en la salud humana por motivo de la ingesta de agua de mala calidad, y todavía hoy día es causa mayor de defunción, sobre todo en niños pequeños. Las fuentes de contaminantes y su variación espaciotemporal son motivo de diversos estudios en el país. En esta tesitura, la causa antropogénica adquiere relevancia, dado que gran parte del estado que guarda la calidad de las reservas de agua en el país se vincula con las acciones del hombre. Tal es el caso de la contaminación de cuerpos superficiales y subterráneos de agua, pero también la sobreexplotación de acuíferos en diferentes partes del país, donde el abatimiento disuelve minerales que rebasan de manera flagrante las normas oficiales de calidad del agua. Afectan severamente a la salud de los habitantes que la ingieren y que frecuentemente la utilizan como única fuente de abastecimiento. Diversos investigadores presentan resultados en materia de posibles causas vinculadas con el intemperismo geoquímico, con el manejo de residuos químicos, con la disposición de fertilizantes orgánicos en la agricultura, así como con la falta de cumplimiento de las leyes y con el establecimiento de una normatividad oficial eficiente.

Juana Enriqueta Cortés Muñoz y César Guillermo Calderón Mólgora revisan una amplia gama de microorganismos patógenos y contaminantes químicos que pueden estar presentes en las aguas residuales y en los residuos sólidos. El conocimiento acerca de estos contaminantes (algunos regulados y otros llama-

dos emergentes) y su impacto en programas de reutilización es variado. Cuando se pretende utilizar el agua reciclada para fines potables o recargar un acuífero a partir de terrenos agrícolas, se presentan cuatro retos importantes: a. la determinación precisa de las concentraciones de compuestos orgánicos, principalmente los no regulados y emergentes; b. la identificación de microorganismos patógenos y oportunistas de diferentes taxa; c. el establecimiento de un sistema de tratamiento de agua eficiente y económico para lograr su potabilización, y d. la prevención de impactos posibles que los residuos de la potabilización tengan sobre la salud pública y el ambiente. Los investigadores proponen un enfoque de riesgo sanitario para determinar los tipos de tratamiento de las aguas residuales y su posterior uso.

Anne M. Hansen y Carlos Corzo Juárez resumen la política del agua: contar con suficiente agua de adecuada calidad; reconocer el valor estratégico del agua; usar el agua en forma eficiente; proteger los cuerpos de agua, garantizar el desarrollo sustentable y la conservación del ambiente (PNH, 2007-2012). Resaltan las prioridades y las necesidades para la evaluación de la contaminación en cuencas hidrológicas, aludiendo a la política del manejo del recurso hidráulico en México, a sus leyes y normas. Estos autores insisten en que en el país no existen programas de monitoreo de sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables (STPB), de ahí que no haya inventarios ni evaluaciones formales sobre la exposición y los riesgos relacionados con estas sustancias, por lo que en su trabajo proponen una metodología de selección de sustancias en un programa de monitoreo de STPB en agua.

La calidad del agua destinada al consumo humano en el estado de Aguascalientes está severamente impactada. Francisco Javier Avelar, Elsa Marcela Ramírez López, María Consolación Martínez Saldaña, Alma Lilián Guerrero Barrera, Fernando Jaramillo Juárez y José Luis Reyes Sánchez presentan los resultados de la caracterización sistemática de la calidad del agua superficial y subterránea en ese estado. Correlacionan los resultados de los estudios microbiológicos y físicoquímicos de la calidad del agua destinada al consumo humano con los problemas de salud entre los habitantes. Observaron diversas patologías entre las poblaciones expuestas, incluyendo indicadores de daño renal temprano en niños.

En el estado de Hidalgo, estudios llevados a cabo por María Aurora Armienta, Ramiro Rodríguez, Guadalupe Villaseñor, Nora Cenicerros, Olivia Cruz y Alejandra Aguayo y determinan las concentraciones y la distribución de contaminantes en el espacio durante diferentes épocas del año. Entre las conclusiones señalan que la oxidación de arsenopirita y la disolución de escorodita en las zonas mineralizadas del acuífero calizo liberan arsénico en el agua. El grupo de trabajo ha propuesto varios métodos accesibles de tratamiento del agua contaminada, pero a la fecha las autoridades no las han implementado.

La calidad del agua en acuíferos costeros ha preocupado a diversos investigadores; Adrián Cervantes, Martha A. Gutiérrez Aguirre, Thomas Ihl y Frausto Martínez han estudiado la dinámica de los contaminantes en Quintana Roo. Concluyen que de manera general la calidad del agua en los sitios de muestreo cumple con la norma oficial, a excepción de algunas porciones en la parte central del área de estudio, donde el contenido iónico fue más alto. Ahí se ha detectado la presencia de nitratos. Arguyen que la causa potencial puede ser antropogénica o la elevada masa vegetal de la zona.

El estudio de Eugène Perry, Guadalupe Velázquez Oliman y Niklas Wagner analizan la hidrostratigrafía del estado de la península de Yucatán. Mediante estudios de iones de cloro, sulfato y estroncio determinan la intrusión salina y cuantifican su extensión. El agua subterránea del río Hondo y sus alrededores cuenta con altos contenidos de sulfatos y estroncio, bajos en cloro, mientras que en el sur de Campeche encontraron capas de arcillas en rocas del Paleoceno temprano que son capaces de aislar de manera efectiva el agua superficial de la subterránea, la cual es rica en sulfatos. El agua superficial puede constituirse, por esta configuración geohidrológica, como alternativa de suministro de agua potable para las comunidades del área.

También en la península de Yucatán, Julia Pacheco Ávila, Armando Cabrera Sansores, Mercy Pacheco Perera, Manuel Barceló Quintal y Ligia Alcocer Can han establecido un protocolo de mediciones de cadmio en el agua subterránea. Sus conclusiones se enfocan en la eficiencia del diseño del muestreo e indican que los resultados son confiables. Señalan que las concentraciones de cadmio más elevadas se encuentran en la porción noroeste, oriente y en la costa; que esta contaminación puede deberse a los desechos de las granjas, al empleo de fertilizantes fosfatados con alta concentración de cadmio, así como a los tiraderos a cielo abierto, en los cuales existen desechos que contenían cadmio, capaces de infiltrarse al agua subterránea.

Catherine Mathuriau, Norman Mercado Silva, John Lyons y Luis Manuel Martínez Rivera utilizaron los peces y macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en México. Establecieron el estado actual y analizaron algunas perspectivas. Sus trabajos se han centrado en el estudio de la estructura y composición de las comunidades acuáticas, en cinco microcuencas ubicadas en el bosque tropical seco de la reserva de la biosfera de Chamela-Cuixmala. Resaltan la importancia de las charcas originadas tras eventos de precipitación pluvial en la cuenca Chamela para el mantenimiento de la biota. Los principales hallazgos se circunscriben en la descripción de las comunidades acuáticas en función de la permanencia de las condiciones ideales para su existencia.

