



VISIONES CONTEMPORÁNEAS DE LA COOPERACIÓN Y LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA FRONTERA MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

**José Luis Castro Ruiz
Alfonso Andrés Cortez Lara
Vicente Sánchez Munguía
(coordinadores)**



**El Colegio
de la Frontera
Norte**

Visiones contemporáneas de
la cooperación y la gestión del agua
en la frontera México-Estados Unidos

Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos

José Luis Castro Ruiz
Alfonso Andrés Cortez Lara
Vicente Sánchez Munguía
(coordinadores)

Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos / José Luis Castro Ruiz, Alfonso Andrés Cortez Lara, Vicente Sánchez Munguía, coordinadores. — Tijuana : El Colegio de la Frontera Norte, 2021.
7.4 MB. (378 p.)

ISBN: 978-607-479-413-7

1. Agua — Abastecimiento — Región fronteriza México-americana — Planeación.
2. Derecho de aguas — Región fronteriza México-americana. I. Castro Ruiz, José Luis.
II. Cortez Lara, Alfonso. III. Sánchez Munguía, Vicente.

HD1696.5.M49 V5 2021

Esta publicación fue sometida a un proceso de dictaminación doble ciego por pares académicos externos a El Colef, de acuerdo con las normas editoriales vigentes en esta institución.

Primera edición, 17 de septiembre de 2021

D. R. © 2021 El Colegio de la Frontera Norte, A. C.
Carretera escénica Tijuana-Ensenada km 18.5
San Antonio del Mar, 22560
Tijuana, Baja California, México
www.colef.mx

ISBN: 978-607-479-413-7

Coordinación editorial: Érika Moreno Páez
Corrección de texto en español: Diana Bastida y Bredna Lago
Corrección de texto en inglés: Dick Cluster
Última lectura: Diana Bastida
Formación y diseño de cubierta: Bredna Lago
Lectura de control: Efrén Calleja y Estefanía Amaro López
Imagen de cubierta: Alfonso Caraveo A., Presa José María Morelos y Pavón, Mexicali, B. C., 2008
Ajuste para conversión a digital: Sarahi Santoscoy y Estefanía Amaro López

Hecho en México/Made in Mexico

Índice

Prólogo	7
<i>Paul Ganster</i>	
Introducción	13
<i>José Luis Castro Ruiz, Alfonso Andrés Cortez Lara y Vicente Sánchez Munguía</i>	
SECCIÓN I. MARCO BINACIONAL DEL AGUA: EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS	
A Comparative Examination of Watershed Management Efforts in Two Transboundary River Basins on the U.S.-Mexico Border	29
<i>Christopher Brown y Stephen P. Mumme</i>	
Usos sociales del agua en la cuenca internacional del río Colorado y sus implicaciones en el bajo delta	57
<i>Marco Antonio Samaniego López</i>	
SECCIÓN II. SEGURIDAD HÍDRICA Y CAMBIO CLIMÁTICO	
Avanzando hacia la seguridad del agua en la región fronteriza Mexicali-San Luis Río Colorado	83
<i>Alfonso Andrés Cortez Lara</i>	
La (in)justicia ambiental en el río Sonora	113
<i>Fernanda Ibarra y José Luis Moreno</i>	
Agua subterránea en el noroeste de México. Baja California Sur y Sonora: Sobreexplotación y opciones para mitigar los impactos del cambio climático	145
<i>Mary Belle Cruz Ayala, Alba E. Gámez, Elia Tapia Villaseñor y Jobst Wurl</i>	

SECCIÓN III. AGUAS SUBTERRÁNEAS TRANSFRONTERIZAS

Las aguas subterráneas transfronterizas del delta del río Colorado,
un reto para la cooperación 177

Jorge Ramírez Hernández

Drought Assessment Using Remote Sensing in the Allende-Piedras Negras
Transboundary Aquifer 213

Laura Rodríguez Lozada y Rosario Sánchez

Desafíos para la distribución equitativa de las aguas subterráneas
transfronterizas México-Estados Unidos 235

Gonzalo Hatch Kuri

SECCIÓN IV. ESPACIOS LOCALES, GOBERNANZA DEL AGUA Y COOPERACIÓN

La gobernanza del agua en zonas áridas:
Una reflexión para el caso de Baja California 259

Mariana Villada Canela

Capacidades locales y gestión binacional del agua: El Valle del Río Grande
y los municipios fronterizos de Tamaulipas 281

José Luis Castro Ruiz

Water Institutions and Social Equity in the California-Baja California
Border Region, with a Focus on the Imperial-Mexicali Valleys 309

Kimberly Collins

La desalinización de agua de mar como alternativa a la escasez hídrica
regional en Baja California 333

Vicente Sánchez Munguía

Conclusiones generales 359

*José Luis Castro Ruiz, Alfonso Andrés Cortez Lara
y Vicente Sánchez Munguía*

ACERCA DE LOS AUTORES 369

Prólogo

Paul Ganster
Universidad Estatal de San Diego

La seguridad del suministro de agua es una preocupación a nivel mundial, así como una crisis en muchas regiones del planeta. Aunque el ciclo hidrológico es una constante de la naturaleza, el suministro de agua varía geográficamente, con zonas de gran abundancia y otras de gran escasez. Al ser así, la demanda humana de este vital líquido, en muchos países y regiones, excede los recursos disponibles de forma natural. Esto compromete el suministro de agua y genera conflictos nacionales e internacionales por el acceso a la misma. Las cuestiones de equidad en su distribución incluyen preocupaciones sobre el acceso al agua potable como un derecho humano básico y su disponibilidad para los grupos empobrecidos de la sociedad. Los efectos del cambio climático global, incluyendo el aumento de la temperatura y las transformaciones en los patrones de precipitación, han exacerbado los desafíos para mantener y lograr la seguridad hídrica. La cooperación en la gestión del agua a través de las fronteras internacionales es particularmente difícil, especialmente para aquellas regiones fronterizas que son altamente asimétricas.

La zona fronteriza entre México y Estados Unidos ofrece una oportunidad única para comprender la compleja interacción relacionada con el agua entre los sistemas naturales cambiantes y los diferentes sistemas humanos de gobernanza del agua. Los estudios sobre dicha área ofrecen datos acerca del buen funcionamiento de la gestión del agua, qué enfoques son deficientes y qué pasos se pueden dar hacia la sostenibilidad del recurso. Por otro lado, la naturaleza binacional de la región ofrece la posibilidad de cooperar a través de la frontera internacional, compartiendo lecciones aprendidas y mejores prácticas, mientras se negocia el uso colaborativo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos transfronterizos. Actualmente, existe una infraestructura hídrica binacional compartida, como represas y plantas de tratamiento de aguas residuales, así como excelentes oportunidades para impulsar más esfuerzos conjuntos que generen resultados positivos para ambos países. Un gran desafío para la gestión del agua fronteriza son

las formas como las agencias de agua locales acuerdan las políticas federales para apoyar la cooperación transfronteriza local. La reforma de las unidades de gestión del agua a todos los niveles implica también un gran reto. En muchos sentidos, la región fronteriza entre Estados Unidos y México representa un laboratorio viviente para comprender los problemas del agua y plantear soluciones que sustenten la seguridad hídrica en esa zona y en otros lugares.

Esta publicación, *Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos*, explora la cooperación y gestión del agua en la región fronteriza a través del trabajo de destacados académicos. El área geográfica cubierta por los capítulos incluye las comunidades, los estados y las regiones adyacentes al límite internacional. Al respecto, destaca el que en ellos se reconozca, acertadamente, que áreas como Sonora y Baja California Sur deben analizarse en el contexto de la región más amplia, ya que comparten características climáticas, hidrológicas y sociales con el área fronteriza inmediata.

El libro aparece en un momento crítico y aborda las preocupaciones tradicionales sobre la escasez de agua, la gestión eficiente del agua subterránea y superficial, y la seguridad del agua frente al cambio climático y los desastres naturales, como los terremotos. A su vez, trata el tema clave del fracaso de los gestores del agua para planificar proactivamente el futuro y aprovechar las oportunidades de cooperación transfronteriza.

Como se muestra en el presente volumen, la asimetría es el sello distintivo de esta región México-Estados Unidos. Dos sistemas humanos diferentes concurren en la frontera, por lo general de manera simbiótica, aunque algunas veces en conflicto. Destacan las diferencias de tamaño y productividad de las dos economías. Como medida cruda, el Producto Interno Bruto (PIB) de Estados Unidos es aproximadamente 17 veces mayor que el de su vecino del sur, mientras que el PIB per cápita es aproximadamente 6.5 veces más alto. La tasa de pobreza en México es aproximadamente del doble que la de Estados Unidos y ambos países tienen una alta concentración de ingresos en un grupo pequeño y rico, con bajos niveles de ingresos para la mayoría de las personas. Esta brecha ha aumentado dentro de las dos naciones durante las últimas décadas, incluso con el crecimiento económico y los beneficios del libre comercio. Junto con las desigualdades en los ingresos, la población pobre de ambos países enfrenta problemas similares con la mala distribución de recursos básicos como el agua y otros bienes públicos, ya sea la vivienda, la seguridad personal, la alimentación u otros factores de calidad de vida. Si bien la frontera norte de México presenta niveles de bienestar superiores respecto al contexto nacional, la frontera de Estados Unidos tiene indicadores socioeconómicos inferiores a otras grandes regiones de la nación. No obstante lo anterior, las diferencias económicas entre el norte y sur de la frontera son significativas, lo que implica un desafío

para lograr una distribución equitativa de costos y beneficios de proyectos compartidos transfronterizos.

Así mismo, las estructuras políticas y administrativas divergen marcadamente en la frontera. México, a pesar de ser una república federal, en la práctica continúa manteniendo una estructura muy centralizada. Las leyes nacionales regulan todos sus recursos hídricos superficiales y subterráneos. Las agencias de agua fronterizas que brindan servicios a los municipios locales dependen en gran medida de las entidades estatales y federales para los marcos regulatorios y el apoyo financiero, especialmente para grandes inversiones en infraestructura. Su financiamiento es limitado, con pocas opciones locales para mejorarlo, incluyendo la prestación de servicios de agua. Por otro lado, aunque Estados Unidos tiene leyes nacionales que regulan la calidad del agua y el uso de las aguas superficiales, cada uno de los cuatro estados fronterizos tiene un cuerpo distinto de leyes y prácticas sobre el recurso. De esta manera, cada uno de ellos controla las aguas subterráneas y tiene un régimen diferente, lo que constituye una barrera para la gestión binacional de los acuíferos compartidos con México. Así, sus agencias de agua locales tienen gran autoridad en el suministro de agua y en el tratamiento de aguas residuales: algunas son entidades del gobierno local y otras están controladas por juntas electas, con la capacidad de generar capitales y financiamiento de operaciones a través de tarifas de servicio y emisión de bonos. Las agencias de manejo del agua de Estados Unidos no tienen contrapartes directas al otro lado de la frontera en México, lo que dificulta la coordinación y cooperación. En conclusión, las agencias mexicanas de gestión del agua y sus pares estadounidenses tienen culturas institucionales diferentes que plantean dificultades adicionales para la cooperación transfronteriza en la gestión hídrica.

En el mismo sentido, las perspectivas sobre asuntos relacionados con el agua son distintas a cada lado de la frontera. México la trata como propiedad de la nación, por lo que su Constitución consagra el acceso al agua potable como un derecho humano; mientras que, en la región fronteriza de Estados Unidos, los derechos de aguas superficiales y subterráneas son considerados propiedad privada y, aunque se supone que las agencias de agua minoristas deben proporcionar a los usuarios el recurso a costo moderado, las personas de ingresos cada vez más bajos tienen problemas para pagar por él.

A diferencia de lo anterior, las agencias de agua de ambos países coinciden en sus enfoques históricos de la gestión del agua. Tradicionalmente, su función principal ha sido satisfacer la demanda de agua por parte de los grupos interesados urbanos y rurales, en lugar de fomentar el uso eficiente y racional del recurso. El tratamiento de aguas residuales fue también una de las preocupaciones primordiales de las agencias de agua, con el objetivo de mejorar la salud pública mediante la eliminación y el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales, descargando el efluente tratado en las

vías fluviales superficiales o en el océano. Hasta hace poco, las aguas residuales tratadas se consideraban un problema más que una oportunidad tanto de reutilización para ecosistemas o actividades agrícolas, industriales o urbanas, como de aseguramiento de un suministro adicional para aumentar la seguridad hídrica. La conservación del uso del agua ha aumentado en las últimas décadas, y muchos administradores han implementado acciones para reducir las fugas de los sistemas de agua, así como la demanda a través de usos más eficientes para áreas verdes urbanas. La escasez de agua ha obligado también a los gestores a mejorar la gestión de los acuíferos, incluyendo la recarga con la captura de agua de lluvias por la infraestructura verde o con aguas residuales tratadas.

Debido a que los desafíos relacionados con el agua para las zonas fronterizas de Estados Unidos y México trascienden la frontera internacional, sólo los gobiernos federales pueden negociar acciones formales de cooperación sobre este recurso u otros asuntos. La Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) ha logrado esto con cierta efectividad, con sus secciones en Estados Unidos y México. Así, durante las últimas décadas se han resuelto importantes problemas de cantidad y calidad de agua superficial en las cuencas del río Colorado y del río Bravo, a la par que se ha avanzado en la gestión de cuencas hidrográficas binacionales, más recientemente con el Acta 320 para el manejo binacional de la cuenca del río Tijuana. Los socios federales más importantes son las agencias ambientales federales de Estados Unidos y México y su Programa Ambiental Fronterizo México-Estados Unidos. A su vez, el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) ha surgido –desde su creación en 1994– como una agencia bilateral transfronteriza, y aporta un importante financiamiento para la inversión en infraestructura hídrica en la zona fronteriza.

Los esfuerzos federales avanzan lentamente en la frontera norte de México y sur de Estados Unidos en relación con los esfuerzos cooperativos de gestión y planificación del agua, ya que las prioridades nacionales se han enfocado en facilitar el comercio y la inversión transfronteriza, así como en abordar los problemas de seguridad. El rápido crecimiento demográfico, urbano y económico, a la par de los desafíos relacionados con el agua, han sobrepasado rápidamente la respuesta y las estructuras institucionales transfronterizas. Ciertamente, las comunidades fronterizas que enfrentan severos problemas de agua deben confiar en instituciones del siglo XX para resolver problemas del siglo XXI.

En muchos sentidos, los mayores retos que enfrenta un suministro seguro de agua para la región transfronteriza no son los desafíos técnicos, el cambio climático, los desastres naturales o el crecimiento de la población humana y la expansión de la demanda de agua, sino el letargo o la incompetencia política y administrativa. Las agencias de agua en todos los niveles deben estar capacitadas para la planificación proactiva de las nece-

sidades de agua de la frontera, y no deben simplemente reaccionar a cada crisis nueva y predecible. La información y el análisis proporcionados en esta importante colección de ensayos contribuyen a respaldar las decisiones en el corto plazo para asegurar un futuro hídrico sostenible. La investigación y el análisis académico en *Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos* presentan las mejores prácticas y brindan opciones basadas en la ciencia para mejorar la cooperación y la gestión del agua en esta región transfronteriza.

Introducción

José Luis Castro Ruiz / Alfonso Andrés Cortez Lara /
Vicente Sánchez Munguía

El acceso seguro al agua en términos de cantidad, calidad, oportunidad y costo asequible se posiciona como uno de los grandes desafíos actuales y futuros de la humanidad. Su disponibilidad geográfica, en coincidencia con la expansión de la población y las actividades económicas en diferentes regiones del planeta, está creando condiciones de conflicto cada vez con mayor frecuencia entre los sectores usuarios. Al tratarse de cuencas hidrográficas internacionales, los escenarios anteriores se complejizan al entrar en juego factores como las diferencias políticas, económicas y sociales de los países que comparten un recurso hídrico (Haftendorn, 2000; Pandey, 2011).

El espacio fronterizo entre México y Estados Unidos es un caso único, por los contrastes tanto en las formas de gestión y manejo de aguas subterráneas y superficiales, como por los que se expresan en términos de los sistemas político-administrativos y los esquemas económicos, sociales y culturales que confluyen en torno al recurso hídrico. A ello se añade la dinámica de acelerado crecimiento urbano que se ha desplegado a partir de la segunda mitad del siglo pasado, particularmente en la porción mexicana, lo que aunado a las condiciones de semiaridez de la región ha conllevado a la profundización de la problemática en torno al uso y manejo de los recursos hídricos compartidos. Desde la firma del Tratado de Guadalupe Hidalgo en 1848,¹ ambos gobiernos han buscado soluciones a través de convenios internacionales e instituciones binacionales para abordar las problemáticas de límites, de acceso a los recursos hídricos comunes y de los impactos ambientales, respectivamente. El Tratado Internacional de Aguas firmado por México y Estados Unidos, en 1944, marcó un hito en la historia de la gestión compartida de las cuencas hidrográficas que comparten ambos países, no sólo

¹ Tratado de Paz, Amistad y Límites. En 1853, el Tratado de la Mesilla o Gadsden integró cambios mínimos en el trazo de los límites internacionales entre ambos países.

por sus características y amplitud normativa, que en la práctica le han permitido perdurar hasta nuestros días (Mumme, 2019), sino porque estableció un referente importante para el interés y trabajo futuro de la academia y otros sectores en el estudio de las diferentes problemáticas que han emergido de esa relación, tanto a nivel nacional como internacional (Frant, 2002; Salman, 2006).

La investigación sobre los recursos hídricos compartidos entre México y Estados Unidos comenzó a aparecer en la literatura norteamericana en forma sistemática alrededor de la década de 1970 (Castro-Ruiz *et al.*, 2014). A partir de entonces se han posicionado una diversidad de temas a ambos lados de la frontera, desde el interés mismo en el Tratado de 1944 y los recursos hídricos compartidos (Enríquez-Coyro, 1975; Hume, 2000; Szekely, 1993; Utton, 1982); el desempeño operativo de la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos-International Boundary & Water Commission (CILA-IBWC), y las instituciones ambientales que surgieron de la firma del llamado Acuerdo de La Paz en 1983 (Alfie-Cohen y Flores, 2010; Bustamante, 1999; Cabrera, 2005; Carter y Ortolano, 2000; Ingram y White, 1993; Mumme, 1993; Mumme, 2005; Mumme y Collins, 2014), hasta el mismo trabajo interdisciplinario sobre aspectos más puntuales ante una dinámica de gestión hídrica comparativa cada vez más compleja; tal es el caso de las aguas subterráneas transfronterizas, un aspecto no contemplado en el Tratado de 1944 (Burman y Cornish, 1975; Hatch e Ibarra, 2015; Ingram, 2000; Rodgers y Utton, 1985; Sánchez *et al.*, 2016; Utton, 1978). Por otro lado, las nuevas tendencias globales de empoderamiento de los niveles locales en cuencas hidrográficas transfronterizas han agregado nuevas dimensiones a las formas de manejo del agua en esos ámbitos (Brown *et al.*, 2003; Castro-Ruiz *et al.*, 2018). A esto se han agregado los efectos del cambio climático, cuya severidad se pronostica mayor en las siguientes décadas, creando condiciones y escenarios de conflictos potenciales entre las comunidades y los sectores económicos en ambos lados de la frontera (Wilder *et al.*, 2013).

Las cuencas hidrográficas del río Bravo o Grande y Colorado son los dos grandes sistemas compartidos con Estados Unidos que han atraído tradicionalmente la atención de la academia, tanto por su condición de frontera internacional, como por la importancia que guardan como fuentes hídricas compartidas. En el primer caso, las temáticas estudiadas han incluido la disponibilidad y calidad del agua en la cuenca, así como algunos eventos coyunturales que han sido objeto de atención a nivel binacional. Así ocurrió con las sequías de fines de la década de 1990 y sus efectos en las entregas de agua que tenía comprometidas México como parte de los términos del Tratado de Aguas de 1944 (Chávez, 1999; Mumme, 2003; Ortega-Gaucin, 2013; Texas Center for Policy Studies [TCPS], 2002; Utton, 1999; Walsh, 2004). Por otro lado, la región binacional de

Juárez-El Paso ha sido objeto de trabajo de investigación y generación de conocimiento sobre su problemática, particularmente el hecho de depender de un acuífero común para satisfacer sus demandas urbanas de agua (Chávez, 2000; Day, 1978; Granados-Olivas *et al.*, 2012; Hatch, 2017; Tillery *et al.*, 2009; Zwerneman, 1977).

En el caso de la cuenca del río Colorado, ha atraído la atención de la academia tanto por sus implicaciones como frontera internacional y recurso binacional (Cortez-Lara, 2005; Cortez-Lara *et al.*, 2019; Samaniego, 2012; Samaniego y Díaz, 2015; Sánchez-Munguía y Cortez-Lara, 2015) como en relación con eventos coyunturales que han tenido lugar históricamente en el marco del Tratado de Aguas de 1944, como son la salinidad del río Colorado y el revestimiento del Canal Todo Americano (Brownell e Eaton, 1975; Cortez-Lara, 2014; Evans, 1975; Hayes, 1991; Maganda, 2005; Mumme, 2000; Román Calleros, 1991; Sánchez-Munguía, 2004). Así mismo, el delta que forma esta cuenca en la parte mexicana se ha posicionado en la agenda académica de ambos países (Pitt *et al.*, 2000; Wheeler *et al.*, 2007).

Finalmente, un sistema que es importante mencionar por su creciente presencia como área metropolitana binacional es la cuenca internacional del río Tijuana, un curso que, a pesar de estar contemplado en el Tratado de 1944 (artículo 16), no cuenta con una distribución binacional de las aguas provenientes de los diferentes afluentes que la componen (Mumme, Collins y Castro-Ruiz, 2014).

La presencia en la agenda de investigación binacional de esta región obedece en mayor medida a la interacción que existe entre ambas fronteras y a las iniciativas que han surgido para la resolución de su problemática ambiental e hídrica, principalmente de actores no gubernamentales (Brown *et al.*, 2003; Castro-Ruiz *et al.*, 2018; Castro-Ruiz y Sánchez-Munguía, 2008; Fernández, 2009; Michel, 2000; Saldaña, 2003).

El presente volumen tiene su origen en el proyecto «Recursos hídricos y desarrollo sustentable: Estrategias de gestión de los actores sociales y gubernamentales en tres cuencas transfronterizas entre México y Estados Unidos», llevado a cabo por los coordinadores con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto se contó con la reflexión colegiada de especialistas de México y Estados Unidos en los estudios de cooperación binacional en la gestión del agua entre los dos países bajo diferentes perspectivas. Dicho ejercicio de reflexión colectiva complementó de manera eficaz la investigación empírica realizada en las tres cuencas hidrográficas estudiadas –río Colorado, alto río San Pedro y bajo río Bravo– y representó, a su vez, un valioso insumo que dio forma a la idea de desarrollar un producto que aportara al conocimiento existente una visión actualizada de los avances y retos que presenta la cooperación en la gestión de los recursos hídricos que comparten México y Estados Unidos. También fue posible identificar algunas de las

problemáticas que se enfrentan en esos procesos, todo a partir de la perspectiva interdisciplinaria implementada por los especialistas de ambos países.

El resultado de los diversos trabajos investigativos conjuntamente con los de la reflexión colectiva binacional es la presente publicación bilingüe compuesta por doce trabajos. Con ésta, se busca contribuir al conocimiento actual sobre las tendencias mencionadas en cuatro de sus temáticas contemporáneas más generales y recurrentes: las tendencias sobre la relación binacional y los marcos, acuerdos y programas institucionales con que cuentan actualmente ambos países; los efectos del cambio climático y la seguridad hídrica; la problemática de las aguas subterráneas transfronterizas, así como de los espacios locales, y la gobernanza y gestión cooperativa del agua a esos niveles. Se busca, adicionalmente, ofrecer una contribución que fortalezca el diálogo integral y multidisciplinario binacional, no únicamente entre miembros de la academia, sino también entre actores gubernamentales y sociales a diferentes niveles.

La primera sección temática, «Marco binacional del agua: Evolución y tendencias», está constituida por dos trabajos que toman una perspectiva regional de la frontera México-Estados Unidos. En el primer caso, Christopher Brown y Stephen P. Mumme examinan y comparan las iniciativas de manejo llevadas a cabo en dos grandes regiones binacionales, la cuenca del río Tijuana y la cuenca del Paso del Norte, en el capítulo intitulado «A Comparative Examination of Watershed Management Efforts in Two Transboundary River Basins on the U.S.-Mexico Border». Los autores desarrollan su análisis a partir de dos premisas fundamentales: el reconocimiento de que el desafío detrás del manejo de las cuencas hidrográficas estudiadas involucra el ajuste y la reconciliación de las necesidades e intereses de los diferentes grupos (*stakeholders*) de la cuenca, así como la importancia de que exista una interacción binacional que permita llegar a acuerdos, procedimientos y compromisos. Los autores concluyen que las últimas dos décadas han testificado avances relevantes en el tema de estudio, como resultado mayormente de coaliciones regionales y trabajo cooperativo entre ciudadanos, grupos de interés, universidades regionales y agencias en diferentes niveles de gobierno, y que estos marcos pueden ser un referente muy importante para los residentes de otras cuencas hidrográficas binacionales que busquen avanzar bajo enfoques similares en relación con sus problemáticas regionales de gestión del agua.

En el segundo capítulo, «Usos sociales del agua en la cuenca internacional del río Colorado y sus implicaciones en el bajo delta», Marco Antonio Samaniego López busca demostrar la importancia que tiene el Tratado de Aguas Internacionales de 1944 para entender los acontecimientos y las tensiones de los últimos años en el Valle de Mexicali respecto a los usos y la apropiación del agua en esta zona fronteriza. A partir de un análisis de la documentación oficial y de los usos sociales establecidos en dicho tratado,

el autor comprueba que en las propuestas federales y estatales de 1960 se formalizó la legislación a partir de esa relación, en tanto que en la propuesta de 2016 no existe tal vínculo. Las conclusiones del trabajo establecen que, para comprender los conflictos en torno al agua, es necesario observar el proceso con base en el desarrollo histórico, ya que los conceptos surgidos en los últimos años no bastan para explicar su complejidad en un caso como el de la cuenca hidrográfica internacional del río Colorado.

La segunda sección, «Seguridad hídrica y cambio climático», comprende tres trabajos que enfocan los desafíos detrás de los procesos de gestión relacionados con la seguridad hídrica y la mitigación de los efectos del cambio climático en una región binacional con condiciones de precipitación relativamente baja y sequías importantes, así como las implicaciones que los efectos de la contaminación de los ríos tienen en un marco de justicia ambiental para las regiones y poblaciones afectadas. En «Avanzando hacia la seguridad del agua en la región fronteriza Mexicali-San Luis Río Colorado», Alfonso Andrés Cortez Lara utiliza el marco analítico de la Seguridad del Agua (SA) para analizar las potencialidades y riesgos existentes al enfrentar el reto de lograr el acceso al agua en términos de cantidad, calidad, oportunidad, equidad y costos asequibles en una región semiárida, donde el recurso natural es amenazado por el cambio climático y la demanda creciente de múltiples usuarios de ambos países, dos estados nacionales mexicanos, dos ciudades fronterizas con un crecimiento muy dinámico y un área de riego que consume 85 por ciento de la disponibilidad total de las fuentes superficial y subterránea. El autor concluye que, a pesar de la existencia de estrategias institucionales y acciones de colaboración recientes en los ámbitos locales con el fin de aminorar las tensiones provocadas por las condiciones naturales adversas y los comportamientos antropogénicos no sostenibles, la falta de transparencia en los procesos de gestión del agua y de participación efectiva y representativa de actores clave y afectados directos de dichas iniciativas pone en riesgo el anhelado óptimo estado de la SA.

En el capítulo intitulado «La (in)justicia ambiental en el río Sonora», Fernanda Ibarra y José Luis Moreno describen los hechos más relevantes ocurridos en el contexto social y político como consecuencia del derrame de lixiviados de cobre sobre el río Sonora en agosto de 2014, y muestran las características de la defensa legal llevada a cabo por la población afectada a través de los juicios de amparo promovidos por los Comités de Cuenca Río Sonora, organizaciones conformadas para llevar a cabo la lucha socio-legal en la búsqueda de la justicia social y la reparación, remediación y compensación del daño ambiental. La metodología utilizada tuvo por eje la consulta de la base de datos de la Dirección General de Estadística Judicial del Consejo de la Judicatura del Poder Judicial de la Federación, de los documentos publicados en los sitios web de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) y del Fideicomiso Río Sonora (FRS), así

como la revisión de información hemerográfica, normativa y bibliográfica. Los autores concluyen que se carece de un marco legal para la reparación del daño ambiental, que los mecanismos de respuesta gubernamental no han cumplido con los objetivos para los que fueron creados, pero que, recientemente, las resoluciones novedosas de la Suprema Corte incorporan principios de justicia ambiental, generando nuevos caminos y expandiendo las fronteras respecto a los alcances de la justicia.

En el tercer trabajo de esta sección, «Agua subterránea en el noroeste de México. Baja California Sur y Sonora: Sobreexplotación y opciones para mitigar los impactos del cambio climático», Mary Belle Cruz Ayala, Alba E. Gámez, Elia Tapia Villaseñor y Jobst Wurl abordan los desafíos que tiene ante sí el manejo de agua subterránea en Baja California Sur y Sonora, y discuten las posibilidades de usar técnicas de Recarga Manejada de Acuíferos (MAR) en ambos estados para recuperar los acuíferos, así como la importancia de la cooperación binacional entre México y Estados Unidos como un mecanismo útil para la gestión de aguas subterráneas. A partir de un análisis de las características de resiliencia de los socio-ecosistemas ante los efectos adversos del cambio climático, y de la MAR como una estrategia que permita potenciar dicha propiedad, los autores coinciden en la necesidad de crear portafolios de opciones para mejorar el manejo de agua subterránea considerando costos y beneficios (ambientales y sociales) ante escenarios climáticos poco favorables en el mediano y largo plazo en las entidades estudiadas. En ese sentido, se afirma que las experiencias de colaboración transfronteriza y los propios avances realizados en México sobre proyectos de MAR podrían aumentar las posibilidades de garantizar la disponibilidad de agua para usos económicos y de la población, así como conseguir balances aceptables en términos ecosistémicos.