La subsidencia y la contaminación del terreno han sido correlacionadas con la ineficiente distribución del agua de esquemas hidráulicos inadecuados, con las formaciones geológicas y

con la sobreexplotación de acuíferos, principalmente. Ramiro Rodríguez Castillo e Isaías Rodríguez Velásquez estudian el caso de Guanajuato, donde establecen que la subsidencia en algunas ciudades del estado está más relacionada con la sobreexplotación del agua agrícola que con la demanda urbana, y que el control del uso del agua en la primera es mucho más complicado que en la segunda. Asientan también en su estudio que las fallas geológicas incrementan la vulnerabilidad de los acuíferos locales y facilitan la rápida infiltración de contaminantes desde la superficie. Sugieren una categorización de fenómenos hidrometeorológicos y claman por esquemas de mitigación.

Salvador Israel de la Garza González y Raúl Herrera Mendoza describen los tipos de contaminación en los acuíferos en las zonas semiáridas del noreste de México. Delimitan las zonas de impacto de contaminantes domésticos e industriales según las características de permeabilidad, porosidad y profundidad del suelo y determinan la filtración de hidrocarburos en el horizonte más permeable que van desde los dos hasta los doce metros de profundidad. Proponen además un modelo de biorremediación de suelos y acuíferos contaminados, mediante el cual se logra reducir la contaminación por debajo de los niveles estipulados en la NOM-138.

Ramiro Vallejo Rodríguez y Alberto López López hacen una revisión exhaustiva y presentan un estado del arte de las técnicas de identificación y análisis de compuestos disruptores endócrinos y de su degradación por medio de procesos de oxidación avanzada. Su trabajo concluye que los PAO-O<sub>3</sub> prometen ser uno de los recursos tecnológicos más apropiados no sólo para el tratamiento de las aguas superficiales con presencia de CDE que incluyen hormonas y fármacos, sino que en general se puede utilizar en efluentes contaminados de origen industrial y con compuestos de baja biodegradabilidad.

Linda González y Eleazar Escamilla realizaron un estudio de degradación de un colorante azo rojo reactivo proveniente de la industria textil en un biorreactor de flujo ascendente con dispersión axial. Los resultados mostraron los perfiles de concentración a lo largo del reactor y dentro de la biopartícula a distintas concentraciones de colorante y a distintos valores de tiempo de residencia; éstos revelan una rápida saturación y un rápido alcance de equilibrio, y predicen una menor remoción al aumentar la concentración de colorante en el influente, ya que la degradación de colorantes azo por este tipo de proceso es abiótico-biótico.

#### **Parte 4. Efectos sociale y conflictos**

Aquí se establece una interrelación entre los efectos sociales, los conflictos, la negociación y la planeación para aumentar la disponibilidad del vital líquido y abastecer a todos los involucrados con agua de buena calidad. Desde la frontera norte se percibe

una compleja interrelación entre los factores relacionados con el cambio climático y la escasez de agua, agudizada por un continuo crecimiento de población y por un aumento en la demanda de agua de los procesos agropecuarios, industriales, de servicios y domésticos. Aunque esta región gesta una cuarta parte del producto interno bruto (PIB) nacional y la agricultura ocupa 87% del agua, la venta de agua virtual mediante cultivos comerciales de exportación daña fuertemente los recursos naturales y muy escasos de la región árida y semiárida de México. La costa de Sonora ya muestra en los acuíferos procesos de intrusión de agua salina proveniente del mar; y la falta de una política de tarifas de agua y energía eléctrica que refleje la escasez va a seguir destruyendo el recurso hídrico escaso y a generar nuevos conflictos por privilegiar grupos específicos. En el centro y sur del país se proponen modelos de gestión integral del agua, en los que se promueve la participación ciudadana. No obstante, reticencias de autoridades e intereses creados de una burguesía acostumbrada al sobreconsumo evitan el surgimiento de una economía ecológica racional que pudiera generar una nueva cultura del agua. Al contrario, intereses encontrados entre fraccionadores y autoridades corruptas han impedido un manejo integral desde la cuenca del recurso agua, lo cual ha aumentado la pobreza y la desigualdad en nuestro país.

El trabajo de Javier Matus Pacheco analiza un programa académico del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) de la UNAM de prevención de conflictos y negociación en el siglo XXI. Se trata de un esfuerzo multidisciplinario orientado a incidir positivamente en los grandes problemas públicos que aquejan a la nación para evitar el estancamiento o la violencia, en el peor de los casos. Articula el análisis dinámico y ofrece una metodología que examina temas como el agua para prevenir los conflictos y establecer bases de entendimiento común entre los actores con intereses distintos. Promueve la investigación, la difusión y la aplicación de estas metodologías y técnicas de prevención, además de la resolución de los conflictos entre los actores gubernamentales y la sociedad civil, bajo una perspectiva interdisciplinaria de las ciencias y las humanidades, que siembra en las nuevas generaciones universitarias la inclinación hacia la prevención y la resolución de los conflictos.

Úrsula Oswald Spring parte del concepto de seguridad del agua y lo relaciona con otras seguridades, como la alimentaria y la de salud. Escasez, contaminación y mayor presión sobre el recurso han provocado un número creciente de conflictos hídricos. Propone un modelo de hidrodiplo-macia, donde se organizan las partes del conflicto, se buscan alternativas técnicas y se negocia una gestión integral del recurso desde la cuenca hasta la casa. Mediante métodos de conciliación de conflictos, los involucrados resuelven de manera pacífica sus divergencias, ahorran agua y se involucran activamente en la gestión de una cultura del

agua, basada en los derechos humanos y en el uso sustentable y racional del recurso, con el fin de garantizar a todos los ciudadanos su supervivencia y una gobernanza del agua en favor de un desarrollo sustentable del país.

Vicente Germán Soto y José Luis Escobedo Sagaz evalúan la información recolectada por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) entre México y los Estados Unidos, Sección Mexicana, sobre los promedios anuales del flujo de aguas en doce puntos de medición, ubicados a lo largo del río Bravo entre 1933 y 2005. Los resultados de las ecuaciones de regresión indican que prevalece un marco de respeto hacia los acuerdos establecidos por ambas naciones en materia de agua y señalan además que los cambios registrados responden a las modificaciones en los tratados, a la construcción de infraestructura hidráulica y a las épocas de sequía que provocaron variaciones en los flujos de agua. Fuera de estos acontecimientos, se mostró que los flujos de agua se mantuvieron constantes y que los tratados habían sido respetados.

Andrés Ávila Akerberg postula que las condiciones climáticas desfavorables en la región árida y semiárida, un aumento en la temperatura y las urbes fronterizas que han mantenido un crecimiento continuo han convertido el tema del agua en la frontera México-Estados Unidos en un asunto de seguridad nacional. La economía fronteriza y la presencia de la industria maquiladora de exportación ha impactado negativamente en los recursos hídricos y la contaminación ha deteriorado la calidad del agua y ha reforzado la escasez. Ello impacta en la economía del país, ya que aporta cerca de una cuarta parte del PIB nacional. Por último, los Estados Unidos también sufren por problemas similares de gestión del agua, por lo cual, se requiere de acuerdos para manejar también los acuíferos que no están contemplados en el Tratado de 1944.

José Luis Castro Ruiz, Alfonso A. Cortez Lara y Vicente Sánchez Munguía se inquietan por el potencial conflicto en relación con el uso del agua en la región fronteriza entre los Estados Unidos y México, relacionado con el crecimiento urbano y con su mayor demanda del vital líquido. Lo anterior se torna aún más crítico cuando se observa un uso y un manejo ineficiente del riego agrícola, que todavía emplea 87% del agua en la agricultura. Han existido múltiples conflictos por el acceso al agua en esta franja fronteriza y en 2001 Texas ha presionado a México para que entregue las cantidades de agua pactadas a pesar de una severa sequía. Al otro extremo de la frontera, en la cuenca baja del río Colorado, se gesta un conflicto por el proyecto de revestimiento del Canal Todo Americano, que pudiera reducir la escorrentía subterránea en México. Incertidumbre, arreglos en términos de buena vecindad e intereses comunes han avanzado poco para mejorar el aprovechamiento y la gestión del agua en el marco de la cooperación binacional para un desarrollo sustentable en ambos países.



María Victoria Olavarrieta Carmona, Christopher Watts Thorp, Juan A. Saiz Hernández, Julio César Rodríguez, Miguel Rangel Medina, José Luis Moreno Vázquez y Jorge Ramírez Hernández evalúan la disponibilidad del agua que limita las actividades productivas, sobre todo las agropecuarias, y hasta los servicios y el consumo humano. La Costa de Hermosillo es un caso extremo de sobreuso de agua subterránea, tanto por sus condiciones climáticas extremas como por la infraestructura agrícola altamente desarrollada y dependiente del riego. La región cuenta con escasos aportes superficiales y al sobreexplotar sus acuíferos se han abatido los niveles estáticos de 20 a 65 m, lo que ha provocado la intrusión de aguas salinas. Además, los subsidios a la energía eléctrica para los agricultores han alentado el desperdicio del agua, a veces aun en cultivos poco rentables (el servicio público-doméstico paga hasta cinco veces el precio de la tarifa agrícola). El estudio pretende sensibilizar a los usuarios ante la creciente escasez de agua subterránea, así como alertar a la sociedad ante conflictos potenciales por el dispendio en el uso del agua subterránea entre los diferentes usuarios.

Claudia Rocío González Pérez y Antonina Galván Fernández desarrollan una intervención social para generar una cultura de sustentabilidad y resiliencia ante emergencias hidrometeorológicas. El dengue y las enfermedades gastrointestinales surgen con el aumento de la temperatura y con el inicio de la lluvia; las comunidades de Pijijiapan en Chiapas diseñaron estrategias de prevención. Asimismo, la comunidad optimizó el manejo del agua, el mantenimiento de la infraestructura hidráulica, el saneamiento de las fuentes de captación y se concienció de la conservación del agua limpia, pero falta establecer las interrelaciones con los procesos productivos, con el cuidado del ganado, la limpieza de los corrales, su saneamiento y con el saneamiento de las descargas comunitarias a fin de lograr el mejoramiento de la salud comunitaria.

Fernando Méndez, Lidia Ceballos, Marta Alcocer, Cristian Geradon, Eduardo Espinosa y Maicara Vera exponen la experiencia comunitaria en el rescate del río San Miguel, en Malinalco, Estado de México. Mediante talleres, el levantamiento de encuestas, la elaboración de croquis, la limpieza del río, el levantamiento topográfico y el rescate de saberes se alcanzó un diálogo sincero con la comunidad. Una vez entendida la interrelación entre agua contaminada y salud, la comunidad clausuró las descargas domésticas al río e instaló biodigestores y microplantas anaeróbicas depuradoras de aguas residuales. Paralelamente, erradicó basureros a lo largo del río y la participación comunitaria permitió la reapropiación de su río como un bien ambiental colectivo que requiere de cuidado y mantenimiento.

José Luis Pimentel, Martha Alicia Velázquez Machuca, Martín Sánchez Rodríguez y José Luis Seefoo Luján presentan un estudio multidisciplinario de la gestión y la calidad del agua en la cuenca del río Duero en Michoacán. Hacen énfasis en la

contaminación del agua y en su tratamiento. Con información de tipo social, técnica y de normatividad elaboraron un diagnóstico de la condición física, química y socioeconómica de la cuenca que pudiera servir de instrumento de gestión para las organizaciones de usuarios del agua y las instituciones relacionadas con ella. A partir de estos resultados se han establecido patrones de contaminación e impactos en variables de salud humana y ambiental; el estudio se ha expandido hacia las aguas superficiales y subterráneas, hacia la ciénaga de Chapala y hacia las aguas subterráneas del río Duero.

Gerardo Barrera Camacho y Miguel Bravo Espinosa analizan el conflicto entre los procesos de degradación de los recursos naturales causados por la población rural de Cointzio, por la administración pública y por la sociedad de Morelia, que dependen de la presa de este lugar para su abasto de agua potable. Los campesinos viven en condiciones precarias y no perciben la necesidad del cuidado ambiental, mientras que los capitalinos pugnan por un manejo integral de la cuenca. Éste se logrará sólo cuando se dé valor económico a los servicios ambientales, junto con el respeto a las ideologías, creencias y valores éticos, que constituyen la base para una gestión integral de los recursos hídricos.

David Barkin documenta una investigación sobre la gestión del agua urbana en México. Muestra la incapacidad de las autoridades para garantizar un servicio adecuado y accesible al agua urbana, así como la falta de protección de los ecosistemas aledaños, de los cuales depende el suministro del agua. A esto se suma cierta reticencia por alentar la participación social en la gestión del recurso hídrico y en la vigilancia de los servicios públicos. En los marcos teóricos de una nueva cultura del agua y de una economía ecológica concluye que estos problemas forman parte de una estrategia para poner el agua al servicio de las élites y del capital internacional, aunque se afecten las necesidades sociales más apremiantes, lo que genera conflictos sociales y los problemas ambientales.

Jorge Morales Novelo y Lilia Rodríguez Tapia analizan la escasez del agua en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Revisan históricamente la evolución y la gravedad de la escasez del agua, donde no sólo se analiza el manejo de los acuíferos del propio valle, sino también la explotación de las cuencas del Lerma y Cutzamala. Con los patrones existentes de consumo, la capital y sus zonas conurbadas no contarán en 2025 con agua suficiente para cubrir la demanda del vital líquido. Ello obliga a promover una política hídrica basada en el uso eficiente del agua, donde se modificarán los patrones de consumo del agua hacia formas altamente eficientes, mediante cambios tecnológicos, una racionalidad administrativa con aumentos de tarifas y un cambio hacia una cultura integral del agua, donde participen equitativamente todos los usuarios.