En la sección «Aguas subterráneas transfronterizas» se abordan tres diferentes aspectos de una temática cuyo conocimiento e importancia se ha vuelto una prioridad estratégica para México y Estados Unidos, tanto a nivel de tendencias generales, como de las características puntuales de este recurso transfronterizo. En el primer trabajo, «Las aguas subterráneas transfronterizas del delta del río Colorado, un reto para la cooperación», Jorge Ramírez Hernández aborda la visión del acuífero transfronterizo del delta del río Colorado como un cuerpo de agua único que es compartido inexorablemente, pues ha sido segmentado en cuatro zonas para su administración –dos en Estados Unidos y dos en México–. Se fundamenta la naturaleza integral del sistema a partir de la descripción de la formación del delta. El uso del agua subterránea es analizado desde la perspectiva de su gestión, enfatizando su aprovechamiento y disponibilidad. La prolongada sequía de la cuenca hidrográfica y el incremento de la demanda se analizan como detonadores del nuevo paradigma de cooperación. Finalmente, se muestran algunas

acciones de cooperación binacional que han mejorado la gestión del agua subterránea y los retos, políticos y técnicos, sobre la formulación de un modelo geohidrológico actualizado que aporte elementos para la gestión del recurso de forma integral y sustentable a largo plazo. El autor concluye afirmando la necesidad de un enfoque holístico para abordar los compromisos de ambos países, poniendo como ejemplo la descarga de flujos ambientales al delta incluida en las Actas 319 y 323 de la CILA.

En el capítulo «Drought Assessment Using Remote Sensing in the Allende-Piedras Negras Transboundary Aquifer», Laura Rodríguez Lozada y Rosario Sánchez presentan una primera evaluación de las relaciones potenciales entre eventos de sequía en la región de estudio y el almacenaje de agua subterránea, utilizando información de percepción remota. Se analizaron variables de precipitación, temperatura, cambios en el total de agua almacenada (ΔTWS) y variaciones en el nivel de la presa Falcón, de julio de 2008 a julio de 2016, con el objeto de identificar períodos húmedos y de sequía, a la par de su efecto en el almacenaje de agua. El análisis permitió tener información acerca de los impactos de sequía relevantes en las interacciones de aguas superficiales y subterráneas, así como sobre la naturaleza transfronteriza del acuífero. Los resultados mostraron que existe una relación importante entre los eventos de sequía y los cambios en el volumen total de agua almacenada (humedad del suelo, cuerpos de agua superficial y agua subterránea) en el período de estudio. Las autoras concluyen que este tipo de análisis, utilizando información de percepción remota, puede ser aplicado a otros acuíferos transfronterizos. El impacto esperado de su trabajo es que sirva como base para estudios futuros sobre la sequía en otros acuíferos poco analizados a lo largo de la frontera entre México y Estados Unidos, y ofrezca un insumo para el potencial manejo conjunto de los acuíferos en la región.

En el último trabajo de esta sección, «Desafíos para la distribución equitativa de las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos», Gonzalo Hatch Kuri hace una valoración final de los principales hallazgos de cuatro proyectos de investigación relacionados con el estudio de las aguas subterráneas transfronterizas entre México y Estados Unidos, realizados en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el período 2012-2018. Desde una perspectiva interdisciplinaria que combina los enfoques de la Geografía Política, la Hidrogeología y el Derecho, y con base en el análisis de los resultados de las investigaciones, se plantean los principales desafíos que todavía se enfrentan en el proceso de la construcción de una distribución política equitativa de las aguas subterráneas que comparten ambos países. Se concluye que, al menos en México, es fundamental visibilizar legal y políticamente estos cursos de agua internacionales, pues ello permitiría la futura adopción de una política hídrica soberana y compartida en el tema.

La última sección, «Espacios locales, gobernanza del agua y cooperación», se compone de cuatro trabajos que abordan esos temas en un contexto de creciente relevancia en el estudio de la gestión transfronteriza entre México y Estados Unidos: el contexto subnacional, tanto local como regional. En el primero de estos capítulos, «La gobernanza del agua en zonas áridas: Una reflexión para el caso de Baja California», Mariana Villada Canela estudia las implicaciones de la gobernanza del agua en una entidad con condiciones muy particulares, como son la presencia de negociaciones transfronterizas y conflictos por el agua; la escasez y degradación de acuíferos; las variaciones climáticas; la demanda de agua para diferentes usos; la presencia de distintas instituciones y actores involucrados, así como el desarrollo económico específico de sus cinco municipios. A partir de una revisión del concepto de la gobernanza y sus componentes, y de los alcances y particularidades de la gobernanza hídrica, la autora hace una reflexión crítica en torno a los retos que su práctica impone en Baja California, al tiempo que delinea y discute una estrategia integral de gestión del agua que permita abordar puntualmente la problemática identificada.

En segundo término, José Luis Castro Ruiz, en «Capacidades locales y gestión binacional del agua: El valle del río Grande y los municipios fronterizos de Tamaulipas», estudia las condiciones potenciales de gobernanza en torno a los recursos hídricos compartidos en la región de estudio, en comparación con otras regiones binacionales, donde un elemento clave ha sido la participación y las aportaciones de actores fuera del ámbito gubernamental en los niveles subnacionales. El análisis se enmarca en las tendencias globalizadoras relacionadas con el empoderamiento de los niveles locales en cuencas hidrográficas transfronterizas internacionales; en la historia común que caracteriza a esta región fronteriza y en las diferencias estructurales entre ambos países. El autor concluye, por un lado, que en la parte estadounidense existe una estructura de gobernanza en torno a la gestión de sus recursos hídricos muy completa y similar —con algunas variantes— a otras contrapartes fronterizas en la Unión Americana. Por otro lado, y a pesar de estas condiciones, que en la actualidad no existen iniciativas formales de cooperación binacional que busquen abordar problemáticas comunes. En este sentido, considera imprescindible recuperar experiencias existentes en otras regiones binacionales, donde el papel de la academia y las organizaciones internacionales resulta fundamental.

En el capítulo titulado «Water Institutions and Social Equity in the California-Baja California Border Region, with a Focus on the Imperial-Mexicali Valleys», Kimberly Collins desarrolla un análisis exploratorio y conceptual de la región binacional de estudio para encontrar respuestas a cuestionamientos como: ¿qué decisiones deberán tomar las agencias para distribuir equitativamente el recurso entre los grupos interesados (*stakeholders* y otros)?, ¿cuál es la distribución equitativa de agua a través de la frontera?, ¿cómo

pueden las instituciones fronterizas y agencias gubernamentales integrar los principios de equidad en la gobernanza?, ¿tienen más derechos las grandes corporaciones que crean en el papel un número grande de empleos que los pequeños operadores familiares?, ¿qué consideración debería tener el medio ambiente entre los tomadores de decisiones en comparación con las necesidades humanas?, ¿se puede medir la equidad social en una región compartida por dos naciones soberanas? El análisis parte de una revisión teórica y de indicadores de agua para la región, y examina el desafío de las instituciones responsables de la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos bajo una óptica de equidad social. La autora concluye que la calidad de vida y el desarrollo económico de la frontera común dependen del desarrollo de un marco de equidad social, que evite la fractura social y no limite la capacidad de la comunidad para abordar los desafíos locales en su lucha por recursos escasos. Aunque un marco como el propuesto toma tiempo y energía, se considera esencial para un futuro próspero para los valles de Mexicali e Imperial.

En el último capítulo de esta sección, «La desalinización de agua de mar como alternativa a la escasez hídrica regional en Baja California», Vicente Sánchez Munguía aborda un tema central ante las condiciones climáticas y de demanda creciente de agua existentes en el estado, que es la desalinización de agua de mar y sus implicaciones sociales, económicas, ambientales y de política hídrica. El trabajo trata específicamente el proyecto de construcción y operación de una planta desalinizadora de agua de mar en el municipio de Playas de Rosarito, aprobado por el Congreso del estado en 2017. Se examinan las condiciones de disponibilidad de agua que vive la entidad ante la problemática de disminución del caudal de agua del río Colorado por la variabilidad climática, y la conflictividad que la competencia por el agua ha generado en esta región. A partir de una revisión de las características del proceso de desalinización como opción y sus tendencias mundiales, se aborda con una visión crítica el proceso político de aprobación del dictamen que autoriza las garantías de pago por servicios de la planta desalinizadora y la posibilidad de un mercado transfronterizo de agua. El autor concluye, por un lado, que el surgimiento de proyectos desalinizadores de agua de mar en el noroeste mexicano está alineado con las tendencias globalizadoras de este tipo de tecnologías, abriendo un espacio para la participación privada. Por otro lado, menciona que el proceso de aprobación de la planta fue políticamente accidentado, generando desconfianza social hacia las autoridades. De esta manera, llama a la necesidad de contar con un marco normativo adecuado a escala regional, más allá de los límites fronterizos, a fin de minimizar impactos y de contar con criterios de equidad en beneficios y costos asociados a la operación de este tipo de proyectos.

Referencias

- Alfie-Cohen, M. y Flores-Jáuregui, O. (2010). Las agencias ambientales binacionales de México y Estados Unidos: Balance y perspectiva a dieciséis años de su creación. *Norteamérica. Revista Académica del CISAN-UNAM*, 5(1), 129-172.
- Brown, C., Castro-Ruiz, J. L., Lowery, N. y Wright, R. (2003). Comparative Analysis of Transborder Water Management Strategies: Case Studies on the United States-Mexico Border. En S. Michel (edit.), *The U. S.-Mexican Border Environment: Binational Water Management Planning* (pp. 279-362). Southwest Center for Environmental Research and Policy-San Diego State University Press.
- Brownell, H. y Eaton, S. D. (1975). The Colorado River Salinity Problem with Mexico. *American Journal of International Law*, 69(2), 255-271.
- Burman, B. G. y Cornish, T. G. (1975). Needed: A Groundwater Treaty between the United States and Mexico. *Natural Resources Journal*, 15(2), 385-404.
- Bustamante Redondo, J. (1999). *La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Cabrera, J. (2005). Los retos de la frontera México-Estados Unidos y el trabajo de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza. En A. A. Cortez-Lara, S. Whiteford y M. Chávez-Márquez (coords.), *Seguridad, agua y desarrollo. El futuro de la frontera México-Estados Unidos* (pp. 183-196). El Colef.
- Carter, N. y Ortolano, L. (2000). Working Toward Sustainable Water and Wastewater Infrastructure in the U. S.-Mexico Border Region: A Perspective on BECC and NAD-Bank. *International Journal of Water Resources Development*, 16(4), 691-708.
- Castro-Ruiz, J. L., Cortez-Lara, A. A. y Sánchez-Munguía, V. (9 a 11 de abril de 2014). Gestión y cooperación transfronteriza del agua en la frontera México-E. U.: Una revisión de la evidencia actual [ponencia]. En *Tercer Congreso de la Red de investigadores sobre el agua*. Universidad de Guanajuato.
- Castro-Ruiz, J. L., Mumme, S. P. y Collins, K. (2018). Cooperación local binacional: La cuenca internacional del río Tijuana. *Estudios Fronterizos*, 19, e006, 1-19.
- Castro-Ruiz, J. L. y Sánchez-Munguía, V. (2008). Water Management in the San Diego-Tijuana Region: What Lessons Can Be Learned? En J. Loucky, D. K. Alper y J. C. Day (eds.), *Transboundary Policy Challenges in the Pacific Border Regions of North America* (pp. 171-194). University of Calgary Press.
- Chávez, O. E. (1999). The 1994-1995 Drought, What Did We Learn from It?: The Mexican Perspective. *Natural Resources Journal*, 39(1), 35-60.
- Chávez, O. E. (2000). Mining of Internationally Shared Aquifers: The El Paso-Juárez Case. *Natural Resources Journal*, 40(2), 237-260.

- Cortez-Lara, A. A. (2005). Gestión local y binacional del agua del río Colorado: El reto de la región fronteriza California-Baja California. En A. A. Cortez-Lara, S. Whiteford y M. Chávez-Márquez (coords.), *Seguridad, agua y desarrollo. El futuro de la frontera México-Estados Unidos* (pp. 333-364). El Colef.
- Cortez-Lara, A. A. (2014). *Transboundary Water Conflicts in the Lower Colorado Basin: Mexicali and the Salinity and All-American Canal Lining Crises*. El Colef.
- Cortez-Lara, A. A., Castro-Ruiz, J. L. y Sánchez-Munguía, V. (2019). Local Perspectives on Confronting Water Scarcity: The Mexican Portion of the Colorado River. *Regions and Cohesion*, 9(1), 39-60.
- Day, J. C. (1978). International Aquifer Management: The Hueco Bolson on the Rio Grande River. *Natural Resources Journal*, 18(1), 163-180.
- Enríquez-Coyro, E. (1975). *El Tratado entre México y los Estados Unidos de América sobre Ríos Internacionales: Una lucha nacional de 90 años*. UNAM.
- Evans, N. A. (1975). Salt Problem in the Colorado River. *Natural Resources Journal*, 15(1), 55-62.
- Fernández, L. (2009). Wastewater Pollution Abatement Across an International Border. *Environment and Development Economics*, 14(1), 67-88.
- Frant, N. (2002). Developments in Transboundary Water. *Colorado Journal of International Environmental Law and Policy*, Yearbook 2002, 91-99.
- Granados-Olivas, A., Creel, B. J., Sánchez-Flores, E., Chávez, J. y Hawley, J. W. (2012). Thirty Years of Groundwater Evolution-Challenges and Opportunities for Binational Planning and Sustainable Management of the Transboundary Paso del Norte Watersheds. En E. Lee y P. Ganster (eds.), *The U. S.-Mexican Border and a Sustainable Environment: Progress and Challenges for Sustainability* (pp. 201-217). SCERP-San Diego State University Press.
- Haftendorn, H. (2000). Water and International Conflict. *Third World Quarterly*, 21(1), 51-68.
- Hatch, G. (2017). *Paso del Norte: La competencia por las aguas transfronterizas*. El Colegio de Chihuahua/Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Hatch, G. e Ibarra, V. (2015). Las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos: Importancia e invisibilidad dentro del contexto del TLCAN. *América Latina Hoy. Revista de Ciencias Sociales*, 69(1), 75-93.
- Hayes, D. L. (1991). The All-American Canal Lining Project: A Catalyst Rational and Comprehensive Groundwater Management on the United States-Mexico Border. *Natural Resources Journal*, 31(4), 803-827.
- Hume, B. (2000). Water in the U. S.-Mexico Border Area. *Natural Resources Journal*, 40(2), 189-197.

- Ingram, H. (2000). Transboundary Groundwater on the U. S.-Mexico Border: Is the Glass Half Full, Half Empty, or Even on the Table? *Natural Resources Journal*, 40(2), 185-188.
- Ingram, H. y White, D. R. (1993). International Boundary and Water Commission: An Institutional Mismatch for Resolving Transboundary Water Problems. *Natural Resources Journal*, 33(1), 153-175.
- Maganda, C. (2005). Collateral Damage: How the San Diego-Imperial Valley Water Agreement Affects the Mexican Side of the Border. *The Journal of Environment & Development*, 14(4), 486-506.
- Michel, S. M. (2000). Defining Hydrocommons Governance Along the Border of the Californias: A Case Study of Transbasin Diversions and Water Quality in the Tijuana-San Diego Metropolitan Region. *Natural Resources Journal*, 40(4), 931-972.
- Mumme, S. P. (1993). Innovation and Reform in Transboundary Resource Management: A Critical Look at the International Boundary and Water Commission, United States and Mexico. *Natural Resources Journal*, 33(1), 93-120.
- Mumme, S. P. (2000). Minute 242 and Beyond: Challenges and Opportunities for Managing Transboundary Groundwater on the Mexico-U. S. Border. *Natural Resources Journal*, 40(2), 341-378.
- Mumme, S. P. (2003). Revising the 1944 Water Treaty: Reflections on the Rio Grande Drought Crises and Other Matters. *Journal of the Southwest*, 45(4), 649-670.
- Mumme, S. P. (2005). The International Boundary and Water Commission Under Fire: Policy Perspective for the 21st Century. *The Journal of Environment & Development*, 14(4), 507-524.
- Mumme, S. P. (2019). The 1944 U. S.-Mexico Water Treaty as a Constitutional Document [documento de discusión]. Rice University's Baker Institute for Public Policy. <https://www.bakerinstitute.org/media/files/files/fb5668a4/mex-pub-watertreaty-031419.pdf>
- Mumme, S. P. y Collins, K. (2014). The La Paz Agreement 30 Years On. *The Journal of Environment & Development*, 23(3), 303-330.
- Mumme, S. P., Collins, K. y Castro-Ruiz, J. L. (2014). Strengthening Binational Management of the Tijuana River. *Water Law Review*, 17(2), 329-357.
- Ortega-Gaucin, D. (2013). Caracterización de las sequías hidrológicas en la Cuenca del río Bravo, México. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 167-180. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57328903001>
- Pandey, P. (2011). Understanding Patterns of Water Conflicts: Social and Political Variables. *South Asian Survey*, 18(1), 157-171.

- Pitt, J., Luecke, D. F., Cohen, M. J., Glenn, E. P. y Valdés-Casillas, C. (2000). Two Nations, One River: Managing Ecosystem Conservation in the Colorado River Delta. *Natural Resources Journal*, 40(4), 819-864.
- Rodgers, A. B. y Utton, A. E. (1985). The Ixtapa Draft Agreement Relating to the Use of Transboundary Groundwaters. *Natural Resources Journal*, 25(3), 713-772.
- Román-Calleros, J. (1991). The Impact on Mexico of the Lining of the All-American Canal. *Natural Resources Journal*, 31(4), 829-838.
- Saldaña, L. (2003). From Litigation to Legislation: Challenges to Binational Water Infrastructure Development in the San Diego-Tijuana Bioregion. *The Journal of Environment & Development*, 12(4), 430-444.
- Salman, S. M. A. (2006). International Water Disputes: A New Breed of Claims, Claimants and Settlement Institutions. *Water International*, 31(1), 2-11.
- Samaniego, M. (2012). Cuencas internacionales y usos sociales del agua. Formación de espacios de cooperación y conflicto: El norte de México y el oeste de Estados Unidos, *Secuencia*, 83, 147-177.
- Samaniego, M. y Díaz, C. (2015). Usos sociales del agua y medio ambiente en la cuenca internacional del río Colorado. *Región y sociedad*, 27(63), 61-96.
- Sánchez, R., López, V. y Eckstein, G. (2016). Identifying and Characterizing Transboundary Aquifers Along the Mexico-U. S. Border: An Initial Assessment. *Journal of Hydrology*, 535, 101-119.
- Sánchez-Munguía, V. (coord.). (2004). *El revestimiento del Canal Todo Americano*. El Colef/Plaza y Valdés Editores.
- Sánchez-Munguía, V. y Cortez-Lara, A. A. (2015). Minute 319 of the International Boundary and Water Commission between the U. S. and Mexico: Colorado River Binational Water Management Implications. *International Journal of Water Resources Development*, 31(1), 17-27.
- Szekely, A. (1993). Emerging Boundary Environmental Challenges and Institutional Issues: Mexico and the United States. *Natural Resources Journal*, 33(1), 33-46.
- Texas Center for Policy Studies (TCPS). (2002). *The Dispute Over Shared Waters of the Río Grande/Río Bravo*. Autor. www.texascenter.org/borderwater
- Tillery, S., Sheng, Z., King, J. P., Creel, B., Brown, C., Michelsen, A., Srinivasan, R. y Granados, A. (2009). *The Development of a Coordinated Database for Water Resources and Flow Model in the Paso del Norte Watershed (Phase III). Part II. Availability of Flow and Water Quality Data for the Rio Grande Project Area. Technical Completion Report 348*. Water Resources Research Institute.
- Utton, A. E. (1978). International Groundwater Management: The Case of the U. S.-Mexican Frontier. *Nebraska Law Review*, 57(3), 633-664.

- Utton, A. E. (1982). An Assessment of the Management of U. S.-Mexican Water Resources: Anticipating the Year 2000. *Natural Resources Journal*, 22(4), 1 093-1 117.
- Utton, A. E. (1999). Coping With Drought on an International River Under Stress: The Case of the Rio Grande/Rio Bravo. *Natural Resources Journal*, 39(1), 27-34.
- Walsh, C. (2004). Aguas Broncas: The Regional Political Ecology of Water Conflict in the Mexico-U. S. Borderlands. *Journal of Political Ecology*, 11(1), 43-58.
- Wheeler, K. G., Pitt, J., Magee, T. M. y Luecke, D. F. (2007). Alternatives for Restoring the Colorado River Delta. *Natural Resources Journal*, 47(4), 917-967.
- Wilder, M., Garfin, G., Ganster, P., Eakin, H., Romero-Lankao, P., Lara-Valencia, F., Cortez-Lara, A. A., Mumme, S. P., Neri, C., Muñoz-Arriola, F. y Varady, R. (2013). Climate Change and U. S.-Mexico Border Communities. En G. Garfin, A. Jardine, R. Merideth, M. Black y S. LeRoy (edits.), *Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment* (pp. 340-384). Island Press. https://www.swcarr.arizona.edu/sites/default/files/ACC_SWUS_Ch16.pdf
- Zwerneman, J. A. (1977). Economic Development in the El Paso-Juarez Area and Its Impact on Water Supply. *Natural Resources Journal*, 17(4), 619-633.

SECCIÓN I
MARCO BINACIONAL DEL AGUA:
EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS

A Comparative Examination of Watershed Management Efforts in Two Transboundary River Basins on the U.S.-Mexico Border

Christopher Brown / Stephen P. Mumme

Introduction

Along the U.S.-Mexico border, cooperative watershed management for transboundary watersheds remains in its infancy. Major transboundary watersheds, the Rio Grande River, the Colorado River, and the Tijuana River, are governed by the 1944 Water Treaty which allocates water on the Rio Grande and the Colorado Rivers and provides a diplomatic process for reaching subsidiary agreements on cooperative measures related to the operations and management of the rivers. Recent agreements on the Colorado that provide for shortage sharing and ecological restoration are innovative and move in the direction of more comprehensive binational watershed management, though the agreements fall well short of consolidating such practice. No such agreement has yet been reached for the Rio Grande River. Recently, however, in 2014, a long sought-after agreement on the Tijuana River provides for a measure of cooperative watershed management on managing pollution and other threats to human and ecological health and well-being in the watershed. Elsewhere, on the upper Rio Grande near El Paso and Cd. Juarez, another effort is ongoing to advance a watershed-oriented approach to managing and safeguarding transboundary water and water related resources.

This paper examines and compares the watershed management initiatives for the Tijuana River with those undertaken on the Paso del Norte region of the Rio Grande River Watershed for the purpose of better understanding the prospects and challenges confronting transboundary watershed management along the U.S.-Mexico border. We tend to look at the problem from a double-boundary perspective, recognizing that part of the challenge of watershed management is always one of adjusting and reconciling the needs and interests of different stakeholder groups in the watershed, just as another

challenge is engaging binationally and reaching agreements on goals, procedures, and commitments at the nation to nation level.

Our study begins by describing the basic geography and related characteristics of these two binational watersheds, specifically discussing relevant issues in each basin and the arc of initiatives that have developed. In doing so, we explore the variables or factors shaping the present outcomes of these two transboundary watershed management approaches, with a special focus on the viability of the management bodies established to advance watershed work in these two river basins. We conclude by identifying the principal factors shaping and constraining operational success in advancing binational cooperation in watershed management on these two transboundary rivers and pointing to several promising measures evident in our case studies that should be adopted in future efforts to advance transboundary watershed management along the U.S.-Mexico border.

The Tijuana Watershed: Minute 320 and the Binational Core Group

In 2015, the United States and Mexico officially signed an agreement, Minute 320 of the International Boundary and Water Commission (IBWC), which for the first time committed the two countries to a comprehensive watershed management program for the Tijuana River (International Boundary and Water Commission [IBWC], 2015). The new IBWC Minute is the culmination of nearly 20 years of effort aimed at prioritizing and addressing multiple problems associated with rapid urbanization and its impacts on the riparian corridor, particularly on the international downstream reach of the river. It is structured as a framework agreement authorizing subsidiary actions and agreements on a number of different issues, and it establishes a management body, the Binational Core Group (BCG), under the IBWC's oversight (IBWC, 2015, p. 4). It was and remains an important agreement, one of the few bilateral agreements under IBWC auspices that takes the watershed into account. To better understand its scope and application, including the work of the BCG, it is necessary to describe the Tijuana River's geo-hydrology and the array of contemporary problems associated with the river. With that information in hand, we are able to examine the development of the initiative that produced the Minute 320 agreement and how the BCG has functioned since its establishment in 2014.

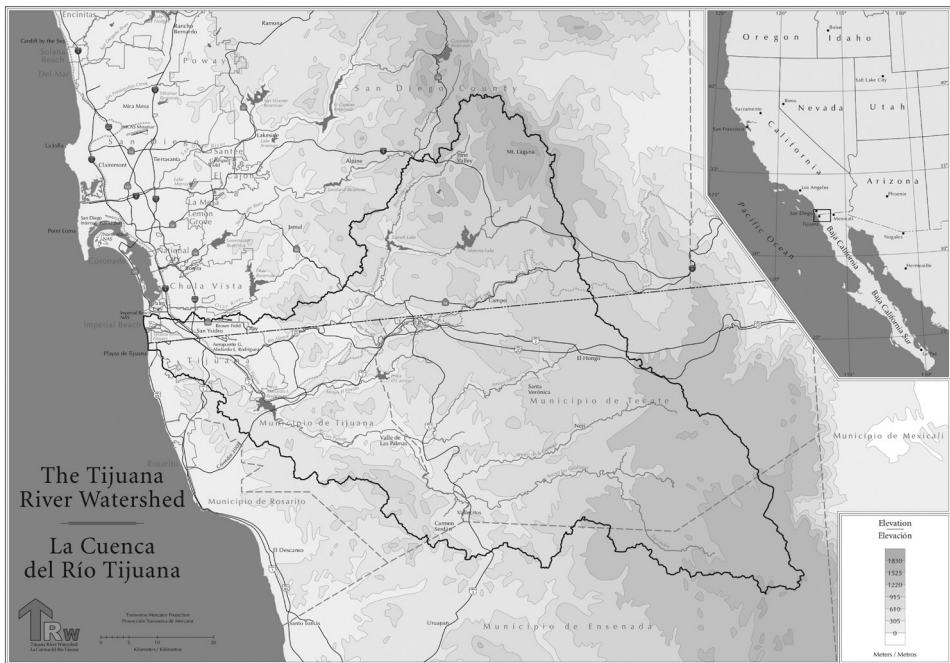
The Tijuana River Watershed

Of all the rivers that cross or form the international boundary between the United States and Mexico, the Tijuana River is unquestionably the most urbanized. A relatively short stream, the Tijuana River Watershed of 1,750 square miles drains the California

coastal range that straddles the international boundary. Cottonwood Creek north of the boundary (which becomes the Rio Alamar after it enters Mexico) and the Rio de las Palmas on the south side conjoin in Mexico to form the Tijuana River, which flows downstream some ten miles until it drains to the Pacific Ocean. Just over 75 percent of the entire watershed lies in Mexico, which also delivers over 60 percent of the available runoff, the remainder coming from the United States (SDSU Institute for Regional Studies of the Californias [IRSC] and SDSU Department of Geography, 2005a; Project Clean Water, 2018). (See Figures 1 and 2 for maps of the watershed).

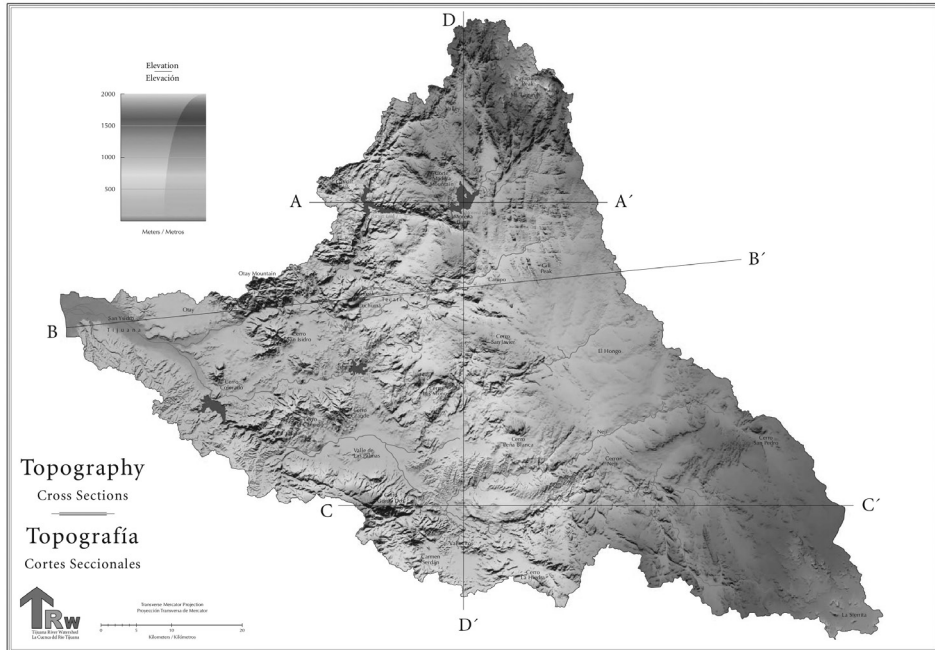
The proliferation of urban settlements within the watershed is particularly evident in Mexico, which has seen the steady development of informal settlements with the eastward urban expansion of Tijuana, enveloping the entire main-stem stretch of the River in Mexico. Today, the urban zone virtually connects Tijuana with the municipality of Tecate, roughly 25 miles east of the Pacific Ocean. Urbanization downstream in the vicinity of the U.S. cities of Otay Mesa, San Ysidro, and National City has also grown over the past 30 years.

Map 1. Overview of the Tijuana River Watershed



Source: SDSU IRSC and SDSU Department of Geography (2005a). Used with permission.

Map 2. Topographic map of the Tijuana River Watershed showing relief that drives surface water flows



Source: sdsu irw and sdsu Department of Geography (2005a). Used with permission.

The Tijuana River has always supplied certain essential ecosystem services to both sides of the boundary; as the region has urbanized, these services are threatened as urbanization has encroached on habitats, eliminated wetlands, and diminished arboreal zones (SDSU IRSC and Department of Geography, 2005b; Project Clean Water, 2018). The economic values in the form of impounded surface water resources that the River provides are also vital to the daily lives of the nearly 3 million residents of the Tijuana-San Diego conurban region (Project Clean Water, 2018). The Tijuana River is also known as a source of harms, ranging from hazards like flooding, to the deposition of heavy sediments and refuse from storm water.

Collaborating on Watershed Management

The Tijuana River is a bit of an anomaly in U.S.-Mexico water relations. The resources and problems associated with the river were well known and anticipated in the early decades of the 20th century which saw various efforts on either side of the border to

harness the River's surface flows and control flooding. The principal dams in the U.S. Section of the watershed, Barrett and Moreno Dams, were authorized and constructed in the 1920s. On the Mexico side, Rodriguez Dam was authorized in 1927 and completed in 1936 (Bustamante, 1999, p. 234). In 1944, when the landmark 1944 Water Treaty was signed, the Tijuana River was included as one of the named rivers. Article 16 of the Treaty deals specifically with the Tijuana River. Instead of apportioning its waters as was done on the Colorado and Rio Grande Rivers, the two countries opted for a framework agreement acknowledging the need to manage the Tijuana River, anticipating certain problems like flooding, and placing binational management and any future agreements in the hands of the IBWC (Treaty, 1944, Art. 16). In the 1960's the IBWC looked into the possibility of building a dam where Cottonwood Creek crosses the international boundary but rejected the idea owing to the geological instability of the area (Silva, 2013). Later, after 1967, the U.S. and Mexico agreed to channelize much of the urban stretch of the river; this was done in Mexico but not in the United States owing to concerted opposition of downstream residents and environmental activists concerned with the adverse ecological impacts on the River's estuarine zone, among other objections (IBWC, 1967; Kennedy, 1978).

When we look at the pattern of binational collaboration on Tijuana River management, we see that it was always internationally focused and binational in character. Moreover, it was focused much more on the prevention and amelioration of harms than it was on the benefits of water allocation. The management of sewage was a particularly important driver, one dating back as far as the 1940's and gathering steam as a binational issue in the 1960's when an international emergency connection transferring Tijuana's sewage to the San Diego sanitation system was affected (IBWC, 1965). Tijuana's rapid growth and the deterioration of existing sewage lines meant further black water spillage to the United States, and in 1985 the IBWC was authorized to proceed with an international sewage treatment facility (IBWC, 1985). The plant's development was delayed for over a decade by controversy over funding, environmental and regulatory compliance concerns in the United States, and the maintenance and development of supporting sanitation infrastructure in Tijuana (IBWC, 1990, 2004). The binational sewage controversy and political debate post-1985, however, had the effect of highlighting a range of concerns on the River that extended well beyond the sanitation problem and helped galvanize the formation of a binational stakeholder coalition focused on achieving more comprehensive management of the watershed.

It is difficult to pin-point any one institutional catalyst or leader in mobilizing binational effort to realize a more comprehensive approach to managing the Tijuana River watershed, but it is clear that the IBWC, the international body charged with address-

ing transboundary water issues, did not initially take the lead. In the early 1990's, one important driver of greater attention to the River came from the greater cognizance of environmental problems along the border that followed debate over the North American Free Trade Agreement, beginning in 1990. By 1992, the two governments rolled out a new set of cooperative environmental programs under the authority of the 1983 La Paz Agreement that provided an opportunity for local environmentalists to address challenging transboundary environmental problems like those found in the Tijuana River watershed (Mumme and Collins, 2014). In 1993, another government to government initiative saw the creation of the Border Liaison Mechanism (BLM), by which consular officials on both sides of the border provided a forum and served as conveners for stakeholder discussions of regionally important issues like watershed management (Brown and Mumme, 2000; Texas A&M International University Binational Center, n.d.).

Building on these new opportunities for cross-border dialogue on riparian concerns, academic institutions took the lead in bringing diverse stakeholders from the governmental, non-profit, and civic sectors together to advance a more unified binational and integrated approach to Tijuana River Watershed management. Such a unified voice was an essential basis for more formal agreements among the governments through the IBWC or the La Paz Agreement Annex process. The Institute for Regional Studies of the Californias and the Department of Geography at San Diego State University, and researchers at El Colegio de la Frontera in Tijuana, in particular, collaborated on bringing various stakeholders together on questions related to the management of the Tijuana River (Ganster, 1999; SDSU IRSC and SDSU Department of Geography, 2005b).

A list of watershed stakeholders in various sectors compiled by geographer Suzanne Michel in 2000 is indicative of the wide range of interests and entities engaged in watershed discussions at the time (Table 1). In 2002, following voters' approval of Proposition 13—a California law funding watershed management plans around the state—the academic sector took the lead, collaborating with the California Regional Water Quality Control Board and San Diego County, in establishing a Binational Watershed Advisory Council (BWAC) as an inter-sectoral binational partnership that engaged non-profits, universities, the private sector, and tribal governments for the purpose of generating a binational vision for managing the Tijuana River Watershed (SDSU IRSC and SDSU Department of Geography, 2005b; State of California, 2000). The BWAC's final report, published in 2005, identified a range of water quality and water supply needs and proposed a series of action plans addressing these needs (SDSU IRSC and SDSU Department of Geography, 2005b). Although the BWAC was not institutionalized as a formal mechanism, the final report did propose establishing a binational Tijuana River Watershed Council to advise the governments and the IBWC on needed interventions to protect and conserve the River.

Table 1. Identified Tijuana River Stakeholders Groups, circa year 2000

<i>Stakeholders</i>	<i>United States</i>	<i>Mexico</i>
Universities/Academic	<ul style="list-style-type: none"> • San Diego State U. 	<ul style="list-style-type: none"> • El Colegio de la Frontera Norte
Non-Governmental Organizations	<ul style="list-style-type: none"> • Sierra Club • Southwest Wetlands Interpretative Assoc. • Surfrider Foundation • Environmental Health Coalition • Surfers Tired of Pollution • San Diego Baykeepers • San Diego Dialogue • Agua Clara • Citizens Revolting Against Pollution • San Diego Natural History Museum • Audubon Society • Environmental Water Caucus • Citizens Against Recreational Eviction • Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security 	<ul style="list-style-type: none"> • Las Gaviotas • ECO-SOL • Colonia Landowners Associations • Imagen Tijuana • EcoParque • Partido Verde • Amas de Casa • Comité Ciudadano Pro-Restauración del Canon del Padre • Grupo Factor X
Domestic Government (Federal)	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental Protection Agency • U.S. Fish & Wildlife Service • U.S. Bureau of Reclamation 	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Dirección General de Ecología del Estado de Baja California • Comisión Nacional del Agua • Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas • Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
Domestic Government (State and Local)	<ul style="list-style-type: none"> • Cal-EPA • California Coastal Conservancy • Tijuana River National Estuary Research Reserve • San Diego County office of Environmental Health • California Regional Water Quality Control Board • City of San Diego Metropolitan Wastewater Department • City of Imperial Beach • San Diego Association of Governments • California Department of Water Resources • Metropolitan Water District of Southern California • Otay Water District • Tia Juana Valley County Water District • San Diego County Water Authority • Imperial Irrigation District 	<ul style="list-style-type: none"> • Comisión de Servicios de Agua del Estado • Ayuntamiento de Tijuana • Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana • Dirección General de Ecología del Estado de Baja California • Comisión Estatal de Agua-Baja California Norte • Instituto Municipal de Planeación

(continued)

<i>Stakeholders</i>	<i>United States</i>	<i>Mexico</i>
International Government	<ul style="list-style-type: none"> • International Boundary and Water Commission • Border XXI Water Working Group • Border Environment Cooperation Commission • California Border Environmental Cooperation Commission • Environmental Committee of the Tijuana San Diego region • Proyecto Bio-regional de Educación Ambiental • Western Association of Maquiladora Owners 	<ul style="list-style-type: none"> • International Boundary and Water Commission • Border XXI Water Working Group • Border Environment Cooperation Commission • California Border Environmental Cooperation Commission • Environmental Committee of the Tijuana San Diego region • Proyecto Bio-regional de Educación Ambiental • Western Association of Maquiladora Owners

Source: Suzanne Michel (2000).

The BWAC effort, however, did not go in vain. It was instrumental in strengthening and amplifying a broad cross-national network of collaborating stakeholders in Tijuana River management, a number of whom developed their own initiatives for cross-border collaboration in specific areas of work. An impressive array of governmental and non-governmental watershed related initiatives unfolded in the ensuing decade as reported by Mumme, Collins, and Castro (2014) (see Table 2). In 2002, the U.S. Section of the IBWC (USIBWC) established a new Citizens Forum in San Diego that became a sounding board for various north-of-the-border concerns related to the river, particularly on issues like solid waste (trash) accumulation, storm water flows, sedimentation, and adverse impacts on the Tijuana River National Estuary Research Reserve. In 2003, a new iteration of the La Paz Programs, Border 2012, built on its predecessor program, Border XXI, in establishing a new Tijuana River Watershed Border Water Task Force (TRW-BWTF). The TRW-BWTF included a modest grant program funding watershed work. Other universities, including the University of California at San Diego and the University of California at Santa Barbara, mounted binational advocacy and clean-up efforts. New binational state-to-state and city-to-city agreements were struck, including a new flood alert system in 2003 and a new sediment improvement agreement in 2006. Following these initiatives, a Tijuana River Valley Recovery Team (TRVRT) was created in 2008 at the initiative of Oscar Romo, the Director of the Tijuana River National Estuarine Reserve (Alter Terra, 2018). The Recovery Team brought together more than 30 government and non-governmental entities for dialogue on how to manage the range of threats in the TRW (Tijuana River Valley Recovery Team [TRVRT], 2012).

Table 2. Partial List of Binational TRW Initiatives, 2000-2010

<i>Federal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Border Liaison Mechanism • Border 2012 California-Baja California Regional Workgroup • Border 2012 Grant Program-volunteer binational beach monitoring program • Border 2012 TRW Border Water Task Force • IBWC-U.S. Citizen Forum
<i>State/Regional</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Border Water Council • Binational Integral Flood Alert System in TRB-2003 • Tijuana-California Los Laureles Canyon sediment improvement agreement of 2006
<i>Local/County/ Municipio</i>	<ul style="list-style-type: none"> • SANDAG/Border Water Council • Binational Environmental Education Web • BREN (UCSB) • Regional Workbench (UCSD) • Los Laureles Canyon Project of Oscar Romo and Keith Pezzoli (UCSD Urban Studies) • Tijuana River Valley Recovery Team • Tijuana Watershed Advisory Committee (San Diego County) • Proyecto Bio-regional de Educación Ambiental (PROBEA) • Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental (PFEA) • Ja Jan • Los Niños • No Border Sewage Network

Source: Mumme, Collins and Castro (2014).

Such initiatives captured public attention, informed the IBWC, and helped sustain political momentum for a more comprehensive watershed accord. The renewal of the La Paz Border Environmental Program in 2012, now dubbed the Border 2020 Program, was helpful in sustaining binational engagement on the Tijuana River (USEPA, 2018).

In August 2012, the IBWC unveiled a border-wide International Watershed Initiative addressing problems in each of the critical binational watersheds, including the Tijuana River, Colorado River, Santa Cruz River, San Pedro River, and the Rio Grande (Drusina, 2012). As part of the plan the Commission outlined its commitment to a “Collaborative Bi-national Process to integrate scientific, environmental, and regulatory stakeholders to solve basin problems”, focused on data collection and studies to guide future mitigation and remediation work. The Commissioners agreed that pollution abatement fell within their jurisdiction for these transboundary river basins and pledged to seek additional authority from the governments to create sustainable habitats and protect cultural heritage values in the riparian zone (Drusina, 2012). This was followed with a Binational Border Water Summit convened by the IBWC with support from the North American Development Bank (NADB) and local universities in El Paso and Cd. Juarez in September 2012 (Ganster, 2012). The Summit produced a plentiful menu of recommendations based on principles of comprehensive integrated watershed planning

to include 1) creating binational watershed forums; 2) establishing a clearinghouse for binational watershed data; 3) supporting watershed research related to conservation, climate change, adaptive management, hazards prevention, and groundwater assessment; 4) adopting integrated watershed management and analysis border-wide; and 5) committing more investment in border water infrastructure and planning (Ganster, 2012).

Buoyed by these various initiatives, and with university researchers again taking the lead in convening multiple stakeholders from the United States and Mexico to address the issue, a binational Tijuana River Watershed Workshop was held in Tijuana in May 2013 with the support of the IBWC and various governmental stakeholders from both sides of the border (Southwest Consortium for Environmental Research and Policy [SCERP], 2013). The IBWC at that time revealed it was considering negotiating an agreement to address the management of the river, drawing on its Article 16 authority under the 1944 Water Treaty (Duran, 2012; USIBWC, 2012).¹ The announcement drew considerable support from the attending stakeholders but also some skepticism and uncertainty with respect to the extent that other government agencies, particularly Mexico's powerful federal water agency, Conagua, were on board. In December 2014, CILA announced an initiative to form seven new Mexican Citizens' Forums, the first to be created in Tijuana (Castro, Mumme, and Collins, 2018; USIBWC, 2014).

Retrospectively, it is clear that the binational coalition of stakeholders galvanized in the early 2000's with the support of the Border Liaison Mechanism, the Border 2012, the IBWC's new Citizen Forum, university researchers, and local and regional NGOs was crucial in driving the IBWC to embrace the issue and pursue additional authority. In 2015, the Commission unveiled its new agreement, Minute 320, General Framework for Binational Cooperation on Transboundary Issues, signed October 5, 2015 (IBWC, 2015).

The new Minute is designed as a framework agreement authorizing new advisory bodies to address the TRW's various problems and reach subsequent agreements on specific management commitments by the two countries. It creates a Binational Core Group (BCG) comprised of federal, state, and local governments, as well as non-governmental stakeholder organizations to make recommendations for needed binational projects. The BCG is tasked with prioritizing sediment control, solid waste management and disposal, and water quality issues in the basin and empowered to establish Binational Work Groups (BWGs) for the purpose of examining these and other issues. A key mandate is designing binational monitoring processes that address these priorities. Any policy measures the BCG and its workgroups should recommend are to "benefit

¹ The IBWC floated the idea of negotiating a minute as early as February 2012.

both countries and promote sustainable management of transboundary resources in the Tijuana River Basin” (IBWC, 2015, p. 5). Costs of remediation are to be identified and shared on the basis of funding capacity (IBWC, 2015, p. 5).

Minute 320 Implementation

The IBWC’s Minute 320 is a remarkable and important achievement that recognizes the need for a comprehensive and integrated watershed centered approach if the Tijuana River is to be sustainably managed for the benefit of the two countries. Putting Minute 320 into effect, however, has proven to be challenging. The IBWC has gone forward establishing the BCG and creating three binational working groups corresponding to the lead priorities set out in the minute, water quality, sedimentation, and solid waste. The working groups were able to reach agreement on a range of specific project priorities by early 2016.

Reaching agreement on implementation plans and securing funding, however, has proceeded at a much slower pace. In February 2017, torrential rains resulted in a major sewage spill dumping 143 million gallons of sewage into the estuary. Coastal residents north of the border were outraged, blaming the IBWC and expressing frustration with the Minute 320 process (USIBWC, 2017a). Local officials like Serge Dedina, the Imperial Beach mayor, defended the process and counseled cooperation with the IBWC. Others pointed to progress in studying the sources and flows of solid waste contamination. An EPA official spoke to the problem of funding M320 plans owing to the dramatic decline in federal funding of the Border Environmental Infrastructure Fund that supports water quality improvements in the border zone. Just 1 million USD of a total 10 million USD border-wide was dedicated to problems in Tijuana (USIBWC, 2017b). While the two countries could agree on what needed to be done, the chronic problem of financing transboundary water quality projects was still very much in evidence. Planning by disaster was too often the order of the day—as IBWC Commissioner Ed Drusina observed in December 2017, citizen pressure was very much needed to “prime the pump” of federal support for needed works (USIBWC, 2017c).²

Binational coordination remains a challenge. The Minute 320 process engaging the IBWC’s binational works groups, particularly in the area of water quality and sewage control, identified a wide range of needs, principal among them the needed rehabilitation and enhancement of sanitation infrastructure in Mexico, but the vast majority of

² In response to the February 2017 sewage spill the ibwc-cil a concluded two new operating protocols on September 21, 2017. See, USIBWC (2017d).

these projects lay in the hands of CESPT, the Baja California state sanitation agency and Conagua, the federal water authority. Both have plans that directly relate to the Minute 320 process, but these are advancing separately, and were underfunded. CESPT's master plan for improving Tijuana's sanitation system was estimated at over 400 million USD, only 6 million USD of which was funded in early 2018. Conagua's water quality monitoring program which aimed to place water quality monitoring stations in over a dozen locations in the TRW system proceeded separately from the water monitoring program supported by the Minute 320 BCG's Water Quality Workgroup.

Working out reliable protocols for managing proposals from the BWG teams, and enlisting support for specific measures from the various governmental stakeholders and NGOs engaged in the M320 binational process has also taken considerable time.

In sum, progress in the TRW is being made, but it is evident that many of the structural impediments that traditionally bedevil binational cooperation on border sanitation issues remain and are not easily reconciled. As yet, no new subsidiary implementation agreements have been signed. But it is clear that Minute 320 has provided a process and forum for advancing binational cooperation across a range of riparian problems, has raised public awareness of these Tijuana River's problems, and catalyzed new arrangements (Mexico's new Citizen Forum in Tijuana is an example). These new mechanisms at least improve upon and may potentially accelerate binational mitigation of the river's many problems in the years ahead—contingent, of course, on the willingness of both countries to prioritize further planning and investment in managing growth and development on both sides of the border, but particularly in Mexico.

*The case of the Paso del Norte region
of the Rio Grande Watershed*

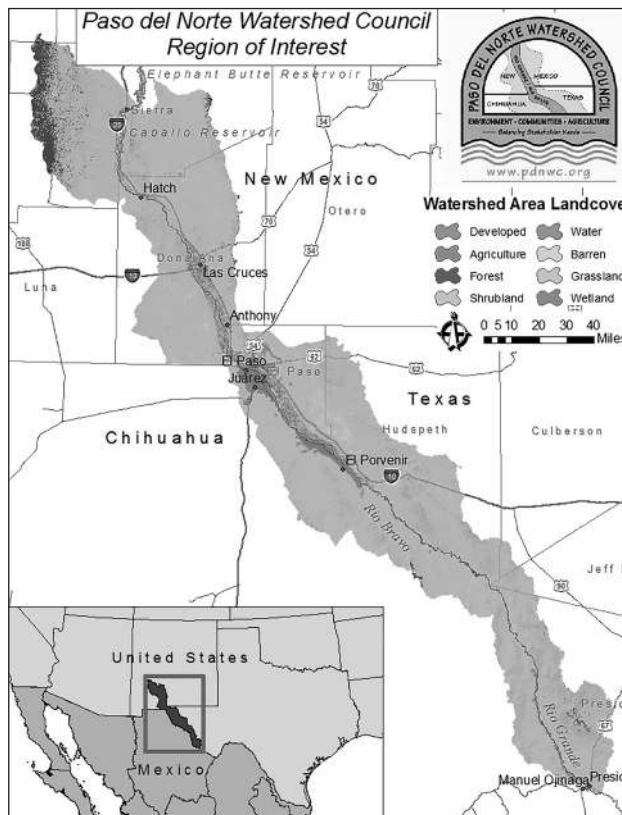
Overall regional context

With the case of the TRW in place, discussion now moves to the portion of the Rio Grande/Río Bravo Watershed in which the U.S.-Mexico border twin city of El Paso/Ciudad Juárez lies, as well as the neighboring urban area of Las Cruces, NM. (See Figure 3 for map of the Paso del Norte region). This region has been long known as a functional region within which much trade, commerce, educational activities, and environmental issues exist. The binational nature of the region has offered opportunities for various environmental initiatives. Prominent among these is the Paso del Norte Air Quality Task Force, and the companion Joint Advisory Committee (JAC), locally driven multi-layer efforts to advance a binational and regional approach to preventing and managing air pollution (Ganster and Lorey 2016, p. 187; JAC, n.d.) This effort was based on the

regional concept of a transboundary air basin or “airshed”, an effort analogous to that of a watershed.

As early as 1963, Gilbert White, a pioneering water resources researcher, introduced the watershed as a regional framework for development and management of river basins (White, 1963). The USEPA formally adopted “the watershed approach” in 1991, and this perspective has driven or guided much water resources research in the last 25 years (USEPA, 1991). Of note for this chapter, interested stakeholders have advanced a watershed approach to water resource management in the Paso del Norte region that led to the establishment of the Paso del Norte Watershed Council (PdNWC). Examining the antecedents of the PdNWC is instructive for understanding how this regional approach can inform other watersheds, especially those lying on borders or political boundaries.

Map 3. Paso del Norte Watershed Council Region of Interest



Source: PdNWC (n.d.-b). Used with permission.

Urbanization of U.S.-Mexico border twin cities in the last decades of the 20th century and the first decades of the 21st century has yielded a range of environmental and water resource issues. These include a rapidly increasing demand for water, water quality issues driven by the residuals of border industrialization and agricultural activities, and the need to balance the needs of various sectors of society that generate demand for regional water resources (Ganster and Lorey, 2016). Nowhere are these issues more apparent than the Paso del Norte Watershed.

Antecedents to regional water resource management issues and efforts

Due to the issues noted above, a dynamic and serious set of conflicts in the region led to a situation known as the “Sunbelt Water War” (Earl and Czerniak, 1996). Put simply, increasing demand for water resources across sectors and political boundaries led to a series of legal actions in the U.S. that had major, if indirect impacts on Ciudad Juárez and surrounding areas in Mexico. Over the course of 11 years, the City of El Paso filed numerous law suits against the State of New Mexico in objection to terms of the New Mexico Constitution that prohibited the export of water resources from New Mexico to Texas. In 1991, all parties to the conflict signed a settlement agreement that established a “joint settlement commission” (eventually known as the New Mexico Texas Water Commission - NMTWC - Earl and Czerniak 1996) that would develop plans for regional conveyance works that lead to the development of the El Paso Las Cruces Regional Sustainable Water Project (The Project). According to the environmental impact statement for The Project, two percent of total project funds for The Project were to be dedicated to environmental work associated with The Project (PdNWC, n.d.-a).

This condition of the settlement agreement generated the need for some form of working group that would dedicate its energy to the study of environmental issues in the region; on 13 October 2000, the NMTWC passed a resolution calling for the establishment of the Paso Del Norte Watershed Council (NMTWC, 2000). The PdNWC held its first meeting on 12 January 2001, with a range of parties interested in watershed management and environmental issues attending. After decades of conflict and millions of dollars spent on legal fees, parties to the conflict had agreed to both a management structure for the development of water works, and a watershed council that would be dedicated to environmental issues. The establishment of the Paso del Norte Watershed Council is consistent with the lenses of political ecology and geography (Blaikie and Brookfield, 1987), the river basin perspective advanced by White (1963), the watershed approach that the USEPA offered as a tool for regional water resource management (USEPA, 1991), and the concept of a functional region introduced above.

The arc of the Paso del Norte Watershed Council

Over the last 19 years, the PdNWC has met numerous times and been engaged in a range of issues and activities by which watershed management has been advanced in the region. Early meetings focused on standing up the group, developing a list of members and a management structure, developing and approving bylaws and a watershed management plan, and assembling working groups in priority areas of interest. These areas of interest included making connections to other groups in the area with an interest in watershed management and water resource issues in the region; exploring various models by which water resource data in the region could be more efficiently and effectively shared; and developing funding proposals for funds to hire a watershed coordinator and support other activities of the Council (PdNWC, n.d.-a). Of special note is the role that regional academic institutions have played in the work of the Council, a point which will be explored in the latter part of this chapter.

Coordination of Council efforts with other groups

As early as the first year of its existence, Council members expressed a desire to reach out to other groups with similar interests, and the Council launched an informal survey effort of interested parties in late 2001. The response rate was very good (approximately 2/3 of the 65 surveys sent out). Topics of interest noted in survey responses were the spatial reach of the Council's efforts, its authority—what authority, if any, does the council have in carrying out its work, and ideas to invite non-representative groups to the table. A need expressed with some regularity was how to get the voice of the agricultural producers and water users to the table, an issue with which the Council wrestled for several years. (PdNWC, n.d.-a). The other voice that came from the survey and discussions was that of the Paso del Norte Water Task Force, a project funded by the Hewlett Foundation that sought to build a regional approach to water resources management. The Task Force consisted of a group of water users in the region that represented academia, urban water purveyors, the agricultural sector, non-governmental organizations (NGOs), and the business community; one member from each topical area came from West Texas, Northern Chihuahua, and Southern New Mexico (Paso del Norte Water Task Force [PdNWTf], 2002; Douglas, Lyke-Ho-Gland, and Saenz, n.d.). Of special note concerning the Council was the fact that members of the Council's Executive Committee served on the Task Force Executive Committee or as technical advisors that lead to cooperative efforts between these two groups.

Given the discussion of the role of the IBWC in the TRW region earlier in the paper, we would like to explore if and how similar dynamics occurred in the Paso del

Norte Watershed. During the time period examined in this chapter, the IBWC developed the Citizens Forum Program, with five regional forums being established and supported in five subregions of the border. The intent of the program was to provide regionally focused opportunities for IBWC staff and members of the public in each region to exchange information, express and address concerns, and provide updates to the public on IBWC projects (IBWC, n.d.).

Of special note in this part of the chapter is the formation in 1999 of the Rio Grande Citizens Forum (RGCF) that allowed residents of the Paso del Norte region to interact with staff members of the IBWC on regional issues of concern (IBWC, n.d.). During the last 20 years, several members of the PdNWC Executive Committee have served on the RGCF as citizen members and officers, and this provided a means for the PdNWC to share environmental concerns with key IBWC staff. Specific issues explored include the canalization and rectification projects that the IBWC was conducting in the PdN region of the Rio Grande, activities and data of the IBWC Clean Rivers Program (CRP), relationships with the agricultural sector (the major user of water in the region), and activities related to flood control in the region (IBWC, n.d.).

Another means by which IBWC staff and PdNWC members were able to explore environmental issues of concern is the participation of IBWC staff in meetings and activities of the PdNWC. This participation has facilitated the use of IBWC CRP data in the PdNWC Coordinated Database and GIS Project. IBWC staff have also both formally and informally provided service to the Council in the area of GIS analysis, compilation of materials to be hosted at the PdNWC website, and assistance in recording and documenting discussions among Council members (PdNWC, n.d.-a). Put simply, IBWC staff supporting the RGCF and Watershed Council are partners in working together to advance shared goals related to environmental concerns in the region.

The last set of relationships the Watershed Council has focused on is the degree to which the Council has been able to reach out to Mexican citizens in the region and be a binational effort. Staff at public agencies and faculty members at regional universities have long-standing relationships with their Mexican counterparts that can be the foundation of this binational connection. As early as 2003, the Executive Committee of the Watershed Council articulated a desire to broaden the reach of the Council to include Mexican participation and initiated discussions with Mexican colleagues to do so. Out of these discussions, the Council was successful in adding two Mexican colleagues to the Executive Council, Dr. Miguel Flores from Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, and Dr. Alfredo Granados from Universidad Autónoma de Ciudad Juarez. Of special note, Dr. Granados has had a long-standing relationship with colleagues at NMSU for many years, earned his PhD at NMSU, and

is one of the principal authors of *Creating a Single Map: Regional Geographic Information System to Support Water Planning in the Paso del Norte Region*, a regional and truly binational publication that sought to advance a discussion on how best to coordinate GIS activities in the area (New Mexico Water Resources Research Institute [NMWRRI], 2002). The Council has also worked hard to insure that as many publications as possible were published in both Spanish and English. The above notwithstanding, actively including researchers and citizens from Mexico on the PdNWC is a facet of a regional approach to watershed management that has been less successful than many members of the PdNWC Executive Committee would like to see happen. Increasing Mexican participation is a challenge that the Council still faces.

Efforts towards coordinated access and use of water resource data

Another topic that saw much interest in the Council is that of how best to coordinate access to and use of water resource data in the region. As early as 2001, Council members began researching this issue, and several different models were explored (PdNWC, n.d.-a). These discussions led to a series of successful funding proposals that supported the development of the Coordinated Database and GIS Project (CDBGP) that is still active and housed at the Council's website. Partners in the project are detailed below (PdNWC, n.d.-c), and a range of interests were represented by these organizations.