Rocío Rueda Hurtado y María Alicia de los Ángeles Guzmán Puente analizan un desarrollo urbano de 4,000 viviendas de interés social en Ahuatlán y lo comparan con el Condominio Residencial Real de Tetela en Cuernavaca. Aunque fue una lotificación planeada, el abasto de agua era insuficiente desde el principio. Las viviendas populares reciben todos los días agua durante doce horas, mientras que la zona habitacional se abastece cuatro veces por semana durante tres horas. Si se construyen nuevos fraccionamientos aumentará el déficit del vital líquido, además de que la urbanización priva a la capital de Morelos de una zona de infiltración y de tránsito hídrico. La falta de una planeación integral e intereses de corto plazo agudizarán no sólo la falta de agua, sino que afectarán el futuro de toda la capital.

### **Parte 5. Políticas públicas, instituciones y aspectos jurídicos**

Se exploran políticas públicas, instituciones existentes en agua y se revisa su desempeño. Los aspectos jurídicos pasados y presentes, así como las normas y los reglamentos relacionados con el agua han experimentado cambios y ajustes al crecimiento poblacional y en la gestión sustentable del recurso. No obstante, sigue prevaleciendo una administración jerárquica, a veces con elementos autoritarios, que impide la participación ciudadana. Aporta también apoyos técnicos y organizacionales para los sistemas operadores de agua municipal que tratan de cumplir, a pesar de la falta de recursos, de instalaciones obsoletas y poco funcionales, de usuarios morosos y de presiones por parte de las autoridades federales y estatales, quienes exigen un servicio de calidad.

Un tema crucial es la contaminación puntual pecuaria y la difusa agrícola, en las que la falta de una norma y del cumplimiento de acuerdos logrados puede dañar los recursos existentes. Asimismo, en zonas áridas e hiperáridas, el abasto de agua proviene exclusivamente de los acuíferos que se encuentran en franco proceso de agotamiento. Las leyes existentes y las normas vigentes han priorizado el agua superficial y han dejado de lado la gestión integral de los acuíferos en relación con el agua superficial, con la cubierta vegetal y con los procesos productivos y su potencial contaminación. Estas reservas de agua en el subsuelo se han tornado crecientemente más importantes ante el cambio climático. Más aún, la mayoría de los sistemas operadores del país se abastece de aguas subterráneas; la prevención y el manejo integral de los acuíferos es crucial en una gestión integral hídrica.

La nueva gestión del vital líquido requiere formas distintas de participación ciudadana y, por lo mismo, se han elaborado diversos métodos capaces de integrar los distintos autores en un proyecto de manejo de la cuenca, donde aspectos geohidro-

lógicos, de cubierta vegetal y de flujos hídricos se combinan con el uso agropecuario, doméstico e industrial y donde frecuentemente, los cauces de los ríos se han convertido en drenajes. Estos procesos participativos se ven limitados por las existentes leyes y prácticas gubernamentales, pues intereses faccionales han impedido conservar o recuperar microcuencas y aprovechar de manera más sustentable los recursos naturales. Pero son también límites presupuestales los que han truncado proyectos bien diseñados, particularmente, cuando estaban vinculados con tiempos políticos precisos. Ante estos obstáculos se proponen planes maestros capaces de superar los periodos gubernamentales y dejar en manos de la sociedad organizada los proyectos, de modo que inversiones privadas y gubernamentales se combinen con aportaciones ciudadanas y de otras fuentes, pero dentro de un plan común. El seguimiento riguroso es crucial para evitar la pérdida de la confianza y el desánimo en la participación ciudadana, al tiempo que se limita la corrupción y se cuidan los recursos escasos.

Carlos Díaz Delgado, María Vicenta Esteller, Alejandro Velasco Chilpa, Carlos Manuel Arriaga Jordán, José Martínez Vilchis, Miriam Colín Mercado, J. Israel Ojeda Chihuahua y Jorge Ramírez Zierold concatenan esfuerzos académicos de seis universidades de la ribera del río Lerma y de la ANUIES con trabajos institucionales en la constitución de la red Lerma, donde se fortalecen las capacidades locales y regionales para alcanzar un desarrollo sustentable en la región. Una guía metodológica de gestión integrada de recursos hídricos combina la planeación participativa estratégica con el modelo de presión-estado-impacto-respuesta. Perspectivas multisectoriales y multidisciplinarias convergen en un espacio interinstitucional de una red local, bajo el nombre de unidad interdisciplinaria de trabajo.

Arsenio Ernesto González Reynoso e Itzkauhtli Zamora Sáenz exponen un plan maestro del río Magdalena en la Ciudad de México, que incluye la restauración y rehabilitación de la cuenca, obras hidráulicas y ambientales, aspectos culturales, participación política, social y económica de múltiples actores sociales que viven a lo largo del río. Mediante procesos transversales, interdisciplinarios e intersectoriales se logró un diagnóstico integral, en el que se conciliaron los intereses entre los habitantes de diferentes clases sociales, lo cual permitió diseñar un plan flexible y adaptable a nuevas circunstancias para detonar obras públicas y crear una cultura ambiental. No obstante, las actuales estructuras de participación son insuficientes, ya que los intereses, representaciones y aspiraciones obligan a identificar a los actores sociales y a delimitar el espacio no como un proceso natural sino negociado. Asimismo, la rehabilitación de cuerpos de agua requiere de un modelo de factibilidad social, que prevenga las movilizaciones ulteriores y garantice la coordinación entre las dependencias gubernamentales.

Alejandra Martín Domínguez, Víctor Javier Bourguett Ortiz, Flor Virginia Cruz Gutiérrez, Miguel Ángel Mejía González, Juan Maldonado Silvestre, Gustavo Armando Ortiz Rendón, Petronilo Cortés Mejía, Arturo González Herrera, Martín Piña Soberanis, María de Lourdes Rivera Huerta, Leticia Montellano Palacios, Víctor Hugo Alcocer Yamanaka, Carlos Eduardo Mariano Romero y Velitchko Georguiev Tzatchkov evaluaron organismos operadores de agua en un valle del altiplano de México. Elaboraron un plan de acción que incluyó un diagnóstico de las fuentes de abastecimiento, la demanda de agua potable, la operación de las potabilizadoras, la calidad del agua, el sistema comercial y contable del organismo operador, así como un análisis de posibles fuentes alternas de abastecimiento para la ciudad y su zona conurbana. Este modelo puede aplicarse también en otras regiones del país, caracterizadas por la poca disponibilidad y por la mala calidad del agua en sus fuentes de abastecimiento; por un acelerado deterioro de la infraestructura que limita la extracción eficiente del agua; por la existencia de un sistema tarifario que no permite cubrir los gastos de operación y entonces se dificulta el acceso a los recursos financieros que permitirán operar de manera eficiente el sistema.