- 1) University partners—New Mexico State University, Texas A&M University, Texas Technological University, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, and The University of Texas at El Paso;
- 2) Governmental partners—the City of La Cruces, the El Paso Water Utilities, the International Boundary and Water Commission, the U.S. Army Corp of Engineers, the U.S. Bureau of Reclamation, and the U.S. Geological Service; and
- 3) Quasi-governmental partners—Elephant Butte Irrigation District and El Paso County Water Improvement District #1 (both regional irrigation districts).

Three important elements of the Coordinated Database and GIS Project (CDBGP) are worth noting. First, the Project enjoyed much financial support through a series of contracts and grants that paid for the time and energy of the people that built, housed, and maintained Project data. Second, many of the players, a good deal of technical expertise, and much relevant data came from regional universities across numerous colleges and departments. Many of these institutions were early members of the Council's Executive Committee and filled many roles within the Council. Individuals within these institutions made a long-term commitment to the Council that spanned the 19

years the Council has existed, and provided much of the financial support that made the CDBGP possible. Third, the idea and intent that came from early discussions among Council members—namely coordinated access to regional water resource data—came to fruition, was very well supported by regional interests, and is still in existence and actively supported to the present.

Fund raising efforts of the Council—As noted above, the Council has enjoyed much financial support from a range of funding sources, and the question arises as to how much of the work the Council did would have been possible without this support. As early as the second meeting of The Council in 2001, fund raising efforts were prominent in discussions of the Executive Committee. Members have been actively engaged in developing needed partnerships with other institutions to develop and move forward successful proposals for external funding. Below, we provide a table summarizing these funding efforts, before discussing some key elements of this history of funding efforts that may be of value to other groups seeking to advance a watershed council in other regions.

Table 3. Detail of efforts by the PdNWC to secure external funding

<i>Source</i>	<i>Funding Amount</i>	<i>Brief Description</i>
EPA/NMED Watershed Assistance program (WAG)	\$30,000	WAG grant provided funds to support a Council coordinator
El Paso Water Utilities (EPWU)	\$267,872 for several different efforts	EPWU/TAMU Cooperative Agreement to fund coordinator position and develop Coordinated Database and GIS Project (CDBGP), Phase 1&2
Friends of the Rio Grande	\$4,800	Enhance Council website
NMED 319 program	\$390,000 for Phase 1&2 projects	Support development of a Watershed Restoration Action Strategies and Watershed-based Plan
River Network	\$29,611	Support Council activities, cdbgp work, and coordinator’s salary
USACE 729 Program	\$1,030,000	Additional support for cdbgp project, which supported several phases of flow modelling, and linked flow models to the CDBGP
USBOR	\$241,910	Support general Council activities, link models to CDBGP, and support aquatic study and Web revisions
WWF outreach grant	\$5,750	Develop bilingual outreach materials

Source: PdNWC (n.d.-c); Texas A&M (2018).

Several facets of the very successful fund-raising efforts of The Council are worthy of note. First, the vast majority of the successful proposals were developed by faculty researchers at NMSU, Texas A&M, the University of Texas at El Paso (UTEP), and

UACJ, both those serving on the Executive Committee (EC) and those not serving. Second, these efforts would not have been possible without Texas A&M and the New Mexico Department of Agriculture (NMSU) agreeing to be the fiscal agents for these proposals. Relatively early in the history of The Council, members of the EC researched what would be involved in obtaining U.S. tax exempt 501C3 status, but leadership believed that the expense and effort of filing for and maintaining this status was not worth the time and energy. Third, The Council was very successful in fund-raising in several specific areas, including early work to stand up the Council and hire staff, building and populating the CDBGP, supporting extensive flow modeling, supporting two comprehensive water quality studies, and developing and disseminating a range of education and outreach materials. These were the very topic areas that drove the establishment of the Council's strategic plan, and the success in raising funds to support this work reflects the hard work and commitment of Council leadership and partners on these efforts.

Funds raised supported the work detailed above, and a large number of research publications were the tangible outcomes of this work, as noted below:

- 1) PdNWC. 2014. *The Paso del Norte Watershed Based Plan—Mitigation Measures to Reduce Bacterial Pollution in the Rio Grande*. Completion report for USEPA/NMED 319 (h) grant awarded to the PdNWC.
 - 2) NMWRRI. 2009. *The Development of a Coordinated Database for Water Resources and Flow Model in the Paso del Norte Watershed, Phases 1-3*. WRRI Technical Papers No. 348, 1-3. Las Cruces, NM: NMWRRI.
 - 3) NMWRRI. 2008. *Installation of River and Drain Instrumentation Stations to Monitor Flow and Water Quality and Internet Data Sharing*. WRRI Technical Paper No. 344. Las Cruces, NM: NMWRRI.
 - 4) NMWRRI. 2007. *Phase II Final Project Report Paso del Norte Watershed Council Coordinated Water Resources Database and GIS Project*. WRRI Technical Paper No. 341. Las Cruces, NM: NMWRRI.
 - 5) PdNWC. 2007. *Paso del Norte Watershed Council (PdNWC)—Watershed Restoration Action Strategy (WRAS)*. Completion report for USEPA/NMED 319 (h) grant awarded to the PdNWC.
 - 6) NMWRRI. 2006. *The Development of a Coordinated Database for Water Resources and Flow Model in the Paso del Norte Watershed*. WRRI Technical Paper No. 337. Las Cruces, NM: NMWRRI.
 - 7) NMWRRI. 2004. *Paso del Norte Watershed Council Coordinated Water Resources Database Project*. WRRI Technical Paper No. 327. Las Cruces, NM: NMWRRI.
- NMWRRI. 2002.

This publication record reflects the shared commitment of the researchers involved, the leadership of the PdNWC that developed the unifying strategic plan and the many proposals that funded this work, very strong partnerships with faculty researchers at regional universities, and the willingness of these universities and related units to engage on watershed management efforts. One can also interpret the success at fund-raising that The Council has had and the publication record noted above as representing a theme we explore later in this chapter—active partnerships of people from sectors with a shared appreciation for the watershed can be seen to define a regional approach to water resource management.

*Coming full circle—comparing the TRW
and PdNWC experiences*

As we look at the TRW and PdNWC experiences, several insights come to the fore that may help inform watershed council efforts in border and transboundary regions. Both of the case studies we explored above are well-grounded in regional water resource conflicts, and these conflicts can be seen as the seeds from which these efforts emerged.

In the case of the TRW, long-standing transboundary concerns in the region catalyzed several important special interest groups, who then partnered to work with state and regional government and IBWC staff. The IBWC's Minute 320 emerged from these discussions and once signed, provided very specific direction to stakeholders on tools for a regional approach to water shed issues. The IBWC is the convening body for both the Binational Core Group and Binational Work Groups, and provides dedicated staff to convene the meetings and compile outcomes of the discussions into regular information releases that are posted to the IBWC website. In the case of the Minute 320 watershed management effort, the convening mechanism and support efforts are directly provided by the language in Minute 320 and by staff tasked with providing needed support.

The PdNWC case is also an example of a regional conflict, one that drove interest groups to coalesce to form The Council, but its root was U.S.-based, namely conflict between the City of El Paso, the State of New Mexico, and other regional water users on the domestic transfer of water. The true catalyzing moments were the signing of the Settlement Agreement, the convening of the New Mexico Texas Water Commission, and the decision to create a watershed council to deal with environmental issues related to proposed waterworks. These variables not only drove the development of the watershed council, they also largely resolved the conflict that was in play at that time. Another difference is the degree each effort is binational in nature. Although The Council has

embraced binational membership as a goal, and efforts to achieve this goal have seen marginal success, it is largely driven by U.S. members that focus to a large degree (but not solely) on U.S.-based watershed issues.

Another difference is the nature of IBWC support of and interaction with the PdNWC versus the TRW efforts. As noted above, interaction by the IBWC and TRW stakeholders is a direct outcome of the Minute 320 process, and staff support is formal and direct. In the case of the PdNWC, interactions between PdNWC stakeholders and leadership and the IBWC are indirect and less formal. This doesn't mean that interactions and connections between The Council, its stakeholders, and the IBWC are any less important or relevant to progress on transboundary watershed management than in the case of the TRW, just different.

Another similarity of the two cases being studied is the key role that regional university researchers and their institutions had in helping support the creation of the councils and the work that the councils were successful in doing. In the case of the TRW, faculty and staff in the SDSU Institute for Regional Studies of the Californias (IRSC) and SDSU Department of Geography were instrumental in facilitating a long-term and productive dialogue that we argue was necessary for the TRW effort to coalesce in Minute 320. The faculty and staff at SDSU were also extremely successful at raising a very large amount of external funding that then led to *A Binational Vision for the Tijuana River Watershed* (SDSU IRSC and SDSU Department of Geography, 2005b). Dr. Richard Wright and Dr. Paul Ganster drove an effort that brought in over \$10M over the course of approximately 20 years. In the case of the PdNWC, similar dynamics were in play—regional faculty and staff researchers helped drive a dialogue that guided work of the Council and raised healthy funding needed to support Council activities.

Promising Solutions and Potential for the Future

The TRW and PdNWC experiences provide several lessons to guide further watershed management initiatives along the U.S.-Mexico border. One such lesson is the vital importance of fashioning cross-boundary advocacy coalitions and rich networks of stakeholders concerned with the sustainability of the resources their local river provides. It is clear in these two cases that the federal governments and the IBWC's national sections are quite hesitant to take the lead in crafting cooperative agreements in the absence of local support. Nor is strong support for watershed management on one side of the boundary sufficient to drive binational agreement. Transboundary watershed management is truly a binational endeavor.

The importance of shared analysis and binational agreement on the factual conditions shaping risks to the watershed is also evident from these two cases. Failure to build a strong binational foundation against which watershed conditions can be assessed is a well-known impediment to transboundary cooperation and binational agreement.

Not only should binational watershed efforts generate sound science concerning watershed conditions and trends, but a substantial and binational public education effort should be marshalled to build stakeholder support for watershed initiatives; the TRW case clearly demonstrates this need. This may be challenging in those cases where binational communities lack the academic centers and regional cadres of researchers that are found in the San Diego-Tijuana metropolitan area or the Paso del Norte binational region.

Furthermore, it is vitally important in both countries to bring government officials at all levels into the dialogue on needed watershed stewardship. Differences in governance on each side of the border have historically proven serious obstacles to reaching binational agreements on watershed management. Not the least of the governance barriers to be surmounted are the multiplicity of different agencies with functionally specific jurisdictions and mandates whose authorities must be acknowledged and coordinated in devising watershed management solutions. This problem is certainly acute in the decentralized area of domestic watershed planning north the boundary, but is also seen in Mexico where local municipalities and state agencies may differ from Conagua in defining their needs and priorities.

As detailed above, both the TRW and PdNWC cases have seen successful efforts to support watershed-based efforts to better manage regional water resources, work that has been supported by the IBWC. We see a promising future for both groups to provide valuable contributions to helping solve regional watershed challenges, yet we also offer some suggestions. In the case of the PDNWC, efforts to more actively include Mexican participation will be key in making the Council truly binational in nature. A case of this effort being successful is the recent addition to the Council's Executive Committee of Dr. Luzma Fabiola Nava, a Mexican researcher currently working with *El Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste*, in the Hermosa, Mexico region. Of special note, Dr. Fabiola Nava did her dissertation research in the PdN Watershed and interacted extensively with Council members while conducting her research, the outcome of which was an important article which summarized her work (Nava *et al.*, 2016).

A closing suggestion for both regions that we share is that the very useful and valuable IBWC Citizen Forums detailed above should be expanded to be truly binational in nature. One of the more interesting outcomes from the Southwest Consortium for

Environmental Research and Policy (SCERP) 2013 workshop was a series of recommendations to increase binational participation (SCERP, 2013). Included in these recommendations is this notion of binational Citizen Forums; we note other salient recommendations below:

- 1) Establish public binational meeting space in both regions that would allow binational participation without having to clear increasingly difficult to navigate Ports of Entry, a major barrier to true binational discussions;
- 2) Explore expanding the spatial reach of the IBWC Citizens Forums (currently U.S. domestic efforts) to include Mexican members and make these forums binational in nature;
- 3) Explore how the role of U.S. and Mexican Consul General offices in San Diego and Tijuana could take advantage of the Border Liaison Mechanism to advance binational cooperation on issues of interest in the Watershed; and
- 4) Enlist regional planning agencies in the U.S. (San Diego Association of Government and the El Paso Metropolitan Planning Organization) and in Mexico (Instituto Metropolitano de Planeación de Tijuana and the Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez) to engage on watershed management.

Much has been accomplished in the last 20 years in both the Tijuana River Watershed and the Paso del Norte Watershed, this largely due to regional partnerships between citizen stakeholders, regional universities, and relevant regional, state, national, and binational government agencies. Put simply, “folks rolled up their sleeves, worked together, and got stuff done”. In doing so, two very effective regional, institutional frameworks have been created and utilized, and much promise exists in these watersheds. We posit that the “story told above” in this chapter can be instructive to the residents of other border watersheds who seek to advance a watershed approach to relevant regional water resource management issues.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge and thank many people that have worked for many years in these basins; “you all have done good work”:

- 1) Ari Michelsen, the late director of the Texas A&M Agrilife Research Center, who was a critical player in and fiscal agent of the PdNWC. Dr. Michelsen passed away in 2017;

- 2) Bobby Creel, the late Assistant Director of the New Mexico Water Resources Research Institute (NM WRRI), who was a critical player in the PdNWC. Dr. Creel passed away in 2010;
- 3) Cathy Ortega Klett at NM WRRI, Conrad Keyes at the PdNWC, and Gary Esslinger at the Elephant Butte Irrigation District for assistance in chasing down historical documents;
- 4) International Boundary and Water Commission staff and leadership for their assistance and support for the efforts in the TRW and PdNWC regions;
- 5) New Mexico Department of Agriculture and Texas A&M University leadership and staff for fiscal agent work;
- 6) Paul Ganster, Richard Wright, and Harry Johnson, all of SDSU, for their pioneering work in the TRW, and assistance in providing data for this chapter;
- 7) Sally Speener, Commission Secretary in the U.S. section of the IBWC, who has provided much assistance to our work over many years and key access to IBWC leadership that in turn, supported our work; and
- 8) The many citizen stakeholders, regional university researchers, government staff, and funding agencies that made “the story we have told” happen and improved the environmental quality and the quality of life of the residents of this shared, binational watershed.

References

- Alter Terra. (2018). Tijuana River Valley Recovery Team (TRVRT). <http://alterterra.org/?p=59>
- Blaikie, P., & Brookfield, H. (1987). *Land degradation and society*. Routledge Kegan & Paul.
- Brown, C. & Mumme, S. P. (2000). Applied and Theoretical Aspects of Binational Watershed Councils (Consejos de Cuencas) in the U.S.-Mexico Borderlands, *Natural Resources Journal*, 40(4), 895-929.
- Bustamante, J. (1999). *La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Castro-Ruiz, J.L., Mumme, S. P., & Collins, K. (2018). Cooperación local binacional: La Cuenca internacional del Río Tijuana. *Estudios Fronterizos*, 19, 1-19.
- Douglas, K., Lyke-Ho-Gland, H., & Saenz, R. (n.d.). “Navigating the Waters of the Texas-Mexico Border: Hydrological and Logistical Challenges of Operating Along an Asymmetrical Boundary.” <http://www.shsu.edu/~kmd007/documents/WinFSH-D2Userskmd007ArticlesNavigatingWatersFinal.pdf>
- Drusina, E. (2012). Tijuana International Watershed Initiative. [Power Point Presentation by the United States IBWC Commissioner]. August 9. https://www.ibwc.gov/Files/CF_SBIWTP_TJ_WShed_Initiative_080912.pdf

- Duran, G. (2012). Master Planning International Watershed Initiative. [Power Point Presentation]. February 6. https://www.ibwc.gov/Files/CF_SD_WS_Initiative_Duran_021612.pdf
- Earl, R., & Czerniak, R. (1996). Sunbelt water war: The El Paso-New Mexico water conflict. *The Social Sciences Journal*, 33(4), 359-379.
- Ganster, P. (1999). Sustainable Development in San Diego and Tijuana: The View from San Diego, In R.A. Sanchez & P. Ganster (eds.). *Sustainable Development in the San Diego-Tijuana Region*. Center for U.S.-Mexican Studies, University of California, San Diego.
- Ganster, P. (2012). Watershed Planning Discussion at the Binational Border Water Resources Summit, El Paso-Ciudad Juarez, September 2012. Presented to the IBWC's San Diego Citizens' Forum, November 8. https://www.ibwc.gov/Files/CF_SBI-WTP_WatershedPD_110812.pdf
- Ganster, P., & D. Lorey. (2016). *The US-Mexico Border Today: Conflict and Cooperation in Historical Perspective*. Lanham, Maryland: Rowman and Littlefield.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (1965). *Minute 222, Connection of the Sewage System of the City of Tijuana, Baja California, to the Metropolitan Sewage System of the City of San Diego*, California. Cd. Juarez, Chihuahua., Nov 3.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (1967). *Minute No. 225, Channelization of the Tijuana River*. El Paso, Texas, June 19, 1967.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (1985). *Minute 270, Recommendations for the First Stage Treatment and Disposal Facilities for the Solution of the Border Sanitation Problem at San Diego, California-Tijuana, Baja California*. Cd. Juarez, Chih., April 30.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (1990). *Minute 283, Conceptual Plan for the International Solution to the Border Sanitation Problem at San Diego, California and Tijuana, Baja California*, El Paso, Texas, July 2.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (2004). *Minute 311: Recommendations for Secondary Treatment in Mexico of the Sewage Emanating from the Tijuana River Area in Baja California, Mexico*, El Paso, Texas, Feb. 20 2004.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (2015). *Minute # 320, General Framework for Binational Cooperation on Transboundary Issues in the Tijuana River Basin*. Signed in Tijuana, Baja California Norte, 5 October 2015.
- International Boundary and Water Commission (IBWC). (n.d.). IBWC website detailing the structure and activities of the IBWC Citizens Forums. https://www.ibwc.gov/Citizens_Forum/citizens_forums.html

- Joint Advisory Committee (JAC). (n.d.). JAC for the Improvement of Air Quality in the Ciudad Juárez, Chihuahua; El Paso, Texas; and Doña County, New Mexico Air Basin. Website detailing the work of the JAC, available at <https://www.cccjac.org/>.
- Kennedy, W. (1978). *Ecology and Border: The Case of the Tijuana Flood Control Channel*. Paper prepared for the American Sociological Association Meeting, San Francisco.
- Michel, S. M. (2000). Place and Water Quality Politics in the San Diego-Tijuana Region, In L. A. Herzog, (ed.). *Shared Space: Rethinking the U.S.-Mexico Border Environment* (p. 233-263). Center for U.S.-Mexican Studies, University of California, San Diego.
- Mumme, S. P. and K. Collins. (2014). The La Paz Agreement 309 Years On. *Journal of Environment and Development*, 23(3), 303-330.
- Mumme, S. P., Collins, K., & Castro-Ruiz, J. L. (2014). "Strengthening Binational Management of the Tijuana River." *University of Denver Water Law Review*, 17(2), 329-357.
- New Mexico Texas Water Commission (NMTWC). (2000). *A Resolution Authorizing the NMTWC to Establish the Paso del Norte Watershed Council and Endorse the Council's Purpose, Objectives and Administration*. Passed and approved by the NMTWC Management Advisory Committee. 13 September 2000.
- New Mexico Water Resources Research Institute (NMWRRI). (2002). *Creating a Single Map: Regional Geographic Information System to Support Water Planning in the Paso del Norte Region*. NMWRRI Technical Paper #322. Las Cruces, NM: NMWRRI.
- Nava, L. F., Brown, C., Demeter, K., Lasserre, F., Milanés-Murica, M., Mumme, S., & Sandoval-Solis, S. (2016). Existing opportunities to adapt the Rio Grande/Bravo Basin Water Resources Allocation Regime. Paper published in special issue of Water: "Water Resources Management: Innovation and Challenges in a Changing World," *Water*, 8(7), 291. <http://www.mdpi.com/2073-4441/8/7/291/htm>.
- Paso del Norte Watershed Council (PdNWC). (n.d.-a). Website for the PdNWC at which many documents and resources are housed and served. <http://smiley.nmsu.edu/pdnwc/index.html>.
- Paso del Norte Watershed Council (PdNWC). (n.d.-b). *Map of the Paso del Norte Watershed Council Region of Interest*. <http://smiley.nmsu.edu/pdnwc/watershed.html>.
- Paso del Norte Watershed Council (PdNWC). (n.d.-c) Fact sheet for the PdNWC Coordinated Database and GIS Project. <http://smiley.nmsu.edu/pdnwc/Coordinated/Reports/CDBfactsheet.pdf>.
- Paso del Norte Water Task Force (PdNWTF). (2002). *Draft bylaws of the Paso del Norte Water Task Force*, revised 12 July 2002.
- Project Clean Water. (2018). Tijuana Watershed. <https://www.projectcleanwater.org/tijuana-wma/>

- SDSU Institute for Regional Studies of the Californias (IRSC), & SDSU Department of Geography. (2005a). *Tijuana River Watershed Atlas*. SDSU Press. <https://irsc.sdsu.edu/docs/pubs/TRWAtlas.pdf>.
- SDSU IRSC and SDSU Department of Geography. (2005b). *A Binational Vision for the Tijuana River Watershed*. San Diego CA: SDSU IRSC and SDSU Department of Geography. http://trw.sdsu.edu/English/Vision/Documents/Docs/Final_Binational_Vision_Document_9-16-05.pdf.
- Silva, Pete. (2013). Stephen Mumme's conversation with former IBWC San Diego Area Operations Manager at the Workshop on Managing the Binational Tijuana River Watershed. May 15.
- Southwest Consortium for Environmental Research and Policy. (2013). *Managing the Tijuana River Watershed: A Workshop*, San Diego, CA and Tijuana, BC May 14-16, 2013.
- State of California. (2000). *Proposition 13 - Safe Drinking Water, Clean Water, Watershed Protection, and Flood Protection Act. Bond Measure*. https://lao.ca.gov/ballot/2000/13_03_2000.html
- Texas A&M. (2018). Budget summary of PdNWC externally funded projects provided by the PdNWC Treasurer and NMDA lead on serving as a fiscal agent to the Council. 14 December 2018.
- Texas A&M International University Binational Center. (n.d.). "History of the Border Liaison Mechanism," hosted at website discussing the Border Liaison Mechanism, <http://www.tamui.edu/binationalcenter/BLM.shtml>.
- Tijuana River Valley Recovery Team (TRVRT). (2012). Recovery Strategy: Living with the Water. January. https://www.waterboards.ca.gov/rwqcb9/water_issues/programs/tijuana_river_valley_strategy/docs/Recovery_Strategy_Living_with_the_Water.PDF
- Treaty with Mexico on Utilization of Waters of the Colorado and Tijuana Rivers and of the Rio Grande, Feb. 3, 1944, 59 Stat. 1219, T.S. No. 994 (effective Nov. 8, 1945). [hereinafter 1944 Water Treaty].
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1991). *The Watershed Approach: An Overview*. USEPA. Office of Water.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2018). *Tijuana River Watershed*. <http://trw.sdsu.edu/English/Border/Background/backgrd.html>
- United States Section, International Boundary and Water Commission (USIBWC). (2012). San Diego Citizens Forum, Minutes. February 16, 2012.
- United States Section, International Boundary and Water Commission (USIBWC). (2014). San Diego Citizens Forum, Minutes. December 4, 2014.

- United States Section, International Boundary and Water Commission (USIBWC). (2017a). San Diego Citizens Forum, Minutes. March 2, 2017
- United States Section, International Boundary and Water Commission (USIBWC). (2017b). San Diego Citizens Forum, Minutes. June 1, 2017.
- United States Section, International Boundary and Water Commission (USIBWC). (2017c). San Diego Citizens Forum, Minutes. December 7, 2017.
- United States Section, International Boundary and Water Commission (USIBWC). (2017d). *Update—Minute 320—Water Quality Workgroup*. PowerPoint presentation by Steve Smullen, June 1 2017. https://www.ibwc.gov/Files/CF_SBIWTP_Min320_WQWG.pdf
- White, G. (1963). Contributions of Geographical Analysis to River Basin Development. *The Geographical Journal*, 129(4), 412-436.

Usos sociales del agua en la cuenca internacional del río Colorado y sus implicaciones en el bajo delta

Marco Antonio Samaniego López

Introducción

Los acontecimientos de los últimos dos años han generado de nuevo tensiones respecto a los usos y la apropiación del agua en la zona fronteriza entre México y Estados Unidos. Las imágenes de los enfrentamientos entre grupos de ciudadanos y autoridades han aparecido registradas en diferentes medios y se han publicado escritos que denuncian los abusos de policías y autoridades del gobierno estatal en Baja California. Grupos como Mexicali Resiste han ubicado en el contexto nacional e internacional el tema de los privilegios de una empresa cervecera a la que se le ha comprometido la entrega de agua en detrimento de los campesinos del Valle de Mexicali. El asunto, además de merecer páginas e interés de diferentes organizaciones de diverso orden, trata uno de los aspectos que consideramos cruciales para comprender el poblamiento y la conformación del espacio fronterizo entre México y Estados Unidos: los usos sociales del agua en el marco de las cuencas internacionales entre ambos países.

¿A qué nos referimos con usos sociales del agua? A pesar de los diferentes modelos de análisis sobre la gobernanza del agua que existen en la actualidad, nosotros planteamos que es en el desarrollo histórico donde se puede ubicar la forma en que se tomaron las decisiones sobre apropiación, almacenamiento, conducción, administración y uso del agua en las cuencas internacionales entre México y Estados Unidos. Es decir, antes de que surgieran conceptos como el ya mencionado, bajo visiones de modelos de desarrollo, se tomaron decisiones sobre cómo controlar una corriente (Samaniego, 2006, 2008) y –en vinculación directa con ello– cómo usar el recurso hídrico.¹ Estas decisiones

¹ Para el caso del río Colorado el tema del control fue central en las primeras cuatro décadas del siglo xx. Ubicar sólo el tema de la distribución del agua, como es frecuente, deja de lado que esta

—que son de impacto hasta nuestros días— fueron resultado de varias premisas que se gestaron en una visión sobre la manera de poblar un espacio que era considerado un gran desierto, como lo fue el oeste de Estados Unidos. Así, se pasó del concepto Great American Desert a tierras áridas o semiáridas, con la idea de motivar la migración (Hollon, 1966), y se realizaron propuestas que marcaron muchas de las decisiones que actualmente impactan ambos lados de la frontera acerca del reparto de los derechos del agua. Lo anterior con la idea de un futuro que garantizara las inversiones que se realizaban en ambas naciones (Samaniego, 2006, 2012; Samaniego y Díaz, 2015). De esta manera, el poblamiento del oeste estadounidense y de gran parte del norte mexicano se vinculó con el control del recurso hídrico, y las obras hidráulicas que se erigieron se establecieron como fundamentales en la producción social del espacio. Es decir, controlar el río Colorado trascendió hasta sitios alejados de la zona riparia de la cuenca e impactó —desde los primeros lustros del siglo XX— en la formación de ciudades, así como en la aparición de zonas productivas y en la modificación de formas de vida, sobre todo para el caso de los grupos indígenas. Así, Los Ángeles o San Diego en California, Denver en Colorado, Phoenix y Tucson en Arizona, y para este caso, zonas profundamente relacionadas por las obras hidráulicas como el Valle de Mexicali y el Valle Imperial, son parte de un sistema complejo que está ligado a las decisiones sobre los usos sociales del agua, mismas que se tomaron mucho antes de que surgieran conceptos como el de gobernanza.²

Por ello, el término de usos sociales del agua se refiere en este escrito a un conjunto de decisiones sobre cómo distribuir un recurso que fue considerado escaso para un futuro, sin definirse su temporalidad. Se eligieron las actividades que tendrían prioridad y las cantidades que podrían utilizarse en las entidades y países involucrados. Los actores de los años en que construyeron el Tratado de 1944 indicaron que sería en la década de 1960 cuando se volverían definitivas las decisiones entonces tomadas y se proyectó que a finales del siglo XX se tendrían que establecer medidas drásticas por la sobreasignación del recurso, así que se plantearon objetivos para 2030 (House of

corriente internacional tiene especificidades sobre la manera en que transformó el espacio en los actuales valles de Mexicali, Baja California; Imperial, California; Yuma, Arizona; y San Luis Río Colorado, Sonora.

² Deseamos aclarar que no estamos en contra del uso de dicho concepto, sólo consideramos oportuno remarcar que antes de la enorme cantidad de propuestas para su definición existieron acuerdos, tratados y contratos que se realizaron para decidir sobre los usos sociales y que fueron una manera de imponer condiciones sobre otros, por lo que se trata de la construcción de un complejo sistema de pesos y contrapesos en la cuenca internacional del río Colorado, los cuales inciden en las resoluciones que se toman en México.

Representatives, 1965). En los primeros años del siglo XXI, con la referencia constante sobre los posibles efectos del cambio climático, las proyecciones se realizaron en torno al incremento de la temperatura y a una posible disminución del recurso durante el presente siglo (Barnett *et al.*, 2004; Christensen y Lettenmaier, 2006; Nowak *et al.*, 2012). Los ingenieros, abogados, políticos, agricultores, conservacionistas y ambientalistas que incidieron en dichas resoluciones en las primeras décadas del siglo XX gestaron un complejo sistema legal que en Estados Unidos es conocido como «la ley del río» (Hundley, 1975). En la actualidad, las proyecciones generadas por el calentamiento global alertan a diversos sectores sociales sobre la necesidad de un cambio en la legislación, pero las entidades de la cuenca y los dos países involucrados no se han planteado modificar todo el escenario, sino ajustarse en ciertos períodos y de manera específica sobre cambios en la administración del recurso (Adler, 2008; Polsen, 2007). Uno de los resultados de ello son las minutas 317, 318, 319 y 323, mismas que son parte de la lucha de agricultores del Valle de Mexicali que las consideran un atentado a sus derechos a perpetuidad sobre el agua que le pertenece a nuestro país (Samaniego, 2017).

En ese escenario en que cobra importancia la relación presente-futuro, se encuentra la referencia común de que el sistema de presas construido en Estados Unidos tuvo la intención de apropiarse del agua. Esta idea, que permea al colectivo, lleva al constante señalamiento del abuso del país vecino sobre México en diversos aspectos relacionados con la gestión hídrica. Tal es el caso del sistema de presas, actualmente en un proceso en el que ha resaltado el lema de defensa del agua.

Sobre este punto es necesario ahondar en varios sentidos tanto historiográficos como del ámbito de las relaciones internacionales y de la construcción de memoria a nivel local. Por nuestra parte, afirmamos que sin las presas que se construyeron, sobre todo respecto a Boulder Dam –en los límites entre Arizona y Nevada–, el poblamiento del Valle de Mexicali hubiera sido muy limitado. La razón para sostener esta afirmación es que las avenidas del río Colorado sólo se pudieron controlar con esa magna obra, lo que era imposible realizar en territorio mexicano por razones geográficas y de avance tecnológico. Incluso, afirmamos que la ingeniería hidráulica desarrollada en Estados Unidos fue trasplantada al ámbito mexicano con la intención de lograr obtener la mejor negociación posible (Samaniego, 2006, 2008, 2012). La importación de tecnología hidráulica homologó los usos sociales del agua en ambos países, lo que permitió lograr consensos en el uso del recurso y construir las presas hidroeléctricas internacionales en el río Bravo. Dicho de manera simple, la tecnología que se implementó fue a raíz de la ingeniería estadounidense; México supo aprovecharla y –sin generar inversiones en investigación– obtuvo los avances a través de la importación de la ingeniería y de los ingenieros de Estados Unidos que enseñaron a los mexicanos, sobre todo a los integrantes

de la Comisión Nacional de Irrigación. Así, como ejemplo, el ingeniero Adolfo Orive Alba implementó dicha política y fue pieza clave en las negociaciones del Tratado de 1944, además de fungir como titular de la Secretaría de Recursos Hidráulicos durante dos sexenios. Orive estudió en el United States Bureau of Reclamation, una de las instituciones de mayor relevancia a nivel internacional y de gran peso en todas las decisiones sobre las corrientes internacionales entre México y Estados Unidos (Comisión Nacional de Irrigación, 1940).

Por ello, al plantear el tema desde la perspectiva de los usos sociales del agua, indicamos que la producción de tecnología estuvo ligada de manera estrecha al conjunto de decisiones sobre el futuro (indefinido siempre) y la manera en que éste fue imaginado por sectores de gobierno, asociaciones de usuarios, empresarios y grupos de ingenieros que construyeron un entramado con sectores productivos en una estrecha relación, con la idea de conservar la naturaleza para las futuras generaciones.

La implementación de tecnología hidráulica es definitiva para explicar la formación de ciudades y zonas agrícolas profundamente interdependientes en ambos lados de la frontera. De igual forma, nos explica por qué ciudades tan alejadas de la cuenca –como Los Ángeles o San Diego, California, o Tijuana y Tecate, en Baja California– lograron desarrollarse a pesar de carecer del recurso hídrico. Sin la construcción de grandes acueductos, estas ciudades no tendrían la relevancia de la que gozan en la actualidad. Fue sobre todo Los Ángeles, California, a través de sus agentes políticos e instituciones, una de las que más influyó en las decisiones acerca de cómo distribuir el recurso hídrico y en la manera en que la línea fronteriza fue utilizada como argumento de amenaza, solidaridad, complemento y propaganda en diversos sentidos (Hundley, 1975; Kahrl, 1982; Olson, 1926).

Por lo anterior, partimos de la siguiente afirmación: los usos sociales del agua están ligados directamente a discusiones hacia el interior de Estados Unidos. En ellos influyeron las decisiones federales a favor de ciertos estados y algunas ciudades; por ello, las entidades que no se sentían favorecidas por la distribución del recurso trataron de generar contrapesos al respecto.

De igual manera, la ingeniería hidráulica –relacionada con los costos y beneficios en términos sociales y económicos– fue una condicionante que llevó a dar preferencia al abasto urbano, a la agricultura y la producción de energía eléctrica y, con ellos, a las presas llamadas de propósito múltiple (Ackerman y Löf, 1959). Varios de los movimientos ambientalistas alentaron sobre esta idea, pero en la década de 1960 se transformaron las posturas en torno a las grandes presas (Samaniego y Díaz, 2015). A pesar de que actualmente el ambientalismo, en general, insiste en los daños ecológicos que se han ocasionado con éstas, prevalecen las ideas previas respecto a ellas, dado que los criterios

de abasto urbano, agricultura y producción de hidroelectricidad siguen siendo una prioridad. Así, este aspecto no fue ajeno a la forma de comprender el medio ambiente, sino parte fundamental de ella (Harvey, 1991; Hays, 2000).

Una breve descripción de la cuenca

En la relación entre la cuenca del río Colorado y la cuenca internacional del río Bravo es posible explicar el proceso de construcción de los tratados de 1906 y 1944 entre México y Estados Unidos (Samaniego, 2006) (véase mapa 1). La discusión sobre si éstos fueron justos o injustos no es un elemento central, dado que desde nuestro ámbito de conocimiento partimos de la base de que las condiciones de negociación son irrepetibles y cualquier inconsistencia que desee encontrarse estaría bajo una perspectiva presentista imposible de ubicar en el momento de la negociación y el acuerdo.³

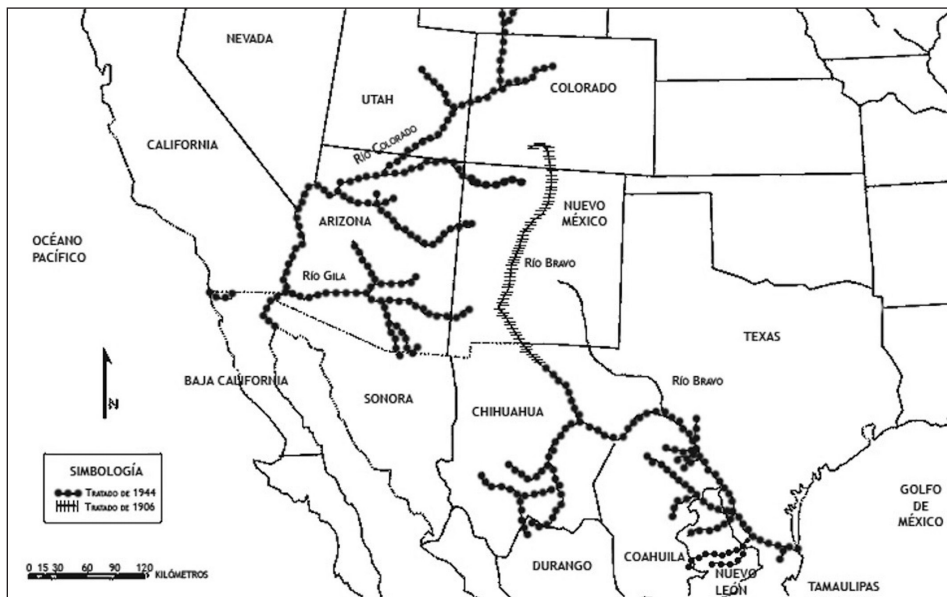
Por ello, la descripción que realizamos, aunque se limita al Colorado, sólo puede explicarse en complementariedad con el Bravo y los contrapesos que permitieron la negociación durante las primeras décadas del siglo XX, cuando –bajo la perspectiva de los usos sociales y los conceptos sobre medio ambiente prevalecientes– se establecieron reglas que –al modificarse la idea de la relación con la naturaleza– han sido objeto de posibles adaptaciones y nuevos consensos.

El río Colorado es una corriente de carácter internacional que comparten México y Estados Unidos. En este último país corre de noreste a suroeste por los estados de Wyoming, Utah, Colorado, Nevada, California, Nuevo México y Arizona, con una extensión de casi 2 300 km. El área total de la cuenca es de 484 330 km², de los cuales 3 840 se encuentran en territorio mexicano y el resto en Estados Unidos. En términos porcentuales, 99.28 por ciento corresponden al país vecino y apenas 0.72 por ciento a México. Como se puede observar, prácticamente la totalidad se localiza en territorio estadounidense. Sin embargo, el recurso es aprovechado en ciudades muy alejadas de la cuenca, por lo que la descripción de la totalidad de los beneficiados por la misma es extensa.

El río Colorado registró importantes variaciones en su caudal. De acuerdo con estimaciones de la segunda década del siglo XX, el promedio del total del río es de 22 000 millones de metros cúbicos (Mm³). Sin embargo, en discusiones de años posteriores, se ha insistido por diversos estudios en que, en realidad, la cantidad promedio es menor (alrededor de 20 000 Mm³) y que la cifra antes mencionada se debió a que fue realizada

³ Por presentismo entendemos la idea recurrente de que los conceptos generados en determinada época son utilizados para explicar otros momentos y, generalmente, para concluir que en el pasado se hicieron malos planteamientos, sin explicar las contingencias de entonces ni ubicar las del tiempo en que se emiten los juicios. Para la comprensión del concepto véase Hartog, 2007.

Mapa 1. Ríos internacionales entre México y Estados Unidos



Fuente: Samaniego (2006).

en años con mayor cantidad de agua de lo normal (La Rue, 1916). Aún se discute al respecto, y existen varios elementos que cuestionan o fomentan la relación entre la construcción de las presas y la evaporación (Rajagopalan *et al.*, 2009; Robison *et al.*, 2014). Lo cierto es que los 22 000 Mm³ se constituyeron en una cifra oficial con base en la cual se han tomado numerosas decisiones. En los años de sequía el caudal se ha reducido a un mínimo de 7 000 Mm³, mientras que en los años de abundancia se ha incrementado hasta 27 000 Mm³.

Uno de los efectos de la velocidad de la corriente era la enorme cantidad de materia en suspensión que transportaba, misma que se reflejaba de sobremanera en el bajo delta, ya que cambiaba el trayecto de un año a otro, lo que generaba la necesidad de obras que le dieran un cauce más o menos constante (House of Representatives, 1928; *Problems of Imperial Valley*, 1922). Su origen en las montañas rocallosas, así como su paso por la zona del Gran Cañón, generaban una gran cantidad de sedimentos, lo que era uno de los temas centrales en la búsqueda del control de la corriente. Por una parte, había enormes caídas de agua que posibilitaron la instalación de plantas hidroeléctricas; por otra, las tierras aledañas de la parte baja eran enormes desiertos, como ocurría en Arizona, California, Baja California y Sonora (Lee, 1963).

Una de las zonas con grandes transformaciones como efecto de las obras hidráulicas de gran magnitud son los valles de Mexicali e Imperial (Conway *et al.*, 2010; Glenn *et al.*, 1999). Durante varias décadas la interdependencia fue intensa dado la amenaza constante de inundaciones que se vivieron hasta la construcción de la presa Boulder (Dowd, 1951). Este espacio, al que se referían en su conjunto como el bajo delta (en documentos contemporáneos sólo se realiza tal mención para el Valle de Mexicali) fue clave para toda la cuenca por ser el área que se debía proteger de las inundaciones y donde se desarrollaron los valles agrícolas de mayor envergadura, así como también una presión para zonas superiores de la cuenca. Bajo el principio de primera apropiación que imperó en el oeste de Estados Unidos y que fue clave en las negociaciones para los tratados de 1906 y 1944, entre más tierras agrícolas se abrieran al cultivo, habría menores posibilidades de obtener agua para el futuro de las entidades superiores de la cuenca. Por ello, representantes de Arizona estaban en contra de las grandes obras que mejorarían la seguridad en los mencionados valles, pues tendrían menores posibilidades de tener garantizado el recurso. Este caso es sólo un ejemplo que contribuye a comprender que, en estudios como el presente, además de ubicar a los Estados-nación como punto de análisis, se deben considerar las diferentes maneras de interpretar el federalismo, ya que se aplica de forma muy distinta en Estados Unidos y en nuestro país.

Usos sociales en el Tratado de distribución de aguas internacionales de 1944

El Tratado de Aguas Internacionales entre México y Estados Unidos es resultado de la competencia entre usos sociales definidos en Estados Unidos y la habilidad de los negociadores mexicanos para utilizar el contrapeso que representaba su ventaja en el bajo Bravo. En ambos lados de la frontera se realizaron obras que afectaron o amenazaron al otro país en determinado momento. En el Colorado, en la totalidad de la cuenca, los estadounidenses tenían la ventaja, a diferencia de la parte inferior, donde la ventaja fue para la parte mexicana hasta la construcción de la presa Boulder en 1935. La modificación de la dependencia de Valle Imperial como territorio de México obligó a los negociadores de nuestro país a cambiar su postura y a tratar de llegar lo antes posible al acuerdo (Samaniego, 2006).

¿Por qué la premura y cuál es su relevancia? La opinión pública, informada o no, generó tensiones sobre los efectos de la presa Boulder. Prevalció a tal grado la idea de que el agua se retiene y, por tanto, de que Estados Unidos se quedaría con ella, que dicha concepción aún forma parte de los argumentos que se repiten en la actualidad. Sin embargo, un elemento sustancial para comprender el tema de los usos sociales del agua es la centralidad de las presas de propósito múltiple, las cuales tienen como objetivo la

producción de energía eléctrica, por lo que requieren que el agua corra para que las turbinas generen la energía. Dicho de manera sencilla: una presa crea un lago de enormes dimensiones (como es el caso del lago Mead, en Boulder), pero requiere de la salida permanente del recurso. Para el caso del esquema generado en Estados Unidos, la venta de dicha energía era parte significativa para el pago de la obra. El United States Bureau of Reclamation recuperaba la inversión, por una parte, con la venta de tierras federales a los agricultores y, por otra, con la energía producida. Siendo así, los contratos con diversas empresas distribuidoras de energía desempeñan un papel central en el entramado de intereses y en la toma de decisiones hasta la actualidad (*Boulder Canyon Reclamation Project*, 1926).

Para el caso de la zona fronteriza, la construcción de Boulder modificó de manera sustancial la relación entre los valles de Mexicali e Imperial al permitir el control de las inundaciones. Además, hizo posible efectuar el reparto agrario a partir de la década de 1930 (tanto en sistema de ejidos como en pequeña propiedad) y les dio garantía a las inversiones en ambos lados de la línea divisoria. La necesidad de demostrar que el agua se iba a utilizar en un futuro propició que se generara un vasto programa de apoyo para el traslado y asentamiento de habitantes para el Valle de Mexicali, con la idea de poblar lo más rápido posible, en el contexto de las negociaciones que se realizaban en pro del Tratado. En todo ello contribuyó, además, el escenario de la Segunda Guerra Mundial, que requería una relación estrecha entre ambos países.

En el Tratado se establecieron los usos sociales porque eran parte de la discusión. En el artículo 3 se estableció un orden de prioridades respecto a éstos: 1) usos domésticos y municipales, 2) agricultura y ganadería, 3) energía eléctrica, 4) otros usos industriales, 5) navegación, 6) pesca y caza, 7) cualesquiera otros usos benéficos determinados por la Comisión.

El orden en que actualmente se encuentran especificados estos usos sociales al interior de cada país se ha resuelto de manera diferenciada, debido a la diversidad de las condiciones geográficas en cada lugar, a los grupos que lograron imponerse en las negociaciones, a los recursos invertidos y a la manera en que se han dado los conflictos entre las entidades. Sólo como un ejemplo de ello, aquí destacamos que Arizona llevó a tribunales sus diferencias con California en cuatro ocasiones entre 1931 y 1964 (Haber, 1964) y que, desde la década de 1960, el estado de Colorado ha denunciado lo que ha considerado excesos por parte de California en cuanto a la cantidad del agua que ha usado (House of Representatives, 1965; House of Representatives, 1967).

En el caso mexicano, la distribución entre países sí tuvo como base el factor de uso agrícola, aunque se le ubique a éste en la segunda posición entre las prioridades del Tratado. Es decir, el referente de agua para 200 000 hectáreas fue el punto central en

la negociación por parte de México. Dicha cantidad corresponde a los 1 850 234 Mm³ que se obtuvieron en 1944 y se trata de una estimación que se generó por parte de la Comisión Internacional de Límites en 1896, cuando el ingeniero Fernando Beltrán y Puga la mencionó en uno de los documentos de la institución que presidía. Poco después, el joven ingeniero J. Garnett Holmes, enviado por el Bureau of Soils, afirmó –luego de un estudio sumamente rápido– que en el naciente Valle de Mexicali se podía cultivar en un futuro la cantidad de hectáreas mencionada (Tout, 1931). Esto cobra importancia, ya que –bajo el principio de primera apropiación– los estadounidenses querían tener un referente sobre la cantidad de agua que podría corresponderle a nuestro país, todo ello ligado a las negociaciones en el alto Bravo y a las posibilidades a futuro en la zona que tenían en desventaja, es decir, el bajo Bravo. En los años siguientes, los diferentes negociadores estadounidenses partieron de la base de las 200 000 hectáreas, aunque en algunos momentos, sobre todo California, intentó imponer el criterio de la cantidad de agua usada antes de Boulder, lo que hubiera reducido la cantidad de recurso que se entrega a México –a través de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), instancia de carácter binacional– prácticamente a la mitad.

Ya que para nuestro país era de gran envergadura el tema de la agricultura y la ganadería dentro de las prioridades del Tratado más allá de los usos domésticos y municipales que se encontraban en primera fila de acuerdo con el documento, ¿por qué esta condición de preferencia a los usos domésticos y, por tanto, a las ciudades? Como apuntamos anteriormente, el papel de los actores políticos vinculados con el sector del abasto de agua de Los Ángeles fue de enorme peso para el desarrollo de las obras hidráulicas de gran envergadura. De esta manera, la relación entre el crecimiento de la ciudad más importante del océano Pacífico, la política de los organismos operadores de asegurar el abasto a la población, y el cabildeo de diputados y senadores para garantizar agua a las futuras generaciones influyeron en la decisión sobre las prioridades del Tratado. En 1928, surgió el Metropolitan Water District of Southern California (MWDSC), una de las instituciones de mayor relevancia para la entidad, misma que ha impactado de manera directa a ciudades como San Diego, California, y, por tanto, también a Tijuana, Baja California.

En efecto, uno de los resultados de la Segunda Guerra Mundial fue el acelerado crecimiento de la industria bélica en la entidad. Uno de los principales problemas de San Diego era el abasto de agua y, dada la condición de guerra, el presidente Franklin D. Roosevelt intervino para que el MWDSC extendiera su injerencia hasta la mencionada ciudad. Esta condición generó dos décadas después una intensa colaboración con Tijuana. El crecimiento de la industria maquiladora de exportación llevó a la firma de minutas en las cuales el sistema de San Diego abasteció a Tijuana durante 10 años, prácticamente toda la década de 1970.

Pero este llamado sistema de emergencias no operó sólo en esa ocasión, sino que se volvió a implementar en varias ocasiones durante los últimos 40 años. De hecho, bajo la minuta 322, firmada el 19 de enero de 2017, se acordaron entregas de agua por el sistema de San Diego hasta el año 2022. Esto es evidencia de que –en términos de cooperación/conflicto– muchos de los mecanismos formales e informales que se han implementado en torno a la distribución del agua responden a lógicas propias de las necesidades de las zonas fronterizas y no obligatoriamente a políticas nacionales de ambos países.

Por ello, en la actualidad, encontramos que, mientras en una ciudad como Tijuana se recibe agua desde el sistema de San Diego y, por tanto, del MWDSC, en Mexicali una empresa estadounidense pretende elaborar cervezas de origen mexicano. Esta paradoja es significativa, dado que rebela lo que consideramos una constante en esta relación de colaboración y conflicto permanentes: el hecho de que en una zona del límite fronterizo se puede dar una condición, mientras que en otra se presenta a la inversa o con otras variables.

En el presente escrito no podemos desarrollar todas las especificidades que existen en las ciudades de las entidades que forman parte de la cuenca y que de manera permanente vigilan que sus derechos sean respetados; sin embargo, sí afirmamos que aquéllas sumamente alejadas de la cuenca, como Denver, Colorado, reciben agua de esta corriente internacional para su abasto urbano. De igual forma, ciudades como Phoenix y Tucson, Arizona, han logrado obtener líquido luego de numerosos enfrentamientos por tener la prioridad en el uso del agua frente a proyectos hidráulicos de gran magnitud (House of Representatives, 1965).

Por otro lado, el Central Arizona Project (CAP) creó sus bancos de agua, en los cuales se almacena el líquido que le corresponde a la entidad para usos futuros, y provocó que se eliminaran los excedentes que se entregaron durante varias décadas a nuestro país, lo que se sumó a otros factores que han dado lugar a la restricción del uso del agua para los agricultores del Valle de Mexicali. Más allá de las implicaciones concretas, este tipo de acciones han derivado en diversas respuestas por parte de los involucrados en el tema hídrico en la región. Por ejemplo, en la actualidad, el estado de Colorado culpa al de Arizona de incrementar las tensiones por acumular agua en sus bancos pensando en los mercados de agua más que en la diversidad ambiental.

Así, como se ilustra, se ha generado un amplio mercado de agua, el cual implica el trasvase y numerosos acuerdos entre ciudades, zonas agrícolas y grupos indígenas que presionan sobre los derechos al recurso, desatando una vasta gama de pugnas en torno a él (Bauer, 2010; Squillace, 2012).

*El uso agrícola y ganadero:
prioridad sobre usos industriales*

El artículo 2 del Tratado de 1944 le otorga a la CILA/International Boundary and Water Commission (IBWC) la centralidad sobre las decisiones en el uso del agua que corresponde a los ríos internacionales entre México y Estados Unidos. Los comisionados se ubican en el rango de diplomáticos, por lo que tienen injerencia en ambos países en cualquier acto relacionado con los estudios que correspondan y con la supervisión de las obras que se realizan. A nivel de entidad, en Baja California, los organismos operadores para la distribución del recurso surgieron de manera posterior a las negociaciones y acuerdos de la sección mexicana de la CILA. Fue hasta la década de 1960 cuando el gobierno del estado inició su participación de manera directa en la distribución del recurso y –dado el carácter federal de la CILA sección mexicana– la negociación no se realizó con los municipios que para ese momento ya existían. Así, en 1961, se firmó el Reglamento de las Juntas Estatales de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Baja California, durante la administración del gobernador Eligio Esquivel (1959-1964), quien era una figura respetada en el tema. Como ingeniero, había dirigido la construcción de la presa Morelos, misma que recibe el agua en el límite fronterizo. Además, fue gerente del Distrito de Riego entre 1943 y 1957, por lo que era uno de los mayores expertos en la recepción y distribución del recurso en la entidad, asunto de suma relevancia, debido a que la recepción del líquido se encuentra subordinada al Tratado de 1944.

Un ejemplo de esta subordinación de la normativa local respecto a las decisiones tomadas en dicho Tratado es el Reglamento del Distrito de Riego del río Colorado, publicado en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* en julio de 1964, durante la presidencia de Adolfo López Mateos. En el documento se asienta la necesidad de la reglamentación a nivel nacional, sin olvidar la especificidad requerida en función del Tratado de 1944. En él se asienta:

Que por tratarse de un Distrito alimentado por un río sujeto a un Tratado Internacional y la complejidad en general de sus abastecimientos de agua, es urgente e inaplazable que se cumpla con el artículo 32 de la Ley de Riego y la Ley Reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 constitucional y su reglamento; en virtud de lo cual he tenido a bien expedir el siguiente reglamento para lograr el mejor aprovechamiento de las aguas, su distribución, la conservación y su mejoramiento de las obras del distrito en la inteligencia de que en su formación se dio intervención a los usuarios del Distrito de Riego, quienes a través de sus representantes dieron sus puntos de vista (Reglamento del Distrito de Riego del Río Colorado, 1964, p. 4).

El reglamento establecía las condiciones para la distribución de agua en relación directa con el padrón de usuarios, mismo que se había terminado en 1955: sólo quienes estuvieran en dicho padrón tenían derecho a recibir el recurso. En ese sentido, la concesión era de manera individual, no colectiva, lo que obligaba a que nuevos usuarios se sometieran a las condiciones establecidas en el reglamento para obtener el líquido. Así, el agricultor que no cumpliera con los lineamientos establecidos sería expulsado y, por tanto, no tendría derechos, lo cual generó que los agricultores y el gobierno federal iniciaran un proyecto de apertura de pozos para aprovechar el acuífero y abrir más tierras al cultivo.

De esta manera, como se muestra, lo establecido en el Tratado de 1944 no repercutió únicamente en lo relacionado con la CILA sección mexicana, sino que también incidió en las tablas de entrega y en diversas obligaciones sobre el uso del recurso. En otras palabras, las prioridades establecidas en el Tratado respecto a los usos sociales del agua –colocando en segundo lugar a la agricultura y la ganadería y en el cuarto a otros usos industriales, por ejemplo– marcaron una pauta en las decisiones de especialistas, como el gobernador en turno, y dieron lugar a documentos y normativas que giraron en torno a ellas.

Así, fue el gobierno del estado –no los municipios– el que en la década de 1960 se constituyó como eje central del organismo operador del recurso vital para los usos urbanos. A partir de 1961 y hasta 1969 se conformaron las instituciones, las leyes y los reglamentos correspondientes. Tanto el mencionado Eligio Esquivel como el también ingeniero Raúl Sánchez Díaz concentraron en el gobierno de la entidad el manejo y la distribución del agua, así como todo lo relacionado con el saneamiento.⁴

Bajo ese esquema, y en relación con el gobierno federal, se plantearon varios objetivos, entre ellos, la construcción del acueducto río Colorado-Tijuana, así como la integración de los organismos operadores de Mexicali, de Ensenada, y de Tijuana, Tecate y Rosarito, agrupados como uno solo. Además, en 1969 se formalizó la ley que reglamenta el servicio de agua potable en la entidad –la cual se intentó derogar por propuesta del actual gobierno del estado, en diciembre de 2016– mientras, en 1979, la legislatura estatal publicó la Ley de las Comisiones Estatales de Servicios Públicos de Baja California, en la que se ratificó la preponderancia del gobierno del estado en materia de distribución de agua a las ciudades. Esto último, pese a contraponerse claramente dichas atribuciones con lo mencionado en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en cuyo apartado III se establecen las obligaciones

⁴En 1965, el Dr. Gustavo Aubanel Vallejo ocupó el cargo de gobernador interino, dado que el ingeniero Eligio Esquivel murió meses antes de terminar su mandato.

de los ayuntamientos y se indica –en el inciso a– que es responsabilidad de dicho cuerpo el «Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales» (Constitución, 1917, p. 116). Y es que esta centralización del servicio público para las ciudades y la actividad agrícola por parte del gobierno de la entidad, independientemente de lo estipulado en nuestra Carta Magna, respondió a las disposiciones del Tratado de 1944 y a la experiencia de los hombres bajo quienes quedó dicha decisión, entre otros factores de orden político y de regulación de la tenencia de la tierra que van más allá de la temática que nos ocupa, pues se acercan más a la problemática urbana y al desarrollo de los partidos políticos.

Cabe destacar que este tema de la municipalización de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, que ha generado diversas controversias por su contraposición al artículo 115 constitucional, tuvo ciertos giros en 1987, bajo la presidencia del Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, cuando se realizaron reformas al artículo 116 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su apartado VII,⁵ relacionado con la metropolización y la conurbación que se generaba en algunas ciudades del país. En dicho apartado se estableció que: «La federación y los estados, en los términos de la ley, podrán convenir la asunción por parte de éstos del ejercicio de sus funciones, la ejecución y operación de las obras y la prestación de servicios públicos cuando el desarrollo económico y social lo haga necesario» (Constitución, 1917, p. 124).

Como resultado de esta modificación, en los años siguientes se realizaron un conjunto de ajustes a reglamentos, pero no debe perderse de vista que en realidad éstos tuvieron su origen en la década de 1960, debido a la concentración de responsabilidades por parte del gobierno del estado como respuesta a la internacionalidad de la cuenca del río Colorado y a la adecuación del conjunto de leyes según lo indicado en el Tratado de 1944, del cual se derivan las principales acciones en torno al agua en Baja California.

Una condición siempre internacional: primero lo urbano

En la década de 1960 y a principios de 1970, se suscitó un conflicto por la interpretación de una de las frases más discutidas del Tratado de 1944. Se trata de aquella que se incluye en el artículo 11 y señala que se entregarán a México las aguas asignadas del «citado río, cualquiera que sea su fuente» (*Tratado*, 1944, p. 12). Aunque claramente se expresa que se trata de aguas del río Colorado, el United States Bureau of Reclamation le dio una interpretación distinta a dicho artículo. Así, empezó a

⁵ En 1987 correspondía al apartado VI, pero en 1996 se recorrió y actualmente es el VII.

trasladar aguas subterráneas con altas cantidades de sal de Wellton-Mohawk hacia el río Colorado. Con ello, iniciaron intensas negociaciones entre los gobiernos de los dos países, las cuales condujeron a la firma de la minuta 218, en 1965, y de la 242, posteriormente, en 1972 (Bustamante, 1999).

Al respecto, la movilización campesina en el Valle de Mexicali fue intensa, con diversos significados de orden político. Para los efectos de este escrito, lo que interesa destacar es que el presidente de México, Luis Echeverría Álvarez, y su secretario de Recursos Hidráulicos, Leandro Rovirosa Wade, autorizaron la apertura de pozos en la mesa arenosa, en Sonora, para compensar el agua que se destinaría para usos urbanos. De esa forma, se garantizó a los agricultores que no se les compraría agua y que el abasto urbano se realizaría con los nuevos pozos.⁶ Esto de manera similar al caso de Tijuana, donde, como ya apuntamos, se establecieron actas en la CILA/IBWC para entregas de emergencia durante la década de 1970, esquema que se repitió en varias ocasiones. A pesar de que los campesinos deseaban que el uso urbano se considerara dentro del padrón de usuarios, esto no fue posible. La razón fundamental que se dio para ello fue que la Ley Federal de Aguas vigente daba prioridad a los usos urbanos. Dicho de manera sencilla, la mencionada ley concordaba con el Tratado de 1944.