Rosario Pérez Espejo discute los problemas que presenta el diseño de políticas agroambientales para el control de la contaminación del agua. Presenta resultados iniciales de un estudio realizado en el distrito de riego 011 en Guanajuato, donde el objetivo es el acopio y análisis de información para la toma de decisiones. En primer lugar discute el papel de la agricultura en procesos de degradación y las implicaciones en las políticas sectoriales. Señala la necesidad de un diseño de políticas consensuadas, donde se consideren los diversos intereses de los usuarios del agua para riego, con el fin de no afectar el bienestar social e individual de la población y del ecosistema.

Nicolás Pineda Pablos y Alejandro Salazar Adams analizan la escasez del agua en las regiones áridas y desérticas del Norte de México y suroeste de los Estados Unidos, afectadas por el cambio climático. En la medida en que crece la población y se concentra en núcleos urbanos se requieren instituciones apropiadas que manejen eficientemente el agua, que contribuyan a la calidad de vida y cuiden la sustentabilidad social y ambiental. El conjunto de reglas, procedimientos, usos y costumbres limitan un comportamiento sustentable en el uso del agua en actividades cotidianas, agrícolas, pecuarias e industriales. La descentralización, el nivel de autonomía, la participación ciudadana, la asignación de responsabilidades de distintos niveles y la autogestión, así como la exigencia de un cobro y esquemas de mercado determinan en buena medida la cantidad de agua consumida per cápita y el volumen de aguas residuales desechado.

Judith Domínguez Serrano estudió los cambios institucionales, jurídicos y sociales en México para lograr una gobernanza

efectiva del agua después de la reforma a la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en 2004 en la región hidrológico-administrativa x del Golfo Centro. A pesar de tratarse de una de las regiones más contaminadas del país, con gran déficit de cobertura en el servicio público de agua y con un mayor financiamiento federal, las áreas más marginadas no han recibido agua potable y alcantarillado. Además, el desarrollo de infraestructura ha impedido la creación de capacidades locales y la formación de autoridades o actores sociales responsables en el manejo del agua; las plantas de tratamiento no pueden revertir la contaminación por carecer de operadores capacitados. Mediante una gobernanza del agua centrada en los actores se promueve una mayor participación, cambios institucionales y reformas legales necesarias para resolver los problemas ancestrales de falta de infraestructura y contaminación en el agua.

Germán Santacruz de León expone una gestión del agua en la cuenca del río Valles en la Huasteca, a partir de un diagnóstico entre ciencias sociales y naturales. La falta de un servicio de agua entubada incide en la reducción de la disponibilidad del agua durante los últimos treinta años, a pesar de existir una aparente disponibilidad del recurso. Un proceso de urbanización y la expansión de la frontera agrícola han propiciado no sólo un cambio en el uso del suelo, sino que han deteriorado la calidad del agua. Los habitantes identifican como causa principal la contaminación bacteriológica del agua. El trabajo concluye que los esfuerzos gubernamentales se han enfocado a la resolución del problema, pero no a la prevención, lo que es siempre más barato y causa menos enfermedades.

Jaime Martínez García estudia en la ciudad de San Luis Potosí la eficiencia de la entidad paragubernamental Interapas como proveedora del servicio de agua potable. Encontró que el servicio es deficiente y poco sustentable, de acuerdo con los principios de Dublín. Existe un subdesarrollo institucional que incluye *inter alia* una organización interna deficiente caracterizada por un manejo patrimonialista, rentista y clientelar, donde prevalece el distanciamiento entre gobernantes o usuarios y donde se imponen las decisiones. Al promover leyes del mercado, se alcanzó la eficiencia económica en la gestión del agua. Sin embargo, este proceso no resolvió la inequidad existente y ahora sólo se provee agua potable a quien puede pagarla y se excluye a los sectores de más bajos ingresos. Una reestructuración de políticas públicas debería incluir el compromiso de garantizar a los vulnerables como derecho humano el abasto del vital líquido, y para el resto de la sociedad, un servicio de calidad con eficiencia económica.

José Luis Lara Valdés analiza el uso del agua en el estado de Guanajuato desde los tiempos prehispánicos. Ante una creciente escasez se presentan controversias y conatos de conflictos por la prevalencia de usos y costumbres novohispanos, que incluyen rituales de pueblos originarios ajenos a las leyes actuales

del manejo del agua. Al historiar el agua en regiones del estado de Guanajuato, se analiza el estado de las investigaciones publicadas y se ponen en claro los documentos no editados para reestructurar académica y administrativamente en la Universidad de Guanajuato la formación de cuerpos académicos multidisciplinares que se puedan integrar a redes científicas externas y que sean capaces de entender la gestión del agua integral.

María de Jesús Ordóñez, Celia López Miguel y Paloma Rodríguez entrelazan en su análisis los valores culturales con los naturales, pues es primordial señalar que desde los primeros asentamientos que poblaron la península de Yucatán el agua era sagrada por su escasez. En Dzibilchaltún, un refugio nacional entre la selva y la costa, ahora presionado por la expansión de la mancha urbana de Mérida, existen más de cien pozos naturales y artificiales, ya que no hay ríos superficiales. Estas aguas subterráneas están amenazadas por la contaminación de desechos humanos, animales, de producción agrícola e industrial, pero los prolongados periodos de sequía o los impactos de huracanes han mostrado en el pasado, con el colapso de la civilización maya, los límites de aprovechamiento del preciado líquido, fenómenos que siguen vigentes en el presente.

## REFLEXIONES CONCLUSIVAS

En las reflexiones conclusivas, Úrsula Oswald Spring sintetiza las sugerencias que se discutieron durante el primer encuentro en Cocoyoc. Destaca la compleja y contradictoria, a veces caótica, interrelación entre el cuarteto ambiental: aire, biodiversidad, suelo y agua; y el cuarteto social: crecimiento poblacional, sistema rural y urbano y procesos socioproductivos. En relación con los temas con deficiente tratamiento científico en la investigación del agua destacan la falta y la poca profundización en la investigación y las metodologías comparativas de la contaminación y sus repercusiones en la salud humana, los brotes epidemiológicos y la afectación de los ecosistemas. La escasez del agua superficial y subterránea, agravada por el cambio ambiental global, requiere entenderse en toda su profundidad y con las repercusiones en salud y el deterioro de los ecosistemas, su capacidad de resiliencia y su potencial de adaptación. Tecnologías adecuadas y generadas en el país, una administración eficiente y tarifas socialmente conciliadas que cubran los costos de la gestión del agua, pero que protejan a los más vulnerables y les garanticen agua limpia, pudieran llevar a México hacia una cultura del agua. La integración de investigaciones interinstitucionales, multidisciplinarias y con participación de autoridades y ciudadanos involucrados en la gestión del agua ofrecería mecanismos para reducir los conflictos ambientales y para garantizar agua de calidad a todos los interesados, sin que por ello se destruyan los ecosistemas y las finanzas públicas. Las privatizaciones en la gestión del agua no han podido resolver

las deficiencias de la infraestructura ni el acceso desigual al vital líquido; se requieren leyes y normas distintas para optimizar la confluencia de recursos públicos, privados y sociales.