Bajo idéntica premisa, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) de 1992, en su artículo 13 BIS 4, contempla la misma condición: la prioridad la tienen el uso doméstico y el público urbano. Por considerarlo pertinente, citamos aquí el texto a que hacemos referencia:

Conforme a lo dispuesto a esta ley y sus reglamentos, la “Comisión”, través de los Organismos de Cuenca, consultará con los usuarios y con las organizaciones de la sociedad, en el ámbito de los Consejos de Cuenca, y resolverá las posibles limitaciones temporales a los derechos de agua existentes para enfrentar situaciones de emergencia, escasez extrema, desequilibrio ecológico, sobreexplotación, reserva, contaminación y riesgo o se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales; bajo el mismo tenor, resolverá las limitaciones que se deriven de la existencia o declaración e instrumentación de zonas reglamentadas, zonas de reserva y zonas de veda. En estos casos tendrá prioridad el uso doméstico y urbano (LAN, 1992, p. 30).

Así, de acuerdo con la ley vigente, la Comisión Nacional del Agua (Conagua), a través del Organismo de Cuenca, debe consultar con los usuarios cuando existan las amenazas mencionadas. Cabe apuntar que varias de las condiciones se cumplen para Baja California y, en especial, para el acuífero del Valle de Mexicali: desequilibrio ecológico,

⁶ El tema de los pozos de la mesa de Andrade está considerado en el Acta 242, con un límite de uso de 197 538 000 m³, misma cantidad que se puede utilizar en Estados Unidos.

sobreexplotación, reserva y zona de veda. Ya que detallar cada una de éstas obligaría a un escrito aparte, sólo destacamos aquí el tema de la consulta entre usuarios y el de la prioridad de los usos domésticos y urbanos.

En la actualidad, ¿amenazan los usos domésticos a las zonas agrícolas en Mexicali? Sin entrar en especificaciones, la respuesta es que no, pero sí puede hacerlo de 2035 en adelante (Salgado *et al.*, 2018). Es decir, en cualquier lugar del mundo, la agricultura es la actividad que más agua utiliza y, aunque en el corto plazo no exista una amenaza inminente para esta actividad, sí la ponen en riesgo a largo plazo otro tipo de acciones o propuestas, como la de establecer una cervecera, la cual, por definición, utiliza significativas cantidades de agua, lo que genera un problema social, ya que en Mexicali se viven varias de las premisas mencionadas en el citado artículo de la LAN.⁷

La propuesta de 2016: primero cerveza

En diciembre de 2016, el gobernador de Baja California, Francisco Vega de Lamadrid, como responsable del organismo operador para la distribución de agua a las ciudades del estado, presentó una iniciativa de Ley del Agua para la entidad. En condiciones poco claras para muchos de los interesados, el documento se tornó en poco tiempo motivo de disputa tanto por la forma en que se buscó su aprobación como por varios puntos de su contenido. A pesar de que, en semanas posteriores –a inicios de 2017– otros temas, como el alza a los precios de la gasolina, abonaron a la realización de diversas movilizaciones sociales, con el paso de los días varios dirigentes sociales ahondaron en el tema de la propuesta de Ley de Agua, por lo que, en enero de ese año, el gobernador dio marcha atrás en su propuesta. Sin embargo, en los meses siguientes se mantuvieron vigentes dos de los temas controversiales: 1) la instalación de la empresa cervecera y 2) la construcción de una desalinizadora en el municipio de Playas de Rosarito. La primera de éstas es la que ha causado enfrentamientos entre los pobladores y los cuerpos de seguridad, así como una respuesta social de resistencia que ha llamado la atención de los medios de comunicación a nivel internacional. El asunto se ha tornado un tema de defensa del agua, en el cual se argumenta respecto a la relación entre las asociaciones públicas y las privadas.

Si bien existen diferentes intensidades e interpretaciones sobre cómo se ha realizado el movimiento social, diferentes acciones han dejado claro que el gobernador de la entidad

⁷ Nos interesa destacar que varias de las premisas que contempla dicho artículo son condiciones permanentes en Baja California. Por ello, pretendemos abordar en otro escrito que la ley no responde a las condiciones que se imponen en la administración de las cuencas internacionales entre México y Estados Unidos.

mantiene la intención de apoyar a la empresa cervecera y la construcción de la planta desalinizadora. Esta última, a pesar de la negativa de las autoridades locales, tiene también la pretensión de vender agua al sur de California, hecho que ha generado los mayores argumentos en contra del establecimiento de la planta, pues resulta inconcebible que se considere la venta de agua a Estados Unidos, en detrimento de las costas bajacalifornianas, que sufrirían los efectos ecológicos de dicha decisión.

¿Por qué la inconformidad? ¿Por qué la unión entre usuarios agrícolas y urbanos en grupos como Mexicali Resiste o Baja California Resiste? De manera sintética, apuntamos que la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) –presentada por la empresa Constellation Brands en 2015– reafirma el problema que, desde 1965, es conocido en el Valle de Mexicali: la sobreexplotación, uno de los puntos señalados por el artículo 13 BIS 4. De ahí que en esos años se decretara la veda del acuífero (Constellation Brands, 2018).

Nos interesa destacar que el tema de la condición de cuenca internacional del río Colorado pareciera no existir en los documentos presentados por el gobernador de Baja California respecto al tema de la cervecera. A diferencia de los documentos mencionados que se generaron en la década de 1960, en los surgidos en 2016 no se alude a los problemas específicos de la cuenca, sino que sólo se indican algunos de los acuerdos en torno al agua realizados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y se hace referencia a un tema que en el presente siglo ha adquirido mayor envergadura: el derecho humano al agua, el cual, derivado del cambio climático, ha dado lugar a numerosas proyecciones sobre las posibles modificaciones del ciclo hidrológico y, por tanto, sobre los efectos sociales y ambientales que ello puede conllevar (Cook *et al.*, 2015; Fahlund *et al.*, 2014; McCright y Dunlap, 2000). Al respecto, para el caso del río Colorado existe una gran cantidad de documentos publicados en los que se advierte –desde hace 60 años– que la reducción del caudal es un aspecto prioritario, es decir, desde la década de 1960 se insiste en que la falta del recurso es un asunto de índole binacional y se registran diversos temas en torno a ello, incluido el medioambiental.

En nuestros días, los argumentos sobre el derecho humano al agua son parte de una agenda mundial que, sin duda, marca un derrotero; por ello, es también una referencia común en los movimientos de orden ambiental, urbano, de combate a la pobreza y en lo referente al cambio climático (Birdsong, 2011; Cortez-Lara *et al.*, 2005). Cualquier propuesta sobre igualdad social incluye entre sus lineamientos el derecho humano al agua, considerado de especial importancia si se busca evitar posibles conflictos a mediano y largo plazo.

Desde la década de 1960 se ha discutido en diversos foros internacionales si en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, de junio de 1945, realizada por la

asamblea general de la ONU, se incluye o no el derecho al abasto de agua. De manera clara se indica el derecho a la salud, a la comida y a los servicios sociales, lo que en algunas interpretaciones lleva consigo el tema del recurso agua. En diferentes convenciones internacionales, como Helsinki (1966), Estocolmo (1972), Mar del Plata (1977), Dublín (1992), Río de Janeiro (1992) o Marruecos (1997), el tema se discutió ampliamente. Surgieron organizaciones como el World Water Council (1996) y el Global Water Partnership (1996). Todo ello, sin duda, de inestimable valor para los argumentos sobre los derechos de todos los habitantes del planeta.

Aquí hemos planteado que la prioridad del uso del agua son los usos domésticos y municipales. ¿Se puede igualar esta condición al derecho humano al agua? Para nosotros es un punto de discusión aún inconcluso; sin embargo, lo que sí queda claro es que, desde 1946, en que fue ratificado el Tratado de 1944, la prioridad en la utilización del vital líquido son los usos domésticos, con todas sus implicaciones. Es decir, ¿para qué argumentar el derecho humano al agua si la que se recibe en Baja California tiene ya dicha condición? ¿Significa otra cosa el término usos domésticos? ¿El hecho de que la ONU haga explícita la condición de derecho en torno al agua significa que el Tratado de 1944 no la contempla? Todo esto implicaría para nosotros la elaboración de otro texto, dado que se trata de un lenguaje que se usa en la actualidad, pero que, con otros términos, ya estaba considerado previamente en el documento oficial.

De vuelta de lleno al tema del establecimiento de la cervecera en Mexicali, y dado que ninguno de los argumentos del documento presentado por el gobernador de la entidad donde se pensaba establecer dicha empresa hizo alusión al problema específico de la condición internacional del río Colorado, cabe destacar que tomar el lenguaje y los conceptos de la ONU no fue suficiente para explicarles a los campesinos del Valle de Mexicali por qué el agua se entregaría a una empresa privada. Dicho de manera sencilla, el documento base de las entregas de agua de Estados Unidos a México es el Tratado de 1944, donde se consigna un orden a los usos sociales del agua: como ya apuntamos, la agricultura y la ganadería se encuentran en el segundo lugar, mientras que los otros usos industriales ocupan el cuarto. Entonces, ¿por qué no se alude a una condición de orden internacional?

Por otra parte, la propuesta de la cervecera incluía otorgar agua reservada a usos domésticos a beneficio de la empresa. Así, antes de que se conociera el tema de manera pública, la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM) y la Secretaría de Desarrollo Económico (Sedeco) realizaron un acuerdo en el que se indicó que había una disponibilidad de 20 millones de metros cúbicos anuales (Mm^3/a). En la MIA se expuso claramente que la CESPM podía respaldar el proyecto con $10 Mm^3$, es decir, prácticamente la mitad del total. La otra parte se tomaría de nuevos pozos —sobre un acuífero

declarado en veda desde 1965— o mediante la compra a agricultores, lo cual está prohibido legalmente, aunque en términos prácticos se haya realizado para el abasto de las poblaciones de la costa.⁸ Sin embargo, en los años siguientes, se presentaron contradicciones tanto en lo declarado en la MIA como por los funcionarios y dirigentes empresariales: en algunos casos se mencionaron 7 Mm³, en otros 5.8 Mm³.

El movimiento social provocó también una serie de investigaciones periodísticas de suma relevancia que pronto reveló un conjunto de beneficios entre empresarios y funcionarios, lo que incrementó la pugna respecto al tema. Sin duda, el asunto merece atención; sin embargo, en el presente capítulo nos centramos en las prioridades de los usos sociales y, en este caso, en su intento de transformación. Por ello, destacamos que en la MIA presentada por Constellation Brands se indique que 80 por ciento de la demanda sería cubierta por la CESPМ «lo que convierte a esta infraestructura en la principal proveedora» (Constellation Brands, 2018, p. 113) y que de la red municipal «se obtendrán 19 lps que representan el 10% que complementa la demanda» (Constellation Brands, 2018, p. 113). Así, la propuesta, de la que aquí sólo desarrollamos una parte, modificaría un sistema de prioridades planteado en el Tratado de 1944, en los acuerdos de la década de 1970 y en la LAN de 1992.

En 2018, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) presentó un estudio en el que favoreció la instalación de la cervecera (Salgado *et al.*, 2018). En el escrito se hace referencia al artículo 13 BIS 4 ya mencionado. Además, se destaca que, en efecto, los usos domésticos y urbanos tienen prioridad, pero no se indica lo manifestado en todo el artículo, es decir, el consenso entre partes. El movimiento social en defensa del agua, con participación de agricultores y población urbana, es una prueba evidente de ello. Por otro lado, en el mismo documento del IMTA se indica que la empresa requería elaborar un plan maestro de abastecimiento de agua para la producción de cerveza con el fin de garantizar la viabilidad de su operación. De esta forma, en un documento que daba por hecho su instalación y funcionamiento, se indicaba, luego de cuatro años, que era necesaria la elaboración de un plan sobre un tema de vital importancia.

Así, la propuesta de instalación de la cervecera Constellation Brands fue acompañada de una estrategia en contradicción con los preceptos de usos sociales estratificados por prioridades en el Tratado de 1944. En ninguno de los documentos ya mencionados se aborda la posibilidad de trasladar a usos industriales los considerados prioritarios desde las instancias internacionales.

⁸ Acerca de este tema existe diversa información publicada, aunque es necesaria su ampliación en términos de investigación y de relaciones entre los organismos operadores y agricultores.

Usos sociales en pugna. Nuevas formas del tema ambiental

Modificar el curso de una corriente significa cambiar el entorno. Llevar agua a las zonas agrícolas, a las ciudades o a la industria implica modificar la diversidad ambiental. Si bien, en las argumentaciones sobre el cambio climático y el desarrollo sustentable se asume el logro de dichos objetivos, nosotros partimos de que cualquier uso social modifica el ambiente. La evidencia más clara de ello son los valles de Mexicali e Imperial, que pasaron de ser –a principios del siglo XX– zonas en constante amenaza de inundación a zonas agrícolas, ganaderas y habitacionales. La construcción de la presa Boulder permitió controlar la corriente y, con ello, marcar pautas en el proceso de poblamiento. La capacidad de conducir el agua hacia lugares alejados tuvo como consecuencia la afectación de las zonas riparias y la modificación del ambiente de los sitios en que se recibió el recurso: cambió la flora y la fauna no sólo de donde se extrajo, sino también de las zonas a las que se trasladó. Por ello, afirmamos al inicio de este escrito que la tecnología hidráulica es de especial significación para el límite fronterizo entre México y Estados Unidos.

En las primeras décadas del siglo XX, para los conservacionistas en Estados Unidos, las presas fueron la posibilidad de mejorar el ambiente y de no utilizar carbón; además de que las presas de propósito múltiple producían energía eléctrica sin gastar agua, pues evitaban que ésta se fuera al mar y permitían controlar la corriente, lo que abrió al cultivo miles de hectáreas (Blanchard, 1924; Gray, 1913; Samaniego y Díaz, 2015). A diferencia de ellos, los ambientalistas de otra generación, a partir de la década de 1960, sostuvieron una lucha en contra de las grandes presas, ya que afectaban la flora y la fauna, modificaban sitios arqueológicos completos, cambiaban la temperatura del agua y se consideraron enormes sitios de acumulación de material aluvial (Farmer, 1996; Harvey, 1991). Dicho de manera sencilla, lo que unos protectores del ambiente pensaban en su momento no fue igual a lo que desarrollaron las generaciones posteriores.

Como se muestra, el ambientalismo en general, con sus diversas formas, ha incidido en la manera de observar y negociar los usos sociales del agua. Parte de las implicaciones de ello se pueden observar en la actualidad a través de organizaciones como Raise the river, Pronatura Noroeste, el Sonoran Institute, Environmental Defense, la Universidad de Arizona, World Wildlife Fund, El Colegio de la Frontera Norte (El Colef), entre otras, las cuales han dado lugar a la rehabilitación de varias zonas del bajo delta en el Valle de Mexicali y se han constituido en un referente para optimizar el agua en beneficio de zonas riparias y de diversas aves migratorias. Además, dichos organismos han logrado –a través de un trabajo metódico y binacional– llegar a acuerdos que se reflejan en las minutas 319 y 323. Varios grupos de agricultores del Valle de Mexicali se han manifestado en contra de la firma de dichas minutas, en la búsqueda de que se respeten

los derechos de México según lo indicado en el Tratado de 1944, sin la disminución que implica aceptar estos documentos.

¿Que nos demuestra esta referencia? Los usos sociales del agua influyeron en las decisiones que han marcado el desarrollo de las entidades del norte de México y su relación con Estados Unidos desde principios del siglo XX. Citamos en este breve espacio lo relacionado con el ambiente para ejemplificar que, entre los retos del control, uso y distribución del agua, es necesario generar una historicidad que permita explicar la problemática y ubicar que los conceptos sobre el agua y el ambiente, en este caso, se transforman de acuerdo con las nuevas posturas sobre el tema. Para los conservacionistas, el punto era evitar el desperdicio; para los ambientalistas actuales, es tratar de rehabilitar algunas zonas específicas. Esta afirmación la realizamos en función de una conclusión: el sistema que se ha construido en la cuenca internacional del río Colorado sigue bajo el predominio de las ideas de las primeras décadas del siglo XX. Los ambientalistas sí han obtenido logros gracias a su labor, pero dentro del gran sistema creado, pensado y ejecutado en la primera mitad del siglo pasado, al cual no han modificado ni en su esencia ni en su uso cotidiano, aunque se hayan insertado en él para rehabilitar algunas zonas determinadas.

Conclusiones

Los campesinos del Valle de Mexicali son el sector más consciente y activo sobre el tema del agua en Baja California. La entidad depende en gran medida de lo que suceda en la cuenca internacional del río Colorado y, por ello, la demanda que se genere en el sector mencionado es de suma relevancia. Hasta el momento han demostrado capacidad de movilización y han logrado ubicar su movimiento en los medios nacionales e internacionales.

El estado recibe el agua del río Colorado de acuerdo con lo indicado en el Tratado de Aguas Internacionales de 1944, el cual establece el orden de prioridad de los usos sociales del agua. El primer lugar lo da a los usos domésticos y municipales, es decir, prioriza a los hogares de la población con todas las implicaciones que ello supone. Como apuntamos en este capítulo, los municipios para el caso bajacaliforniano no son los administradores del recurso, pero están contemplados como preferencia. El segundo sitio lo ocupan la agricultura y la ganadería, mientras que los otros usos industriales se encuentran en el cuarto nivel de prioridad. Sin embargo, en las discusiones públicas y documentos oficiales, como la propuesta de ley de 2016, este aspecto no se menciona.

Por nuestra parte, desde la historicidad del proceso, indicamos que las instituciones que actúan en la actualidad son posteriores a la firma del Tratado de 1944 y, al sumarse

a las modalidades de los acuerdos internacionales de las últimas décadas, han provocado que no se ubiquen en el contexto legal del cual surgen los derechos para México. Si bien en este escrito no lo hemos desarrollado, es preciso preguntarnos cómo los modelos presentistas se incorporan a los lenguajes de quienes toman decisiones, sin observar que existen tratados que desde hace varias décadas han establecido el uso social del agua. Es motivo de otro escrito ampliar este aspecto; sin embargo, lo consideramos central en la temática aquí desarrollada, dado que se parte de un tratado internacional aceptado y firmado a perpetuidad por dos naciones.

Referencias

- Ackerman, E. y Löf, G. (1959). *Technology in American Water Development*. The Johns Hopkins Press.
- Adler, R. (2008). Revisiting the Colorado River Compact: Time for a Change? *Journal of Natural Resources & Environmental Law*, 28(1), 19-47.
- Barnett, T., Malone, R., Pennell, W., Stammer, D., Semtner, B. y Washington, W. (2004). The Effects of Climate Change on Water Resources in the West: Introduction and Overview. *Climatic Change*, 62, 1-11. doi: 10.1023/B:CLIM.0000013695.21726.b8.
- Bauer, C. (2010). El abanico de bancos de aguas en las Américas. *Estudios de Economía Aplicada*, 28(2), 227-236.
- Blanchard, R. (1924). Geographical Conditions of Water Power Development. *The Geographical Review*, XIV(1), 88-97.
- Birdsong, B. (2011). Mapping the Human Right to Water on the Colorado River. *Willamette Law Review*, 48(1), 117-146.
- Boulder Canyon Reclamation Project*. Committee on Irrigation and Reclamation, Report 3331. Senate 66 Congress, rep. 654, part 1. (1926).
- Bustamante, J. (1999). *La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos, sus orígenes y su actuación hasta 1996*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/San Diego State University/New Mexico State University.
- Christensen, N. S. y Lettenmaier, D. P. (2006). A Multimodel Ensemble Approach to Assessment of Climate Change Impacts on the Hydrology and Water Resources of the Colorado River Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1 417-1 434.
- Comisión Nacional de Irrigación. (1940). *La Obra de la Comisión Nacional de Irrigación durante el régimen del sr. Gral. de División Lázaro Cárdenas, 1934-1940*. (Tomo I). Autor.

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 5 de febrero de 1917. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_080520.pdf
- Constellation Brands. (2018). *Manifestación de impacto ambiental modalidad general del proyecto: Construcción y operación de planta cervecera*. Autor. <http://mexicaliresiste.org/wp/wp-content/uploads/2018/03/160323-1000-MIA-GENERAL-Constellation-Brands.pdf>
- Conway, C. J., Nadeau, C. P. y Piest, L. (2010). Fire Helps Restore Natural Disturbance Regime to Benefit Rare and Endangered Marsh Birds Endemic to the Colorado River. *Ecological Applications*, 20(7), 2 024-2 035.
- Cook, B. I., Smerdon, J. E. y Ault, T. R. (2015). Unprecedented 21st Century Drought Risk in the American Southwest and Central Plains. *Science Advances*, 1(1), 1-7, doi: 10.1126/sciadv.1400082.
- Cortez-Lara, A. A., Whiteford, S. y Chávez-Márquez, M. (coords.). (2005). *Seguridad, agua y desarrollo. El futuro de la frontera México-Estados Unidos*. El Colef.
- Dowd, M. (1951). *The Colorado River Flood-Protection Works of Imperial Irrigation District. History and Cost*. Imperial Irrigation District.
- Fahlund, A., Choy, M. L. J. y Szeptycki, L. (2014). Water in the West. *California Journal of Politics and Policy*, 6(1), 1-42. doi: 10.1515/cjpp-2013-0043.
- Farmer, J. (1996). Glen Canyon and the Persistence of Wilderness. *Western Historical Quarterly*, 27(2), 210-222.
- Glenn, E. P., García-Hernández, J., Congdon, C. y Luecke, D. (1999). Status of Wetlands Supported by Agricultural Drainage Water in the Colorado River Delta, Mexico. *Horticultural Science*, 34(1), 16-21.
- Gray, L. C. (1913). The Economic Possibilities of Conservation. *The Quarterly Journal of Economics*, 27(3), 497-518.
- Haber, D. (1964). Arizona v. California-A Brief Review. *Natural Resources Journal*, 4(1), 17-28.
- Hartog, F. (2007). *Regímenes de historicidad: Presentismo y experiencias del tiempo*. Universidad Iberoamericana.
- Harvey, M. W. T. (1991). Echo Park, Glen Canyon, and the Postwar Wilderness Movement. *Pacific Historical Review*, 60(1), 43-67.
- Hays, S. (2000). *A History of Environmental Politics. Since 1945*. University of Pittsburgh Press.
- Hollon, E. (1966). *The Great American Desert, Then and Now*, Oxford University Press.
- House of Representatives. (1928). *Protection and Development of the Lower Colorado River Basin. Hearings Before the Committee on Irrigation and Reclamation*. House

- of Representatives, 70th Congress, 1st session, H. R. 5773. A bill to provide for the protection and development of the lower Colorado river basin. United States Government Printing Office.
- House of Representatives. (1965). *Lower Colorado River Basin Project. Hearings Before the Subcommittee on Irrigation and Reclamation of the Committee on Interior and Insular Affairs*. House of Representatives, 89th Congress, 1st session, H. R. 4671 and similar bills to authorize the construction, operation, and maintenance of the lower Colorado river basin project, and for other purposes. United States Government Printing Office.
- House of Representatives. (1967). *Colorado River Basin Project. Hearings Before the Subcommittee on Irrigation and Reclamation of the Committee on Interior and Insular Affairs*. House of Representatives, 90th Congress, 1st session, H. R. 3300 and similar bills to authorize the construction, operation, and maintenance of the Colorado river basin project, and for other purposes. S. 20 and similar bills to provide for a comprehensive review of national water resource problems and programs, and for other purposes. United States Government Printing Office.
- Hundley, N. (1975). *Water and the West. The Colorado River Compact and the Politics of Water in the American West*. University of California Press.
- Kahrl, W. (1982). *Water and Power. The Conflict Over Los Angeles Water Supply in the Owens Valley*. University of California.
- La Rue, E. C. (1916). *Colorado River and Its Utilization. Water Supply Paper, 395*. USDI/USGS.
- Lee, S. (1963). *The Great California Deserts*. G. P. Putnam's Sons.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN). *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 1 de diciembre de 1992. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf
- McCright, A. M. y Dunlap, R. (2000). Challenging Global Warming as a Social Problem: An Analysis of the Conservative Movement's Counter-Claims. *Social Problems*, 47(4), 499-522.
- Nowak, K., Hoerling, M., Rajagopalan, B. y Zagona, E. (2012). Colorado River Basin Hydroclimatic Variability. *Journal of Climate*, 25(2), 4 389-4 403.
- Olson, L. (1926). *The Colorado River Compact* (tesis doctoral). Harvard University, Cambridge.
- Polsen, B. (2007). The North Giveth and the North Taketh Away: Negotiating Delivery Reductions to Mexico through the Colorado River Seven State Agreement for Drought Management-A Potential Conflict? *Environmental Law and Policy Journal*, 30(2), 221-244.

- Problems of Imperial Valley and Vacinity*. Senate, 67th Congress, 2nd session, doc. 142. (1922).
- Rajagopalan, B., Nowak, K., Prairie, J., Hoerling, M., Harding, B., Barsugli, J., Ray, A. y Udall, B. (2009). Water Supply Risk on the Colorado River: Can Management Mitigate? *Water Resources*, 45(8), 1-7. doi:10.1029/2008WR007652
- Reglamento del Distrito de Riego del Río Colorado. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 23 de julio de 1964. http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4796507&fecha=23/07/1964&cod_diario=206470
- Robison, J., Bratschovsky, K., Latham, J., Morris, E., Palmer, V. y Villanueva, A. (2014). Challenge and Response in the Colorado River Basin. *Water Policy*, 16(S1), 12-57.
- Salgado, R. J., Güitrón de los Reyes, A. y López, P. M. (2018). *Estudio de impacto al servicio de abastecimiento de agua a la población de la ciudad de Mexicali por suministro de agua a la planta cervecera de Constellation Brands y estrategia de abastecimiento de agua de corto y largo plazo para la planta (primera etapa)*. IMTA. <http://www.cbrands.mx/wp-content/uploads/2018/07/IMTA-Estudio-Impacto-Abastecimiento-CBI.pdf>
- Samaniego, M. (2006). *Ríos internacionales entre México y Estados Unidos. Los tratados de 1906 y 1944*. El Colmex/UABC.
- Samaniego, M. (2008). El control del río Colorado como factor histórico. La necesidad de estudiar la relación tierra/agua. *Frontera Norte*, 20(40), 49-78.
- Samaniego, M. (2012). Cuencas internacionales y usos sociales del agua. Formación de espacios de cooperación y conflicto: Norte de México y oeste de Estados Unidos. *Secuencia*, 83, 147-177.
- Samaniego, M. (2017). La variabilidad histórica de la corriente del Río Colorado. El vínculo con la minuta 319. *Estudios Fronterizos*, 18(37), 81-102.
- Samaniego, M. y Díaz, C. (2015). Usos sociales del agua y medio ambiente en la cuenca internacional del río Colorado. *Región y sociedad*, 27(63), 61-96.
- Squillace, M. (2012). *Water Transfers for a Changing Climate* [working paper 12-02]. University of Colorado Law School.
- Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México*. Washington, Estados Unidos, 3 de febrero de 1944. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- Tout, O. (1931). *The First Thirty Years. Being an Account of the Principal Events in the History of Imperial Valley*. Autor.

SECCIÓN II
SEGURIDAD HÍDRICA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

Avanzando hacia la seguridad del agua en la región fronteriza Mexicali-San Luis Río Colorado

Alfonso Andrés Cortez Lara

Introducción

La complejidad de los procesos de gestión y manejo del agua del bajo río Colorado se explica por la propia naturaleza semiárida y las características geográficas de la planicie costera deltaica en la que se asienta la región Mexicali-San Luis Río Colorado. Esto, además de las condiciones inducidas por actividades antrópicas y las necesidades de los diversos sectores de usuarios, se pone de manifiesto en las tendencias de disminución de la oferta y, por otra parte, en la creciente demanda del vital líquido. A ello se suman las particularidades del contexto transfronterizo en el que se presentan dichos procesos y la obligación de compartir el agua entre dos países, dos estados nacionales mexicanos y las seis ciudades fronterizas ubicadas en dos regiones que compiten por el mismo recurso –zona del desierto y zona costa del Pacífico.

El escenario anterior representa un reto mayúsculo para los actores sociales, productivos y gubernamentales, así como un esfuerzo institucional significativo si el objetivo es alcanzar los elementos fundamentales de la Seguridad del Agua (SA) en un marco de sostenibilidad y equidad. En años recientes se ha venido dando una reflexión profunda en los ámbitos académicos y gubernamentales sobre lo que dicho concepto envuelve y las diferentes perspectivas para concebirlo e implementarlo (Grey y Sadoff, 2006; Pahl-Wostl, 2006; Scott *et al.*, 2018; United Nations-Water [UN-Water], 2013; Wilder *et al.*, 2010). En la discusión emanada de tal reflexión, se subraya la vinculación estrecha que existe entre el gobierno efectivo del agua¹ y el adecuado logro de la SA.

¹ El concepto de gobierno efectivo del agua se entenderá aquí como «el conjunto de instituciones y estructuras administrativas, formales e informales, involucradas en el acceso, distribución y conservación del agua» (Torregrosa, 2017, p. 11).