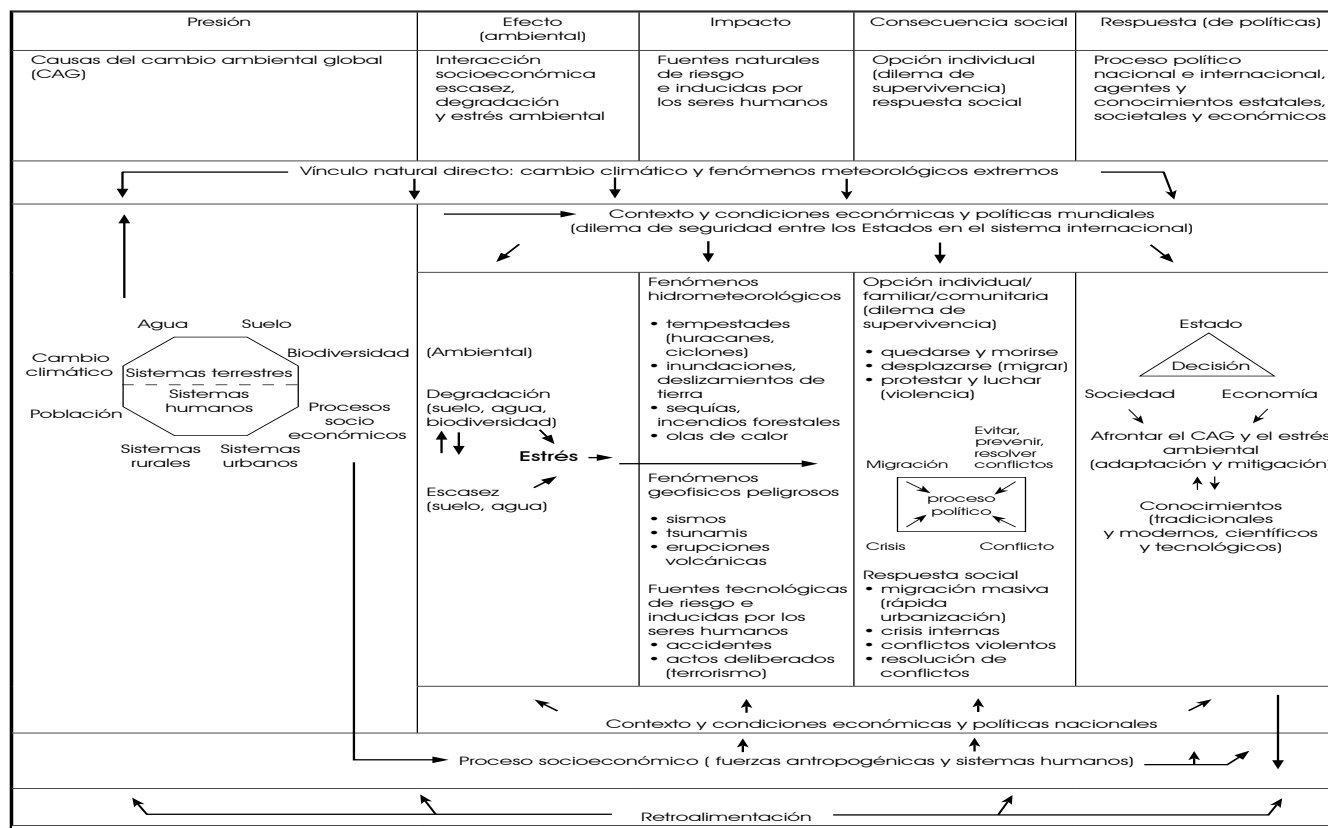
El cambio climático, eventos hidrometeorológicos más severos y su afectación a las tierras secas y a la producción agropecuaria exigen cambios en los procesos productivos. Los sistemas ahorradores de agua y la eficiencia en cada gota de agua para producir el agua virtual necesitan paquetes tecnológicos de acolchado, microrriego, microtúneles, reutilización de esquilmos agrícolas, biofertilizantes y sondas de capacitancia para monitorear la humedad del suelo y conocer el momento de riego, acorde con los requerimientos hídricos del cultivo que a su vez permitirán sistemas de ahorro y de eficiencia en el manejo del agua. No obstante, la cultura del productor, la falta de confianza en las acciones gubernamentales, la corrupción y la idiosincrasia de los productores tradicionales, limitan el uso y la promoción de dichos paquetes tecnológicos y, por ende, el mejoramiento de la calidad de vida de los campesinos.

Un manejo integral del agua significa transformar el saneamiento al final del tubo por una política que evite la contaminación y que genere procesos productivos limpios. El desarrollo urbano caótico y el abandono de una política rural sustentable obligan ahora a un ordenamiento territorial y ambiental integral, en los que sólo mediante procesos participativos se puede beneficiar a todos los involucrados. Asimismo, se requieren mecanismos legales y financieros para cuantificar los servicios ambientales y pagar a los proveedores que se ubican generalmente en las cabezas de las cuencas, que son los pobladores más pobres de nuestro país.

El reto analítico de lograr un diagnóstico transversal de las investigaciones del agua que termine en políticas públicas sustentables y justas es complejo. Estamos apenas al principio de una hazaña, en la que disciplinas generalmente separadas empiezan a tejer una fina red de interrelaciones, y que también significa establecer diferentes niveles de análisis, lo cual impide la falacia de niveles equivocados. Para entender los fenómenos del cambio ambiental global, y en particular del cambio climático, dentro del marco de un esquema analítico interdisciplinario y dinámico se propone iniciar con el modelo PEISOR<sup>1</sup> (gráfica

1 El modelo PEISOR fue evolucionando gradualmente a partir de un modelo estímulo-respuesta de la Unión Europea y se desarrolló hacia una interacción de factores naturales y sociales con complejas retroalimentaciones por las condiciones socioeconómicas y políticas mundiales existentes, agravados por el cambio climático. Fue presentado ante la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCDD, por sus siglas en inglés) en un texto elaborado por Úrsula Oswald Spring y Hans Günter Brauch (2009: 11).

**Gráfica It.1**  
**Modelo PEISOR para analizar la seguridad ambiental**



Fuente: Oswald y Brauch, 2009a:11

It.1), que ha evolucionado paulatinamente. Se compone de cinco elementos:

1. P: presión que incluye la interacción entre ocho factores socioambientales que constituyen el cambio ambiental global.
2. E: efectos de las interacciones entre escasez, degradación y estrés ambiental.
3. I: impactos por eventos hidrometeorológicos extremos que se convierten en desastres por las actividades humanas.
4. SO: consecuencias societales como hambrunas, migración forzada, ciudades perdidas, conflictos ambientales, guerra por recursos y Estados fallidos.
5. R: respuesta de los involucrados y afectados ante los procesos dinámicos del cambio ambiental global.

La presión interrelaciona los cuatro factores naturales (aire, agua, suelo y biodiversidad) con los cuatro procesos humanos (crecimiento poblacional, sistemas rurales, sistemas urbanos y procesos socioeconómico-productivos). En los sistemas naturales, el aire es afectado por el intenso uso de los hidrocarburos

fósiles, lo que ha generado el cambio climático. Menor precipitación o a veces lluvias torrenciales reducen la disponibilidad y la calidad del agua, a la vez que erosionan y desertifican los suelos. La falta de agua a lo largo del año, las inundaciones, la pérdida de fertilidad del suelo, la desertificación limitan la biodiversidad. Esta interacción destructiva se expresa en la contaminación del aire, en las temperaturas extremas, en sequías; en escasez y en la contaminación del agua; en la degradación de los suelos y en la afectación o en la destrucción de los ecosistemas con la pérdida de la biodiversidad. A su tiempo, los sistemas sociales caracterizados por el crecimiento poblacional presionan sobre los recursos naturales. El cambio en el uso del suelo y en la intensificación de los procesos socioproducidos está transformando los sistemas rurales y urbanos. La creciente demanda de los recursos naturales (agua y alimentos) ha causado escasez, mientras que la intensificación de los procesos industrializados ha originado desechos y contaminación; ambos procesos degradan tanto los sistemas naturales como los humanos.

Los efectos de la interacción entre los sistemas terrestres y humanos causan escasez, degradación y estrés ambiental. El rápido aumento de la población mundial (tres veces durante el

siglo xx), la mayor demanda de agua (seis veces durante el siglo xx), así como el uso de alimentos en biocombustibles, junto con una urbanización caótica, han provocado nuevos riesgos (inundaciones, deslizamientos de tierras, pérdida de la fertilidad de suelos y erosión). Este estrés ambiental deteriora aún más los sistemas naturales y afecta los sistemas sociales. En la medida en que se presentan mayores señales del cambio climático, el agua, los suelos y la biodiversidad se deterioran aún más. Un entorno natural dañado reduce la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y presiona los sistemas sociopolíticos debido a las pérdidas humanas por los desastres y a los altos costos económicos en la reconstrucción.

El impacto del estrés ambiental agravado por el cambio climático ha incrementado la intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos. Mientras que las sequías han provocado incendios forestales, la erosión eólica, las tolvaneras y las ondas agudas de calor o de frío han afectado la salud humana y la funcionalidad natural. A su tiempo, sequía y huracanes han deteriorado los servicios ambientales y han afectado sobre todo a los más vulnerables, entre quienes están las mujeres y los niños.

Las consecuencias societales son múltiples y se retroalimentan negativamente. Una mayor vulnerabilidad socioambiental afecta el desarrollo personal y socioeconómico. Procesos de desertificación, sequías e inundaciones destruyen la producción agropecuaria y deterioran los medios de subsistencia de las poblaciones rurales, frecuentemente marginadas y pobres. La consiguiente disminución en agua y alimentos, a raíz de la pérdida de la fertilidad natural del suelo ha propiciado hambre y hambrunas en diversos países. En la búsqueda por mejorar las condiciones de vida, con la migración se originan conflictos por tierras, alimentos, agua y trabajo. Estas complejas interrelaciones entre los fenómenos ambientales y sociales han agudizado en México los conflictos y han provocado algunos enfrentamientos por el usufructo o la posesión de las tierras de cultivo, de los manantiales, pozos y ollas de agua. Según la Procuraduría Agraria, en 2007 existían cerca de 390 mil conflictos agrarios que se han desatado a raíz del cambio del artículo 27 constitucional y hay casi el mismo número de conflictos a causa del agua.

La respuesta se refiere a los procesos políticos, en los que interactúan tres protagonistas centrales: el Estado, la comunidad de negocios y la sociedad. La mitigación y la adaptación ante el cambio ambiental global se desarrollan a partir de los conocimientos tradicionales y modernos, así como de los avances tecnológicos y científicos. Las decisiones están atadas a un proceso de negociación que logre acuerdos consensuados entre los tres sectores sociales; que tome en cuenta la compleja interrelación entre los sistemas naturales y sociales. El cambio climático, el deterioro del agua, de suelos, de la biodiversidad, los cambios en los sistemas rurales y urbanos, la intensificación

de los procesos productivos y las altas tasas de crecimiento poblacional causan múltiples peligros para la seguridad nacional e internacional, pero también para la seguridad humana. Por ello, una buena gobernanza exige procesos anticipados de aprendizaje, en los cuales se conciente a la población acerca de los peligros y de las amenazas ambientales y sociales. Requiere además de políticas proactivas que permitan prevenir y reducir las interacciones negativas entre los factores ambientales y los procesos sociopolíticos.

Sin duda alguna, la historia de México ha sido aleccionadora al respecto. Desde el colapso de la civilización maya debido a la sobreexplotación de los recursos escasos, que pasó por la Conquista con hambrunas, epidemias y por el genocidio de la población nativa, hasta la Independencia y la Revolución con largos periodos de sequía, se puede encontrar una interrelación entre los factores naturales y las coyunturas sociopolíticas adversas. Estas experiencias pasadas deberían alertar al conjunto de la sociedad mexicana, ya que la situación actual del país es delicada en términos socioambientales y políticos. Desde 1994 se ha presentado una sequía y desde 2005 se dio un número mayor, y más fuerte, de huracanes e inundaciones, lo que ha intensificado la pobreza entre la población rural y ha obligado a la emigración hacia los Estados Unidos. El cierre de la frontera con México y la ley antiinmigrante SB1070 de Arizona, cuyo resultado es un mayor número de mexicanos apresados y expulsados, cuando sólo habían buscado trabajo y mejores condiciones de vida en el otro lado de la frontera, se tornan más complejos aún con la guerra contra el narcotráfico y con la creciente inseguridad pública.