De esta manera, las conceptualizaciones y avances del conocimiento en materia de SA se utilizan aquí como marco analítico para examinar y mejorar el entendimiento de las condiciones actuales y futuras de un recurso base del desarrollo regional que se encuentra amenazado por el cambio climático, la demanda creciente y la alta competencia que de ello se deriva. A partir de este escenario crítico, se analizan las potencialidades y riesgos existentes para enfrentar el reto de lograr el acceso al agua en términos de cantidad, calidad, oportunidad, equidad y costo asequible. Para tal fin, se revisa la efectividad de los esfuerzos institucionales locales y binacionales que buscan avanzar hacia la SA en la región Mexicali-San Luis Río Colorado.

El presente trabajo se compone de seis apartados, iniciando con el segmento introductorio del capítulo. Posteriormente, se describen las características biofísicas y sociales de la región bajo estudio. En el tercer apartado se presenta y examina el marco teórico-conceptual de SA. El cuarto segmento muestra las condiciones prevalecientes y el estado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la región. El quinto apartado examina las amenazas y oportunidades para alcanzar la SA en la región. En el sexto se exponen y explican los esfuerzos institucionales –que se implementan a nivel binacional– tendientes a garantizar la SA en la región bajo estudio. Finalmente, se establecen las conclusiones generales para indicar el grado de avance en materia de SA en la región Mexicali-San Luis Río Colorado.

El área de interés. Zona fronteriza: Distrito de Riego y ciudades

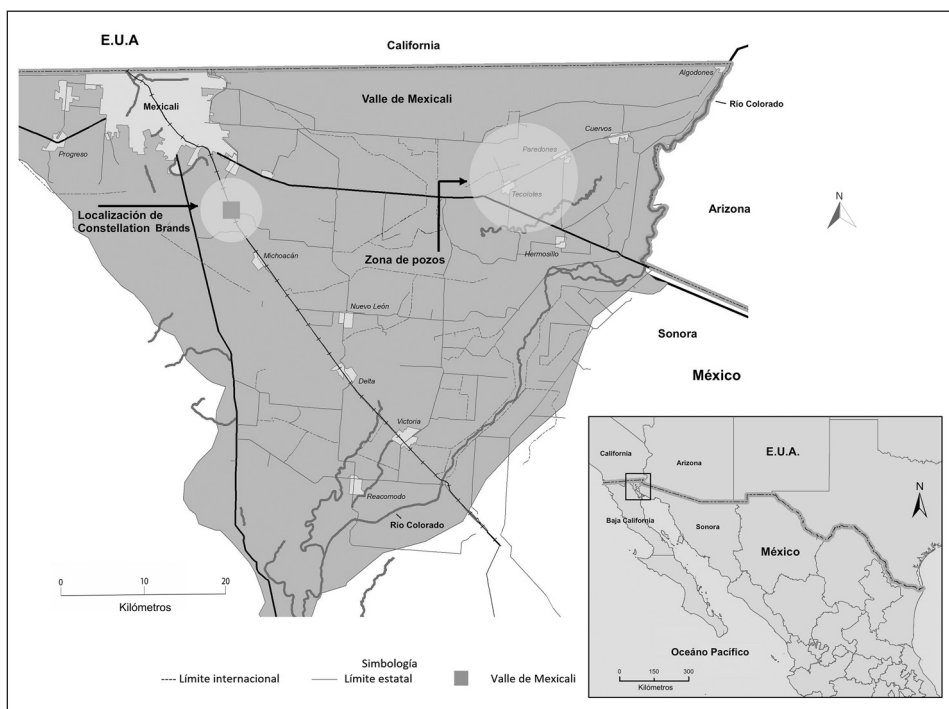
El mosaico de actividades productivas –que desde principios del siglo pasado ha sido predominantemente agrícola, pecuaria y de pesca– aún se mantiene en la actualidad; sin embargo, en la era moderna se ha diversificado hacia la agroindustria, la manufactura industrial de alta tecnología, la industria metal-mecánica, la producción de energía eléctrica y siderúrgica, entre otras. Aunado a ello, la dinámica demográfica de la región Mexicali-San Luis Río Colorado se caracteriza por ser una zona receptora de migrantes con flujos permanentes tanto de carácter interno como internacional en dirección a los Estados Unidos. Tal conformación social y productiva tiene una relación directa con la propia condición fronteriza y el flujo transfronterizo de agua, mismo que representa la base del desarrollo regional.

El área que se examina en este estudio se localiza en el extremo noroeste de México, donde se ubica una de las zonas de riego más importantes del norte del país, el Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California y Sonora, que se extiende sobre 207 965 ha. En este mismo espacio bajo estudio, la zona urbana la constituyen las ciudades vecinas de Mexicali, capital de Baja California, y San Luis Río Colorado, Sonora, que en con-

junto sumaban, a escala municipal, una población de 1 289 374 habitantes en 2020. Esta región colinda al norte con California y Arizona, en Estados Unidos, cuyos condados vecinos fronterizos, Imperial y Yuma, suman una población de 390 364 –poco más de tres veces menos que en el lado mexicano–; al sur, con el golfo de California; al este, con el desierto de Altar; y al oeste, con la sierra Cucupá y la laguna Salada (véase mapa 1).

Se subraya que dicha región desértica se vincula hidráulicamente con las dos ciudades de la zona costa, Tijuana y Rosarito, en Baja California, y con San Diego, en California, mismas que dependen significativamente –95 por ciento– del agua del río Colorado con la conducción de agua a través de sus respectivos acueductos. Tijuana y San Diego representan la principal población urbana de la región y en conjunto conforman un conglomerado de 5 229 791 habitantes. De manera contraria a la situación del extremo desértico, es la parte estadounidense la de mayor concentración de población, con 64 por ciento, mientras la proporción restante queda del lado mexicano (véase cuadro 1).

Mapa 1. Región Mexicali-San Luis Río Colorado



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía ([Inegi], 2010).

Cuadro 1. Dinámica demográfica de la región transfronteriza de interés que se abastece del río Colorado

<i>Año</i>	<i>San Diego</i>		<i>Tijuana</i>		<i>Imperial</i>		<i>Mexicali</i>		<i>Yuma</i>		<i>San Luis Río Colorado</i>	
	<i>Población</i>	<i>Tasa de crecimto. anual promedio %</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa de crecimto. anual promedio %</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa de crecimto. anual promedio %</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa de crecimto. anual promedio %</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa de crecimto. anual promedio %</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa de crecimto. anual promedio %</i>
1940	289 348	3.27	22 000	6.91	59 740	-0.19	44 399	4.00	19 326	0.81	2 364	ND
1950	556 808	6.76	65 000	11.44	62 975	0.52	124 362	10.86	28 006	3.77	13 593	19.11
1960	1 033 011	6.37	166 000	9.82	72 105	1.36	281 333	8.50	46 235	5.14	42 134	11.97
1970	1 367 200	2.84	341 000	7.46	74 400	31.00	396 324	3.48	60 827	2.78	63 604	4.20
1980	1 873 300	3.19	462 000	3.08	92 500	2.20	510 664	2.56	90 554	4.05	92 790	3.84
1990	2 520 500	3.01	747 381	4.95	110 400	1.78	601 938	1.65	106 895	1.67	110 530	1.76
2000	2 813 833	1.10	1 210 820	4.96	142 361	2.57	764 602	2.42	160 026	4.11	145 006	2.75
2010	3 095 313	0.95	1 559 683	2.55	174 528	2.05	936 826	2.04	195 751	2.03	178 380	2.09
2020	3 337 685	1.08	1 892 106	1.85	182 830	0.66	1 084 034	1.67	207 534	0.83	205 340	1.31

Fuente: Inegi (1983a, 1983b, 1991a, 1991b, 2011a, 2011b, 2011c), Secretaría de Economía (1952, 1953), Secretaría de la Economía Nacional (1943, 1947), Secretaría de Industria y Comercio (1963a, 1963b, 1971a, 1971b), Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado ([Coplade] 2018a, 2018b), CEABC (2018) y U. S. Census Bureau (1940, 1950a, 1950b, 1960a, 1960b, 1970a, 1970b, 1980a, 1980b, 1990a, 1990b, 2002a, 2002b, 2012a, 2012b, 2020a, 2020b).

En este espacio se presentan una diversidad de interrelaciones sociales y económico-productivas que se sustentan en el agua superficial proveniente del río Colorado y de los acuíferos de los valles de Mexicali (0210, según la clasificación de la Comisión Nacional del Agua [Conagua]) y San Luis Río Colorado (2601). Dichas fuentes transfronterizas de agua representan el principal factor dinamizador de las actividades del Distrito de Riego y de las zonas urbanas; en este sentido, alcanzar la SA representa una tarea fundamental y un reto permanente de los diferentes actores gubernamentales, productivos, sociales y ambientales presentes en la región, de tal manera que se logre un desarrollo armónico y sostenible sin el deterioro del recurso hídrico escaso.

Marco teórico-conceptual: Seguridad del Agua (SA)

En este apartado se exponen los principios generales que diversos autores y organizaciones internacionales destacan respecto al marco de la SA. De todos ellos se desprende que dicho marco representa un enfoque útil para examinar el logro de las condiciones necesarias para garantizar el acceso y la conservación del agua. Antes de abordar el concepto específico de SA, resulta de utilidad mencionar otro término más amplio y general referente a la seguridad ambiental. Koff y Maganda (2016) lo abordan de manera puntual para contextos transnacionales –como los que se discuten en este trabajo– y destacan que los conceptos de desarrollo sostenible, seguridad humana y seguridad ambiental surgieron simultáneamente en la década de 1980 a través de instancias internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Unión Europea (UE), las cuales iniciaron con el rompimiento de las nociones tradicionales de desarrollo.

Los autores mencionan también que, durante el rompimiento de tal enfoque tradicional, que básicamente subrayaba la necesidad de realizar transferencias financieras de los países ricos a los pobres, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN, por sus siglas en inglés) presentó el concepto de desarrollo sostenible –noción planteada en 1987 en el reporte de la Comisión Brundtland, titulado *Nuestro futuro común*– como el objetivo central de su estrategia para la conservación del mundo. Dicha posición marcó el cambio del enfoque de desarrollo de economía al de ecología, de lo que emergió el concepto de seguridad ambiental. Los investigadores puntualizan en el contexto transnacional para indicar que la vasta literatura sobre estudios de fronteras ha identificado que las amenazas relacionadas tanto con la seguridad humana como con la seguridad ambiental se han tornado en prioridades de política pública para las comunidades fronterizas, donde los impactos se observan de manera cotidiana y donde los temas que más resaltan son aquéllos relacionados con la SA.

La anterior explicación es congruente con lo que Witter y Whiteford (1999) establecen respecto a que la SA requiere de la conexión entre los sistemas ambientales y los sistemas humanos. Los autores enfatizan que esto es así no sólo hacia dentro de las naciones, sino también entre las naciones. Mencionan, además, que la SA es una condición donde existe suficiente cantidad y calidad necesaria, a un precio accesible para satisfacer las necesidades tanto de corto como de largo plazo, a la vez que se satisfagan aspectos de protección de la salud, el bienestar social y la capacidad productiva de la población (hogares, comunidades, vecindades o naciones). Subrayan, así, que la SA debe ser un derecho humano básico. Finalmente, los autores advierten que los cambios cíclicos en el clima, las modificaciones que ocurren en el poder político, el crecimiento poblacional, la contaminación ambiental o las transformaciones económicas representan amenazas siempre latentes para que la gente pierda la SA.

Por otra parte, la ONU considera el concepto de SA como

la capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sostenibles, para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella y para preservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política (UN-Water, 2013, p. 1).

En este mismo tenor, la Comisión Económica para América Latina (Cepal) subraya cuatro áreas prioritarias para alcanzar las metas que presupone la SA en el ámbito de la región de América Latina y el Caribe, a saber: el acceso de la población a niveles adecuados de agua y saneamiento, el desarrollo productivo sostenible, la conservación de cuerpos de agua con una calidad compatible con la salud y el medio ambiente, y la reducción de riesgos relacionados con el exceso de agua (Peña, 2016).

Complementariamente, Grey y Sadoff (2006) mencionan que la SA considera el vínculo estrecho de los *sistemas interconectados social-ecológico-hidroclimático*, mismo que requiere ser implementado a través de sistemas flexibles de gobernación y gestión del agua que promuevan la confianza entre usuarios y organismos gubernamentales, el intercambio de información amplia y oportuna, la transparencia y el compromiso responsable con usuarios, y la representación efectiva entre los tomadores de decisiones, la comunidad científica y las redes de política pública (Pahl-Wostl, 2006; Wilder *et al.*, 2010).

Por su parte, Martínez-Austria (2013) subraya las causas que amenazan la SA, a saber: el crecimiento demográfico explosivo, la urbanización desordenada, la demanda creciente de energía y alimentos, el cambio climático y la deficiente gestión y el manejo

del agua. Estos escenarios dificultan la planificación y gestión con una perspectiva de SA, por ende, el reto exige implementar esquemas menos verticales y más horizontales e inclusivos.

Taniguchi *et al.* (2017), cuando abordan aspectos de producción de alimentos vinculados a las condiciones de restricción del agua, mencionan que el concepto de SA se discute en términos de gobernanza² y cambio climático. Subrayan los investigadores que la literatura previa sobre el análisis de SA se ha limitado a aspectos de producción y consumo de agua, así como a la tasa de autoproducción; sin embargo, consideran que es primordial analizar también la diversidad de las fuentes de recursos hídricos e incluir tanto aguas superficiales como subterráneas y sus interconexiones.

En el mismo orden de ideas, llama la atención el trabajo de Scott *et al.* (2018), quienes realizan un análisis sobre las implicaciones del nexo entre SA, alimentación y energía en un marco de resiliencia de los sistemas naturales. Los autores describen la evolución de los tres conceptos interdependientes en orden de aparición en el escenario mundial: seguridad alimentaria, seguridad energética y SA. Respecto a este último concepto, subrayan cómo la SA es incorporada de manera más reciente al nexo en mención, a los Objetivos de Desarrollo del Milenio –a principios de la década de 2000– y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible –en 2015– de la ONU, y enfatizan la idea básica de garantizar el acceso al agua en términos de calidad y cantidad.

Finalmente, los autores subrayan que, en la actualidad, los hacedores de política y académicos utilizan el término SA con múltiples definiciones, marcos y enfoques analíticos, basados todos en un variado espectro de disciplinas, tales como las ciencias sociales y físicas, la ingeniería, la gestión y las leyes. A partir de ello, la SA es utilizada como un marco de análisis a diferentes escalas y con diverso enfoque, dependiendo de la ubicación geográfica.

En suma, el marco teórico-conceptual que se propone para el desarrollo del presente trabajo incorpora elementos que lo convierten en una herramienta útil y efectiva para el análisis de aspectos críticos relacionados con la gestión y el manejo del agua en el contexto geográfico transfronterizo complejo donde se llevan a cabo dichos procesos, máxime las condiciones de alta competencia entre los diversos usuarios, la semiaridez natural de la región y la amenaza de alta variabilidad climática y de los flujos hidrológicos que predominan en esta época.

² Es posible establecer aquí que la buena gobernanza del agua, o gobernanza ambiental, implica establecer arreglos institucionales que contribuyan al cuidado del sistema natural y aquellos donde la calidad de la democracia permita una configuración de representación social amplia, procesos de decisión incluyentes y objetivos de equidad y justicia social (Caldera y Tagle, 2017).

*Disponibilidad y presión sobre el agua superficial
y subterránea en la región*

El río Colorado

Diversos estudios muestran pronósticos para la región de la cuenca hidrológica del río Colorado que indican incrementos en la temperatura del aire, aumento de las tasas de evaporación, así como reducción de los índices de humedad y de acumulación de capa de nieve.³ Se considera que todo ello en conjunto afectaría de manera significativa los escurrimientos del río Colorado, reduciéndolos a 30 por ciento en un futuro tan cercano como el año 2050 (Bates *et al.*, 2008; Udall y Overpeck, 2017; Wilder *et al.*, 2013).

Vale la pena mencionar aquí que el párrafo final del artículo 10 del Tratado de Aguas Internacionales de 1944, entre México y Estados Unidos, estipula que «en los casos de sequía extraordinaria o de serio accidente al sistema de irrigación de Estados Unidos, que haga difícil a éstos entregar la cantidad garantizada de 1 850 234 000 m³ (1 500 000 acres-pies) por año, el agua asignada a México [...] se reducirá en la misma proporción en que se reduzcan los consumos en los Estados Unidos» (Enríquez, 1976, p. 903).

En congruencia con dicha estipulación, el Acta 319, firmada en noviembre de 2012, cuyos términos y alcances se amplían en el Acta 323 del Tratado de Aguas, establece que los niveles de reducción para los usuarios –en caso de que los niveles del agua en la presa Hoover o en el lago Mead, ubicado en la colindancia entre Nevada y Arizona, en Estados Unidos, se encuentren en o por debajo de la línea hidráulica crítica de 1 075 pies sobre el nivel medio del mar (psnm)– sufrirían reducciones de acuerdo con una catalogación en tres niveles. Para el caso de México: en el primer nivel, por debajo de 1 075 y encima de 1 050, la reducción sería de 62 millones de metros cúbicos anuales (Mm³/a); en el segundo nivel, cuando se encuentre por debajo de 1 050 y encima de 1 025, la reducción sería de 86 Mm³/a; y en el tercer nivel, cuando la elevación en el lago Mead se proyecte por debajo de los 1 025 psnm, la reducción será de 154 Mm³ al año (*Acta 319*, 2012).

De esta manera, se espera que las condiciones de alta variabilidad climática en la cuenca del río Colorado acentúen los procesos de degradación de fuentes de agua a nivel global y local.

³ A pesar de este comportamiento de largo plazo, el invierno 2017-2018 fue benévolo, al registrar recuperación en la capa de nieve en las montañas Rocallosas de Estados Unidos, ubicándose en septiembre de 2017 en 129 por ciento del promedio histórico para este mes, considerando los últimos 30 años (Upper Colorado River Snowpack Database, 2019).

*Los acuíferos de los valles de Mexicali
y San Luis Río Colorado*

La sobreexplotación de acuíferos es una amenaza latente alrededor del mundo. Los efectos que se han vislumbrado en la explotación de acuíferos se pueden englobar en cuatro (Sappa *et al.*, 2005): 1) abatimiento continuo del nivel estático del agua en el acuífero; 2) deterioro de la calidad del agua; 3) incremento en los costos de extracción, y 4) intrusión salina.

La sobreexplotación y contaminación de acuíferos no es una situación ajena a la República Mexicana y, en el caso de la península de Baja California, además, se enfrenta una problemática hídrica relacionada con aspectos naturales, como la predominancia de un clima desértico y el fenómeno de la sequía en la porción norte, lo que profundiza la condición de déficit, sobreexplotación, salinización e intrusión salina en un número significativo de acuíferos del estado de Baja California, más de 50 por ciento (Comisión Estatal del Agua de Baja California [CEABC], 2018). Aunado a esta situación, el acelerado crecimiento poblacional y económico, tanto de servicios como industrial, incrementará ese déficit en los próximos años.

Dichos efectos y amenazas aplican también para los acuíferos de los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado, mismos en los que se ha visto un incremento sustancial de la sobreexplotación y el abatimiento de los niveles estáticos, a pesar de contar con la principal fuente de recarga que es la infiltración del agua de riego agrícola predominante en la región (Conagua, 2015). De acuerdo con la información oficial más actualizada, el estatus para cada uno de estos acuíferos indica que la disponibilidad media anual para el acuífero del Valle de Mexicali (0210) presenta un déficit de 265.12 Mm³/a, mientras que el del Valle de San Luis Río Colorado (2601) arroja una disponibilidad media anual de 0, es decir, en equilibrio (Acuerdo, 2018).

Se espera que esta situación prevalezca o empeore, ya que se estima que la presión sobre los recursos hídricos subterráneos sea cada día mayor. La importancia de zonas de recarga recae en que los acuíferos alrededor del mundo son las fuentes principales para obtener agua dulce y son parte importante dentro del ciclo hidrológico. El problema de la disponibilidad de agua subterránea, además de ser de índole técnica, tiene un importante componente de gestión y manejo, considerando que en la actualidad, bajo este contexto de alta presión por los recursos hídricos, son los diferentes actores gubernamentales, no gubernamentales (principalmente ambientalistas), sociales, productivos y académicos, quienes de manera coordinada —a través de una gobernanza efectiva— deben trabajar desde las propias etapas básicas de diagnóstico, planificación e implementación de la política del agua.

La solución a este problema es de índole multifactorial y puede separarse en dos grandes vertientes. La primera refiere al manejo de la demanda de agua bajo las siguientes condicionantes: un esquema de crecimiento sustentable; el uso eficiente del recurso en el campo y la ciudad; incentivar las actividades productivas con menores requerimientos de agua, desincentivar las actividades productivas con alta demanda, y la regulación efectiva de las extracciones de aguas subterráneas, sobre todo en acuíferos sobreexplotados. La otra vertiente sugiere complementar lo anterior con el aumento de la disponibilidad (oferta) del agua a través del análisis técnico profundo y la consulta amplia y transparente sobre la viabilidad de nuevas fuentes de agua, tales como la reutilización o el aprovechamiento de aguas residuales tratadas, o bien, el aumento de la disponibilidad de agua subterránea mediante la aplicación de técnicas que permitan el incremento de la recarga.

El Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California y Sonora

La irrigación en los valles de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, donde se asienta el Distrito de Riego 014, se ha visto impactada recientemente por dos tipos de fenómenos globales y naturales que se encuentran, hasta cierto punto, fuera del control de los actores locales que gestionan, manejan y utilizan el agua.

El Distrito de Riego 014 dispone de un volumen total anual del orden de 2748 Mm³, de los cuales 1850 Mm³ provienen del volumen asignado a México a través del Tratado de Aguas, mientras que los 897 Mm³ restantes provienen de aguas subterráneas que se extraen por medio de 725 pozos profundos. Tal disponibilidad define a esta región como una de las que, bajo condiciones normales de flujo, cuenta con volúmenes garantizados y en cuantía relativamente suficiente para asegurar el desarrollo regional de las diversas actividades económicas de esta zona fronteriza.

El comportamiento de alta variabilidad climática observado durante más de dos décadas sobre el área de la cuenca hidrológica del río Colorado ha afectado la actividad agrícola, toda vez que ésta se abastece principalmente con agua de dicho río. Los registros en la cuenca indican una tendencia a incrementos en la temperatura, por ende, se registran altas tasas de evaporación y períodos prolongados de sequía, mismos que han reducido los niveles de captación en los principales vasos de almacenamiento (Steenburgh *et al.*, 2013).

Las condiciones cambiantes de temperatura, humedad y precipitación pluvial a nivel local en las últimas tres décadas muestran una tendencia a observar inviernos más cálidos y veranos igualmente más cálidos, aunque más húmedos, lo cual afecta el desarrollo vegetativo de cultivos predominantes en la región, tales como el trigo (subciclo otoño-invierno), que requiere una acumulación alta de horas-frío para producir grano de calidad y con alto rendimiento por unidad de superficie; el algodón (subciclo prima-

vera-verano), que necesita climas secos debido al daño que la humedad (precipitación de alta intensidad y breve lapso) ocasiona en el producto final, demeritando la calidad de la fibra blanca; y la alfalfa (ciclo perenne), que anualmente consume volúmenes de agua del orden de los 20 000 m³/ha. Estos tres cultivos en conjunto, de una cédula de más de 50 tipos diferentes en la región, representan 70 por ciento del programa anual normal de siembras (Conagua, 2019). Lo anterior indica la necesidad de replantear las prácticas de uso y manejo del agua en cultivos bajo riego como una de las estrategias fundamentales de adaptación al cambio climático.

Las ciudades de la zona fronteriza del extremo noroeste de México

La región analizada en este subapartado incluye las ciudades que se ubican en la zona de recepción del agua del río Colorado –Mexicali y San Luis Río Colorado– e incorpora, además, a las de la montaña y la zona costa del Pacífico de Baja California, que también dependen de esta fuente. Dicha región colinda al norte con el estado de California, al noreste con Arizona, al este-sureste con el desierto de Altar en Sonora; al oeste con el océano Pacífico, y al sur-sureste con el golfo de California.

Documentos oficiales indican que, a partir de la utilización de agua subterránea extraída de pozos profundos del acuífero de la mesa arenosa de San Luis Río Colorado, ubicado a cinco kilómetros al este de la ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora, se asigna a cuatro ciudades fronterizas de Baja California y a una de Sonora un volumen garantizado de agua para uso público-urbano y doméstico. Los volúmenes respectivos se asignaron de la siguiente forma: Mexicali, 82 Mm³/a; Tijuana-Playas de Rosarito, 80 Mm³/a; Ensenada, 9 Mm³/a; Tecate, 3.4 Mm³/a; y San Luis Río Colorado, 23 Mm³/a (CEABC, 2008, 2013). Lo anterior, considerando pérdidas de conducción, arroja un volumen total de 197.36 Mm³/a a distribuir en tales ciudades de la porción mexicana, mismo que se autoriza extraer del subsuelo mexicano, de acuerdo con la resolución núm. 5 del Acta 242 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA), firmada en 1973 (*Acta 242*, 1973; Román *et al.*, 2010).

La ciudad de Mexicali y las más de 200 comunidades rurales asentadas en la zona valle reciben agua para consumo humano proveniente del río Colorado, conducida a través de canales de la red mayor de riego, a saber, el Independencia, Reforma y Alimentador del sur. Específicamente, el canal Independencia, ubicado en la zona norte del Valle de Mexicali, circula en dirección este-oeste, franco desde las inmediaciones de la presa derivadora José María Morelos y Pavón (en adelante presa Morelos) –punto de entrega de agua del río Colorado como parte del Tratado de Aguas– hasta los límites de la ciudad de Mexicali.

El volumen recibido por el organismo operador –Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM)– reporta un total de 341 000 conexiones, de las cuales 1 100 son tomas industriales. Es importante subrayar que, a pesar de la asignación para Mexicali del orden de 82 Mm³/a, provenientes del acuífero de la mesa arenosa de San Luis, existe un desbalance derivado de la demanda creciente, ya que, de acuerdo con la CESPM, se factura un volumen total de 101.9 Mm³/a (CEABC, 2018), mismo que se solventa con la adquisición de derechos de riego de zonas de riego aledañas al área urbana. Tales derechos permiten realizar el servicio de agua potable con cobertura amplia (99 %). En este sentido, Mexicali es la ciudad que presenta la mejor condición de disponibilidad de agua de toda la región y al más bajo costo.⁴ También es la zona donde inicia el bombeo de agua del río Colorado a través del Acueducto Río Colorado-Tijuana (ARCT) hacia las ciudades de la montaña y zona costa del Pacífico. No obstante, la problemática de drenaje sanitario deficiente y con fallas tiene impactos de índole transfronterizo, ya que las descargas se dirigen al cauce del río Nuevo que fluye, en dirección sur-norte, hacia el Salton Sea en Imperial, California.

Por su parte, la ciudad de Tecate, que se ubica en el trayecto entre Mexicali y Tijuana, dispone de una zona de explotación del acuífero Los Pinos, en el arroyo del río Tecate, del que se extrae un volumen de 23 Mm³/a de agua, mismo que es mayormente utilizado por la industria cervecera de la región, mientras que la comunidad recibe el beneficio del agua entregada vía ARCT a través del organismo operador de Tecate (CESPTE). El volumen de consumo para la ciudad es del orden de 9 Mm³/a, de los cuales 66 por ciento corresponden a fuentes superficiales y el restante 34 por ciento a fuentes subterráneas, y éstos abastecen al sistema de la ciudad a través de alrededor de 35 000 conexiones (CEABC, 2018).

Ante el creciente consumo de agua de Tecate, misma que sobrepasa los volúmenes de sus fuentes actuales de agua, la propuesta oficial es que el ARCT se amplíe, a fin de obtener un mayor volumen de agua; sin embargo, un factor restrictivo a considerar es el alto costo de la energía eléctrica, derivado del bombeo y la conducción vía ARCT para la entrega de agua en bloque, mismo que asciende a 23.5 millones de pesos anuales (CEABC, 2018).

La ciudad de Tijuana depende en 95 por ciento del agua que recibe del río Colorado, a través del ARCT, mismo que también deriva a su paso agua a la ciudad de Tecate.

⁴ A manera de ilustración, la tarifa para uso doméstico en las ciudades fronterizas de Baja California, en el rango de consumo promedio de 25 a 30 m³, se comporta de la siguiente manera: Mexicali, 4.46 pesos/m³; Tecate, 19.04 pesos/m³; Ensenada, 23.10 pesos/m³; Tijuana y Playas de Rosarito, 28.62 pesos/m³ (CEABC, 2018).

Complementariamente, Tijuana aprovecha las lluvias estacionales y los almacenamientos respectivos en la presa Abelardo L. Rodríguez, con capacidad de 90.33 Mm^3 , en alternancia con la presa El Carrizo, que recibe las aguas del ARCT, pero que en promedio registra almacenamientos a 35 por ciento, debido a la sequía generalizada. El creciente consumo de la ciudad de Tijuana, que actualmente es del orden de $118 \text{ Mm}^3/\text{a}$ (CEABC, 2018), ha obligado a los tomadores de decisiones a revisar la implementación de nuevas fuentes de agua, como la desalinizadora de Playas de Rosarito, a manera de alternativa para complementar el desabasto temporal de algunas zonas de la ciudad; sin embargo, ese proyecto está detenido, ya que no goza de popularidad ni aceptación en los ámbitos sociales, ambientales y académicos, debido a los potenciales impactos negativos al medio ambiente y a los altos costos económicos, principalmente de energía (Hood, 2019; Wilder *et al.*, 2016).