El diagnóstico de las interrelaciones complejas entre los sistemas naturales y humanos mediante el modelo PEISOR representa un primer acercamiento a la transversalidad de los problemas y al análisis interdisciplinario, temas del presente libro. En la superación de los círculos viciosos entre la degradación de los recursos naturales y la pérdida de la calidad de vida se ubica la preocupación del presente texto. En México, la reducción de los riesgos y una soberanía alimentaria a largo plazo están fincadas en una interacción dinámica entre el agua, los suelos, el mitigamiento de los gases de efecto invernadero, la producción sustentable agropecuaria, los precios accesibles de alimentos, la educación de calidad, así como entre las políticas y los subsidios para el fomento rural e industrial y la generación de empleos. Ello permitiría prevenir salidas sociales indeseadas y condiciones de supervivencia de alto riesgo, como las reflejadas en las migraciones ambientales forzadas, en la inseguridad pública, en los conflictos violentos, en el hambre y en la obesidad. Sin duda alguna, el análisis de la gestión del agua es altamente complejo y obliga al gobierno, a la sociedad y a las empresas a negociar un modelo de desarrollo alternativo en el cual prevalezca la paz sustentable y se diriman los conflictos con modelos de hidro-

diplomacia. Una cultura integral del agua permitirá un futuro menos azaroso y más sustentable en lo ambiental, en lo social y en lo político.

## AGRADECIMIENTOS

Este libro es resultado de años de trabajo colectivo entre investigadores interesados en los temas del agua; el CONACYT promovió una red temática del agua y las instituciones académicas promovieron entre sus científicos la participación activa. Recibió múltiples apoyos, primero para poder llevar a cabo el Primer Encuentro de la Red Temática del Agua CONACYT; después para analizar los trabajos entregados; y finalmente, para contar con este libro. La doctora Estela Morales, coordinadora de Humanidades de la UNAM y la doctora Ana María Chávez, directora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM) de la UNAM nos apoyaron a lo largo del proyecto y nos estimularon para interrelacionar los aspectos físico-ambientales con los sociales y culturales. El doctor José Antonio de la Peña, Director Adjunto de Desarrollo Científico y Académico y el doctor Tomás Viveros, coordinador de Redes Temáticas CONACYT, se involucraron activamente en el desarrollo de la RETAC y nos retroalimentaron en la parte científica y administrativa para llevar a buen término este libro, y con ello la consolidación de la RETAC.

Sin duda alguna, un agradecimiento especial le tributamos a los cientos de dictaminadores anónimos, quienes evaluaron a veces en muy corto plazo los capítulos, volvieron a revisar las correcciones exigidas e hicieron sugerencias adicionales. Especial agradecimiento reciben los miembros del Comité Científico-Técnico de la RETAC, los doctores Rosario Pérez Espejo, del Instituto de Investigaciones Económicas (IIEC) de la UNAM; Alejandra Martín, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); Ignacio Sánchez Cohen del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA/INIFAP) Jaime Garatuzza, del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON); Christopher Watts, de la Universidad Autónoma de Sonora, y Eugenio Gómez, quienes con profesionalismo evaluaron gran parte de los artículos de esta publicación y participaron activamente en la organización del primer encuentro. La licenciada Miriam Miranda y Ángel Paredes Rivera fueron cruciales en el avance profesional de este proyecto, ya que mediante miles de correos electrónicos, de llamadas telefónicas, y de la revisión biográfica de los autores nos brindaron la oportunidad de avanzar en esta publicación. Agradecemos también a la Dra. Serena Eréndira Serrano Oswald la traducción profesional del texto de Eugene Perry *et al.* “Geoquímica del agua subterránea y superficial en Campeche y el sur de Quintana Roo”.

Agradecer personalmente a todas las personas que se involucraron a lo largo del trabajo es siempre una hazaña, ya que muchos colaboradores más intervinieron en la parte logística, administrativa o técnica de la publicación. Sin agotar aquí a todos los participantes, quisiera destacar el soporte de la bióloga Paloma Rodríguez y de Raúl López durante el primer encuentro. Las licenciadas Claudia Sánchez, Ana Celia González, Patricia Cuevas y Silvia Martínez nos apoyaron a lo largo del trabajo en las tareas administrativas y el Departamento de Publicaciones del CRIM/UNAM nos dio la asesoría técnica necesaria para contar con una obra profesional. En particular destacamos la labor en este libro de los licenciados Alfredo Landa y Víctor Manuel Martínez, así como de las licenciadas Irma González Béjar y Yunuén Gómez Ocampo y de la maestra María de la Luz Flores Zúñiga; sin su dedicado profesionalismo, no estaría al alcance del lector con la calidad presente.

Por último, quisiéramos insistir que ésta es la primera obra escrita en el marco de la RETAC, y por ello refleja los primeros acercamientos hacia un entendimiento más integral e interdisciplinario del agua, donde surgen propuestas concretas de una política de manejo integral del agua. Esperamos que con las críticas y sugerencias futuras pudiéramos paulatinamente avanzar hacia una gestión ambiental, social, política y culturalmente sustentable del agua en México, que coadyuve al bienestar, a la calidad de vida y a la paz de todos los habitantes de nuestro hermoso país.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blümel, W. D. (2009), “Natural Climatic Variations in the Holocene: Past Impacts on Cultural History, Human Welfare and Crisis”, en H. G. Brauch, Ú. Oswald Spring, J. Grin, C. Mesjasz, P. Kameri-Mbote, N. Chadha Behera, B. Chourou, H. Krummenacher (eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Berlín, Springer, pp. 103–118.
- Brauch, H. G. y Ú. Oswald Spring (2009), *Securitizing the Ground. Grounding Security*, Bonn, UNCCD.
- Comisión Nacional del Agua (2009), *Estadísticas del agua en México 2008*, México, CONAGUA.
- Hutchinson, M. F. (1995), “Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines”, *International Journal of GIS*, vol. 9, pp. 305–403.
- Oswald Spring, Ú. (2011), “Climate-induced Migration as a Security Risk and an Additional Threat for Conflict in Mexico”, en J. Scheffran, M. Brzoska, H. G. Brauch, P. M. Link y J. Schilling (eds.), *Climate Change, Human Security and Violent Conflict – Challenges to Societal Stability?*, Berlín, Springer [en prensa].

- \_\_\_\_\_ (2008), “Sustainable Development”, en J. de Rivera (ed.), *Culture of Peace*, Berlín, Springer, pp. 211–227.
- \_\_\_\_\_ (2005), *El valor del agua: una visión socioeconómica de un conflicto ambiental*, Mexico, COLTLAX-CONACYT-Gobierno del Estado de Tlaxcala-SEFOA.
- \_\_\_\_\_ y H. G. Brauch (2009), *Reconceptualizar la seguridad en el siglo XXI*, Cuernavaca, CRIM-CCA-CEIICH/UNAM-Senado de la República.
- \_\_\_\_\_ y H. G. Brauch (2009a), *Seguritizar la tierra. Aterrizar la seguridad*, Bonn, UNCCD.
- Presidencia de la República (2007), *Plan Nacional Hidrológico 2007-2012*, Mexico, Presidencia de la República.
- Sánchez Cohen, I., Ú. Oswald Spring, G. Díaz *et al.* (2011). “Forced Migration by Climate Change in Mexico. Some Functional Relationships”, *Journal for International Migration* [en prensa].
- Secretaría de la Reforma Agraria (2009), “Estadísticas” [en línea], <[www.sra.gob.mx](http://www.sra.gob.mx)>