Playas de Rosarito es el municipio de más reciente creación en el estado, se localiza al suroeste de la ciudad de Tijuana y sobre la vertiente del océano Pacífico. El agua de que dispone esta comunidad proviene, en parte, del acuífero La Misión, ubicado al sureste de la ciudad, en el municipio vecino de Ensenada. Esta fuente de agua subterránea se destina principalmente para usos agropecuarios y sólo una mínima parte ($0.23 \text{ Mm}^3/\text{a}$) para usos domésticos y turísticos de Playas de Rosarito. El volumen de extracción anual de dicho acuífero es de $1.6 \text{ Mm}^3/\text{a}$ contra un volumen de recarga de $1.4 \text{ Mm}^3/\text{a}$, lo cual muestra una situación considerada en equilibrio precario. No obstante, el consumo total de agua de la zona urbana de Playas de Rosarito es de $5.3 \text{ Mm}^3/\text{a}$, de los cuales 96 por ciento proviene de fuentes de agua superficiales, mismas que se abastecen a través del organismo operador de Tijuana (CESPT), mientras el restante cuatro por ciento proviene de la fuente subterránea del acuífero La Misión, previamente mencionado. El diagnóstico para esta ciudad, derivado de la creciente actividad turística y la exigencia de agua de buena calidad, es que pronto habrá de registrar problemas de abasto, por lo que se sugiere que de inmediato las autoridades procedan a instalar plantas de tratamiento de aguas residuales para su aprovechamiento, sobre todo en el sector hotelero predominante en la zona.

Para el caso de la ciudad y el puerto de Ensenada, ubicada a 106 km al sur de la línea fronteriza con Estados Unidos y sobre la costa del océano Pacífico bajacaliforniano, se menciona que su fuente de abastecimiento principal es el acuífero, que se recarga de fuentes superficiales intermitentes –arroyos– de Maneadero, El Gallo y El Sauzal, los cuales aportan un volumen de escurrimiento medio anual de $3.90 \text{ Mm}^3/\text{a}$. La zona urbana de Ensenada cuenta con fuentes superficiales de agua almacenada en la presa Emilio López Zamora; sin embargo, ésta se utiliza solamente para el control de avenidas, es decir, aunque tiene una capacidad de almacenamiento de 6.72 Mm^3 , el

significativo volumen de azolve que acumula su vaso impide cualquier aprovechamiento del agua que se capta.

Con el propósito de abastecer a la población local urbana y a la gran afluencia turística de Ensenada, que en total registran un consumo de $22 \text{ Mm}^3/\text{a}$ (CEABC, 2018), el organismo operador del agua, la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE), ha desarrollado una zona de explotación de pozos y construido una planta desalinizadora a fin de cubrir la creciente demanda. Se subraya que, debido a la sobreexplotación de los acuíferos de la región, se ha inducido el fenómeno de intrusión salina, con el consecuente deterioro de la calidad del agua de los pozos de abastecimiento.

Respecto a la asignación de agua para Ensenada de $9 \text{ Mm}^3/\text{a}$ provenientes del acuífero de la mesa arenosa de San Luis, destaca que dicho volumen aún no ha sido utilizado, ya que el ARCT no dispone de un ramal que haga llegar el agua hasta Ensenada, lo que ha llevado a que, en su lugar, la ciudad de Tijuana sea la favorecida con este volumen. Actualmente, la autoridad municipal ha propuesto la construcción de dicho ramal, a fin de aprovechar el volumen asignado que por derecho le corresponde. Otra alternativa implementada por CESPE, para atender parcialmente esta necesidad creciente de la zona urbana, se refiere al sistema de bombeo en el área conocida como Valle de Guadalupe, la cual es en la actualidad de vocación agrícola –predominantemente de vid y olivares– y cuenta con el asentamiento de empresas vitivinícolas líderes en el país y el mundo, no obstante los signos de agotamiento y ensalitramiento de su acuífero.

Finalmente, la ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora, se ubica en la margen izquierda del río Colorado y en ella se ubica el segundo punto de entrega del agua de dicho río como parte del Tratado de Aguas. La ciudad actualmente cuenta con una población de 203 240 habitantes (Coplade, 2018a) y dispone de una dotación de $23 \text{ Mm}^3/\text{a}$ de la asignación del acuífero de la mesa arenosa de San Luis, así, prácticamente la totalidad de su consumo proviene de dicha fuente subterránea (CEABC, 2018).

Es importante mencionar que, en cuanto a servicios se refiere, la ciudad de San Luis Río Colorado presenta graves problemas, pues tan sólo 45 por ciento de la población cuenta con servicio de drenaje sanitario, en tanto que el resto utiliza letrinas o fosas sépticas, lo que –bajo las condiciones de los suelos arenosos predominantes en la región– conlleva una alta probabilidad de contaminación de los cuerpos de agua. Una síntesis de la situación hídrica e hidráulica de las ciudades del extremo noroeste de México aquí analizadas se presenta en el cuadro 2.

*Amenazas a la seguridad del agua en la región
Mexicali-San Luis Río Colorado*

Cambio climático en la cuenca del río Colorado

Como se señala en apartados anteriores, la alta variabilidad climática representa un factor preponderante que induce, por una parte, la vulnerabilidad de la oferta de agua superficial y subterránea, debido al cambio en los regímenes hidrológicos, y por otra, el incremento de extracciones y eventual sobreexplotación de fuentes de agua. La vulnerabilidad incluye los eventos hidrológicos extremos observados en la cuenca del río Colorado, mencionados por varios equipos de investigadores (Bates *et al.*, 2008; Garfin *et al.*, 2013).

Cuadro 2. Síntesis de la problemática hídrica de las ciudades fronterizas del extremo noroeste de México

<i>Ciudad fronteriza</i>	<i>Organismo operador de agua</i>	<i>Disponibilidad para la ciudad</i>	<i>Problemática principal</i>
Mexicali	CESPM	101.9 Mm ³ /a	Cuenta con la demanda de agua cubierta, el drenaje sanitario tiene deficiencias y las fallas del sistema contaminan el río Nuevo que envía agua a Estados Unidos.
Tecate	CESPT	8.8 Mm ³ /a	Demanda de agua no satisfecha y extracción excesiva de agua subterránea por parte de la cervecera Tecate.
Tijuana	CESPT	118 Mm ³ /a	Demanda de agua creciente y no satisfecha, alta dependencia del ARCT y presas en bajos niveles por sequía. Se plantean alternativas de desalinizadoras que no tienen aceptación social.
Playas de Rosarito	CESPT	5.3 Mm ³ /a	Acelerado crecimiento de demanda por desarrollos turísticos que requieren en el corto plazo nuevas fuentes de agua. Dependencia de la CESPT.
Ensenada	CESPE	22 Mm ³ /a	Demanda no satisfecha, alta dispersión de usuarios de zonas rurales, salinización de fuentes de agua subterráneas y falta de aprovechamiento del volumen asignado de la mesa arenosa de San Luis (9 Mm ³ /a).
San Luis Río Colorado	Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOMAPAS)	23 Mm ³ /a	Fuentes de agua salobres y contaminación de fuentes de agua subterránea debido a la porosidad de suelos.

Fuente: Elaboración propia con base en la información de CEABC (2018).

Las principales características de este fenómeno muestran que, para el caso del suroeste de Estados Unidos y la cuenca del río Colorado en particular, se presentan fluctuaciones naturales de clima que han causado de manera alternada sequías, inundaciones, ondas de calor, heladas y nevadas intensas, vientos severos, tormentas extremas, marejadas costeras y condiciones críticas de calidad del aire. En suma, el cambio climático de la región se puede describir de la siguiente manera:

- 1) La región se está tornando más cálida. Las temperaturas medias diarias para la década 2001-2010 fueron las más altas desde 1901, observando menos ondas gélidas y ondas cálidas. Particularmente el período desde 1950 ha sido el más cálido comparado con otros desde hace al menos 600 años;
- 2) las sequías recientes han sido inusualmente más severas que las observadas en el último siglo. En particular, las observadas durante la década 2001-2010 fueron las segundas más importantes comparativamente para cualquier década desde 1901; y
- 3) los flujos de agua de las principales cuencas hidrológicas de la región, incluyendo la del alto río Colorado, han sido más bajos que los promedios del siglo pasado, observando reducciones de flujo de entre 5 y 37 por ciento durante la década de 2001-2010. Además, se observan variaciones en la temporalidad de los escurrimientos derivados de los deshielos, mismos que se han estado presentando antes de la época normal con variaciones de hasta 60 por ciento (Hoerling *et al.*, 2013).

Lo anterior informa de manera tácita sobre los riesgos y potencialidades de perder certidumbre en el acceso al agua en términos de cantidad y calidad en la región bajo estudio, toda vez que ésta depende prácticamente en su totalidad del agua proveniente del río Colorado. Considerando la estrecha interconexión física entre fuentes de agua superficial y subterráneas de la zona, cuya recarga proviene de las primeras por diferente ruta, entonces crece la amenaza a la SA.

Aumento de la demanda y competencia por el agua

Otro factor no menos importante que amenaza significativamente la SA de la región se refiere al incremento de la demanda, misma que trae, como consecuencia, presión sobre los recursos hídricos escasos y totalmente asignados. Datos oficiales indican que actualmente el estado de Baja California dispone de un volumen total de agua dulce del orden de 3 634 Mm³/a, lo que ha permitido cubrir la creciente demanda de la población y establecer planes de desarrollo sobre bases reales de disponibilidad de agua (CEABC, 2018).

Un estudio reciente elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) establece que, para el caso de la ciudad de Mexicali, «la disponibilidad futura de agua incrementará en 1 Mm³/a durante los próximos 30 años, debido a las transferencias de derechos de agua del sector agrícola a la ciudad» (Salgado *et al.*, 2018, p. 15). Cabe subrayar que este volumen es el equivalente a dejar fuera de producción 100 ha de riego anualmente. Esto se alinea con lo que establece, aunque de manera más contundente, otro documento oficial que también menciona la intención de transferir volúmenes de agua superficial del Distrito de Riego 014 hacia la ciudad de Mexicali, a través de una estrategia de «redimensionamiento» de la zona de riego del sistema de gravedad actual de 136 600 ha a 113 428 ha –una disminución de 16.6 por ciento– hacia el año 2035, es decir, 22 572 ha y su respectivo volumen de derechos de agua equivalente a 228.2 Mm³/a (CEABC, 2018).

Para los cálculos de la demanda proyectada del mismo estudio del IMTA, se utilizó una tasa de incremento anual promedio de la demanda de agua de 1.11 por ciento. En este sentido, cabe señalar que otros documentos oficiales precisan que el incremento de la demanda para Mexicali será en promedio de dos veces y media la estimada por el IMTA, es decir, 3.5 por ciento anual entre 2016-2020; 2.35 por ciento anual entre 2020-2025; 2.36 por ciento entre 2025-2030; y 2.36 entre 2030-2035 (CEABC, 2018).

Lo anterior tiene implicaciones directas en las estimaciones de horizontes para cubrir la demanda futura de la población de Mexicali, elevando así la línea de la demanda en una proporción de más de dos veces y, por ende, acercándola a la línea de disponibilidad para que éstas se intercepten en un horizonte más cercano, entre el año 2033-2035, y no hasta 2050, como se afirma en el estudio del IMTA.

Con base en lo anteriormente expuesto, los horizontes de volúmenes garantizados por transferencias del sector agrícola a la ciudad para cubrir la demanda de la población, al ser afectados por un factor porcentual impreciso (menor) de disminución de agua por escenarios de contingencia y reducción, son anteriores a 2050 y se estima aquí que podrían no llegar más allá de 2033-2035. Esta afirmación se fortalece y es congruente con los escenarios establecidos recientemente de manera oficial, los cuales indican un déficit futuro global de 292.9 Mm³/a en la región de Mexicali y San Luis Río Colorado –considerando aguas subterráneas y superficiales–, debido a los impactos del cambio climático. Esto representa una disminución de 22.8 por ciento en promedio, considerando todas las fuentes de agua (CEABC, 2018).

Esfuerzos institucionales para la gestión local y binacional del agua

Acciones binacionales recientes: las Actas 319 y 323 del Tratado de Aguas

El Acta 323 de la CILA, firmada en septiembre de 2017, intitulada: *Ampliación de las medidas de cooperación y adopción de un Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua en la cuenca del río Colorado*, reemplaza y amplía los alcances de la anterior Acta 319, de noviembre de 2012, tanto en temas nuevos –al incorporar el concepto de contingencia binacional por sequía extrema en la cuenca baja del río Colorado–, como en el término de la vigencia que se extiende hasta el 31 de diciembre de 2026. Se mantienen aspectos de prevención para enfrentar eventos sísmicos que pudieran afectar la operación de la red hidráulica, además de que se mantienen, amplían y establecen mecanismos de cooperación relativos a los aspectos ambientales, sobre todo en el cauce del río Colorado en la porción mexicana.

De esta manera, se da continuidad a la atención de los aspectos relacionados con la alta variabilidad climática y los consecuentes eventos extremos en la cuenca del río Colorado, lo que induce al establecimiento de esquemas negociados binacionalmente para establecer estrategias de distribución de volúmenes en condiciones de presas con elevaciones altas y bajas. Sin embargo, otros asuntos de importancia se puntualizan y estructuran en términos de estrategias de ahorro de agua, proyectos de conservación y financiamiento enfocados a inversiones para el área de riego en los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado⁵ (Cortez-Lara y Vega, 2018).

El Acta 323 contiene medidas de cooperación identificadas por las partes negociadoras encabezadas por la CILA y su contraparte estadounidense, la International Boundary and Water Commission (IBWC), con el apoyo de los llamados Grupos Técnicos Binacionales para cada uno de los temas. Algunos de los nuevos elementos centrales de cooperación son los siguientes:

- 1) Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua. Esto para efecto de tomar medidas inmediatas adicionales para proteger y beneficiar al sistema del río Colorado y así evitar llegar a elevaciones bajas críticas de almacenamiento en la presa Hoover o en el lago Mead, desde donde se distribuye el agua para los usuarios aguas abajo, incluido México. La idea central es con-

⁵ El Acta 319, signada el 20 de noviembre de 2012 en Coronado, California, entre ambas secciones de la CILA, contempla inversiones por un monto de tres mdd para la restauración del corredor ribereño del río Colorado en su porción mexicana, así como de 18 mdd adicionales para rescatar un volumen del orden de 153 Mm³ del Distrito de Riego 014, durante la vigencia del acta en mención (*Acta 319*, 2012).

trarrestar los potenciales efectos negativos de una eventual sequía en la cuenca baja del río Colorado en los Estados Unidos. Este plan de contingencia busca aportar ahorros de agua adicionales considerando un nuevo rango de seguridad para iniciar con los ocho diferentes niveles de ahorro establecidos, mismos que inician cuando el nivel de elevación en el lago Mead se encuentre en o por debajo de 1090 psnm y terminan en el nivel bajo cuando tal elevación se registre en o por debajo de 1025 psnm. Para el caso de México, el nivel inicial de ahorro por contingencia para la elevación más alta sería de 51 Mm³ y para el nivel más bajo sería de 185 Mm³.

- 2) Cooperación para atender emergencias en México, establecimiento de una cuenta revolvente y Agua Mexicana Creada Intencionalmente (ICMA, por sus siglas en inglés). Esto se refiere a que México podría solicitar diferir las entregas de volúmenes desde Estados Unidos a través de tres vías, a saber: 1) la entrega de sólo una porción de su asignación normal debido a eventuales fallas del sistema de conducción, sismos u otros que no permitan utilizar la asignación completa. A partir de esta medida, México podría ajustar sus calendarios de entregas y crear almacenamientos de emergencia en el lago Mead; 2) la cuenta revolvente para almacenar agua de México hasta por un volumen acumulado diferido para el período del Acta 323 que puede ser hasta de 451.6 Mm³; y 3) a través de agua generada por México por medio de proyectos de conservación o nuevas fuentes de agua. Las anteriores formas de almacenamiento de agua en Estados Unidos solicitadas por México se denominarán en conjunto Reserva de Agua Mexicana y podrán ser de hasta un máximo anual de 308 Mm³. Como referencia, dicho volumen equivale a tres veces el consumo total anual de la ciudad de Mexicali.
- 3) Salinidad. Se enfoca en las actividades tendientes a minimizar los impactos por razón de los ahorros que México posiblemente genere y que pueden afectar la concentración salina de fuentes de agua. Los avances significativos en este aspecto son que se trabajará en la modificación del esquema de monitoreo de concentración salina de aguas recibidas por México, para convertirlo –del actual y ya obsoleto basado en promedios anuales– en uno que considere parámetros en tiempo real en el punto de entrega de la presa Morelos.
- 4) Medidas relacionadas con las variaciones en los flujos diarios que llegan a México. En éstas se busca implementar medidas de corto, mediano y largo plazo, entre las que se encuentra el establecimiento de programas piloto para utilizar capacidad de almacenamiento en México, específicamente en la presa Morelos y en otros vasos reguladores; también se buscará modificar

- los procedimientos operativos y, finalmente, controlar el rango de la variabilidad en las solicitudes que México realiza a su contraparte estadounidense.
- 5) Medio ambiente. Se establecen compromisos estructurados donde existen aportaciones tripartitas de México, Estados Unidos y grupos ambientalistas para generar un volumen promedio anual de 55 Mm³ y un fondo de 40 mdd para la restauración de diferentes puntos del corredor ribereño del delta y su estuario, con el fin de expandir la superficie actualmente restaurada de 435 a 1 700 ha.
 - 6) Inversión y proyectos. Este aspecto generó controversia entre los diferentes usuarios en el lado mexicano. Se refiere a desarrollar proyectos internacionales de conservación, a establecer nuevas fuentes de agua y a realizar entregas directas o intercambio de agua por financiamiento estadounidense. Respecto al primer punto, se consideraron las recomendaciones del Grupo Técnico Binacional de Proyectos, mismas que sugieren la construcción de obras hidráulicas y la implementación de acciones internacionales de conservación para beneficio mutuo en el Distrito de Riego 014 en México, tales como revestimiento de canales, conservación a nivel parcelario, vasos reguladores, descanso de tierras, tecnificación del área de riego, mejoras operativas y tratamiento de aguas residuales provenientes de asentamientos humanos de la zona rural para ser aprovechadas en los humedales aledaños.

Para todas estas medidas, los Estados Unidos contribuirán con un monto total de 31.5 millones de dólares para México. El agua conservada con esta inversión será asignada a nuestro país, con excepción de los siguientes volúmenes: 86 Mm³ para que Estados Unidos pueda cumplir con sus compromisos del medio ambiente; 62 Mm³ para el sistema del río Colorado, en beneficio de todos los usuarios de la cuenca; y 135 Mm³ de agua para uso en los Estados Unidos (*Acta 323*, 2017). De lo anterior se desprende que son en total 283 Mm³ los que México debe tomar de sus ahorros para ser entregados a los Estados Unidos como intercambio por el financiamiento recibido durante el período de vigencia del *Acta 323*.

En cuanto a las nuevas fuentes de agua, se encuentran los proyectos referidos al financiamiento de Estados Unidos para la construcción y operación de plantas desalinizadoras del río Nuevo en Mexicali, el mar de Cortés en el Poblado San Felipe, Baja California –municipio de Mexicali– y el aprovechamiento de efluentes provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales del Valle de Mexicali.

Las acciones de carácter binacional mencionadas se encuentran necesaria y operativamente vinculadas a las acciones locales. Es justo el carácter transfronterizo de las fuentes de agua superficial y subterránea, y su estrecha relación hidráulica, lo que induce

esa fase difusa o de transición entre lo binacional y lo local, de tal manera que la inacción en uno de los ámbitos necesariamente impacta en el otro, y viceversa, y en ambas direcciones de flujos de agua: norte-sur y sur-norte.

Varios ejemplos podrían ilustrar esta afirmación, pero los ejemplos de flujo sur-norte referentes al saneamiento y a la gestión de aguas residuales, tanto en Mexicali como en Tijuana, explican con claridad cómo es que el mal funcionamiento operativo local de CESPMP en la zona del desierto puede afectar las condiciones del río Nuevo en la porción mexicana y, por ende, al medio ambiente del Salton Sea en el condado de Imperial, California; por otra parte, en la vertiente de la costa del Pacífico, una falla similar de CESPT repercute en las condiciones del río Tijuana que descarga en la zona costera de Imperial Beach, en el condado de San Diego, California.

Es posible identificar situaciones similares de impacto transfronterizo negativo, pero en dirección norte-sur, por ejemplo, cuando se toca el tema de salinidad y arrastre y acumulación de sedimentos que se originan en la porción estadounidense, pero repercuten en San Luis Río Colorado, Valle de Mexicali y zona urbana de Mexicali; o las potenciales reducciones en las entregas por efecto de alta variabilidad climática que no sólo profundizan estos aspectos de salinidad y sedimentación, sino que ponen en riesgo la actividad productiva agrícola y al medio ambiente de la zona desértica y de la costa del Pacífico de la porción mexicana. Al final, todo ello representa una afectación directa local y binacional a los componentes clave de la SA: calidad, cantidad, oportunidad, costo y equidad.

Conclusiones

En este trabajo se abordaron los retos de la SA que se enfrentan en la región fronteriza Mexicali-San Luis Río Colorado y sus implicaciones en la gestión de un recurso altamente competido y escaso. A partir de los elementos fundamentales del concepto de SA, se revisó la manera y efectividad con la que los esfuerzos de gestión del agua a nivel local y binacional buscan y, en su caso, logran alcanzar niveles adecuados de acceso al agua en términos de cantidad, calidad, oportunidad y equidad. Para tal fin, se identificaron impactos del cambio climático, mismos que en la región de la cuenca del río Colorado se caracterizan por una marcada tendencia a la disminución natural de agua y a períodos de sequía prolongados, así como al crecimiento de la demanda por parte de los diferentes sectores productivos y de la población, aspectos que en conjunto complejizan la situación y profundizan el estrés hídrico regional.

Este territorio, donde se reciben los flujos de agua provenientes del río Colorado, se caracteriza por su semiaridez y por el alto uso consuntivo de un sector de riego agrícola

que utiliza 85 por ciento de la disponibilidad total de las fuentes superficiales y subterráneas, y con eficiencias aún bajas, a pesar de los esfuerzos privados e institucionales. Desde luego, ello es motivo de reflexión profunda para valorar las posibilidades de rescate de volúmenes en dicho sector y una posterior reasignación justa que nos acerque a un estatus de SA permanente en todos los grupos de usuarios.

De la misma manera, el análisis realizado permitió dilucidar cómo el crecimiento de la población de ciudades fronterizas de la región, tanto de la zona desértica como de la costa del Pacífico, dependen significativamente de las mismas fuentes principales de agua. Este panorama tiene efectos directos en las condiciones de acceso al agua en términos de cantidad, calidad, oportunidad, equidad y costo asequible, por ende, pone en riesgo la SA e induce potenciales escenarios de estrés hídrico y conflicto tanto entre los diferentes sectores de usuarios –por ejemplo, campo y ciudad– como entre regiones –desierto, montaña y costa.

Las estrategias institucionales implementadas, en el ámbito local y binacional, buscan aminorar dichas tensiones provocadas por condiciones naturales adversas y comportamientos antropogénicos no sostenibles; sin embargo, la falta tanto de transparencia en los procesos de gestión del agua como de participación amplia y representativa efectiva de actores locales clave pone en riesgo el anhelado óptimo estado de la SA.

Desde luego, tales esfuerzos institucionales de carácter binacional expresados a través de los acuerdos entre ambos países, particularmente las firmas de las Actas 319 y 323 de la CILA, buscan impactar de manera positiva en las condiciones locales a cada lado de la frontera; para el caso de la región de interés –Mexicali y San Luis Río Colorado– las mismas actas introducen elementos de rescate de volúmenes de agua tanto en el sector riego como en el medio urbano de la zona del desierto y de la costa del Pacífico a través de la inversión por parte de Estados Unidos en diversos proyectos en el lado mexicano. El objetivo central de dichas iniciativas de inversión internacional es tratar de mantener los niveles de operación adecuados en la presa Hoover, de manera tal que ninguno de los usuarios de la cuenca baja del río Colorado se vea afectado con reducciones de agua. No obstante, alguna parte de la sociedad local en la porción mexicana de la cuenca aún expresa dudas razonables sobre los beneficios puntuales y concretos, máxime si el recurso financiero proviene del exterior, para apoyar a sectores estratégicos nacionales como el riego, esto además de los procesos poco transparentes que dieron lugar a las firmas de las actas en mención.

El argumento central que se esgrime por diversos actores de la región bajo estudio no es si existe un beneficio binacional y local por las acciones de rescate de volúmenes de agua, sino las dudas sobre los procedimientos que se implementaron, entre las que sobresale la opacidad; y se establece que todas estas acciones de colaboración pueden ser

altamente efectivas y benéficas para todas las partes siempre y cuando se incorporen de manera amplia las posturas diversas de los beneficiados o afectados directos de dichas iniciativas, lo cual abonaría al logro de los fundamentos de la SA que busca eliminar riesgos y utilizar de manera sostenible y equitativa un recurso escaso, base del desarrollo regional.

Referencias

- Acta 242 Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Solución permanente y definitiva del problema internacional de la salinidad del río Colorado*, Ciudad de México-Washington, D. C., 30 de agosto de 1973. <http://www.cila.gob.mx/actas/242.pdf>
- Acta 319 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Medidas interinas de cooperación internacional en la cuenca del río Colorado hasta el 2017 y ampliación de las medidas de cooperación del Acta 318, para atender los prolongados efectos de los sismos de abril de 2010 en el Valle de Mexicali, Baja California*. Coronado, California, 20 de noviembre de 2012. <http://www.cila.gob.mx/actas/319.pdf>
- Acta 323 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Ampliación de las medidas de cooperación y adopción de un Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua en la cuenca del río Colorado*. Ciudad Juárez, Chihuahua, 21 de septiembre de 2017. <http://www.cila.gob.mx/actas/323.pdf>
- Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 4 de enero de 2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. y Palutikof, J. P. (edits.). (2008). *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC Secretariat.
- Caldera, A. R. y Tagle, D. (2017). Saneamiento del Agua en León, Guanajuato: Revisión de los conflictos desde el enfoque de la Gobernanza Ambiental Democrática. En M. L. Torregrosa (coord.), *El conflicto del agua. Política, gestión, resistencia y demanda social* (pp. 137-158). Flacso México.
- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (2008). *Programa Estatal Hídrico. Estado de Baja California (2008-2013)*. Gobierno del Estado de Baja California/CEABC.
- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (2013). *Informe mensual diciembre 2013*. Gobierno del Estado de Baja California/CEABC/Conagua.

- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (2018). *Programa Hídrico del Estado de Baja California. Visión 2035. Resumen ejecutivo (actualización octubre)*. Gobierno del Estado de Baja California/CEABC/Conagua. <http://www.ceabc.gob.mx/phebc/resejec/RESUMEN%20EJECUTIVO%20PHEBC.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Mexicali (0210), Estado de Baja California*. Autor. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCalifornia/DR_0210.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2019). Cédula de cultivos preliminar para el año agrícola 2018-2019. Zona de pozos federales y zona de gravedad. En *Organismo de Cuenca Península de Baja California, Dirección de Infraestructura Hidroagrícola, Distrito de Riego 014, Río Colorado B. C. y Son. Estadísticas Agrícolas e Hidrométricas*. Autor.
- Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado (Coplade). (2018a). *Perfiles sociodemográficos de los municipios de Mexicali, Tecate, Tijuana, Rosarito y Ensenada 2018*. Autor.
- Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado (Coplade). (2018b). *Perfil sociodemográfico del municipio de Mexicali 2018*. Autor. www.copladebc.gob.mx/publicaciones/2018/mensual/febrero.pdf
- Cortez-Lara, A. A. y Vega-Cruz, N. B. (2018). Actas 319 y 323 del Tratado internacional de límites y aguas entre México y Estados Unidos: ¿Una nueva era de cooperación para el manejo de aguas transfronterizas del río Colorado? En M. Reyes e Y. Hernández (coords.), *Cooperación internacional. Revisión de sectores y herramientas* (pp. 59-108). Universidad Autónoma de Baja California.
- Enríquez, E. (1976). *El tratado entre México y los Estados Unidos de América sobre ríos internacionales: Una lucha nacional de noventa años*. (Tomo II). UNAM.
- Garfin, G., Jardine, A., Merideth, R., Black, M. y LeRoy, S. (eds.). (2013). *Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment*. Island Press.
- Grey, D. y Sadoff, C. W. (2006). Water for Growth and Development. En *Thematic Documents of the IV World Water Forum* (pp. 1-55). Conagua.
- Hoerling, M., Dettinger, M., Wolter, K., Lukas, J., Eischeid, J., Nemani, R., Liebmann, B. y Kunkel, K. (2013). Present Weather and Climate: Evolving Conditions. En G. Garfin, A. Jardine, R. Merideth, M. Black y S. LeRoy (eds.), *Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment* (pp. 74-100). Island Press.
- Hood, M. (14 de enero de 2019). Desalination Produces More Toxic Waste Than Clean Water. *Yahoo News*. <https://news.yahoo.com/desalination-produces-more-toxic-waste-clean-water-161426168.html>

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1983a). *X Censo General de Población y Vivienda, 1980. Estado de Baja California. Volumen I. Tomo 2.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825414047>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1983b). *X Censo General de Población y Vivienda, 1980. Estado de Sonora. Volumen I. Tomo 26.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825414788>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1991a). *Baja California. Resultados definitivos. Datos por localidad (integración territorial). XI Censo General de Población y Vivienda, 1990.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825415846>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1991b). *Sonora. Resultados definitivos. Datos por localidad (integración territorial). XI Censo General de Población y Vivienda, 1990.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825416089>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2010). Marco Geoestadístico Nacional 2010. ArcMap 10.1 [mapa]. 1:1 000 000. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2011a). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Baja California.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825002080>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2011b). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Sonora.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825002103>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2011c). *Principales resultados por localidad. Baja California. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.* Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825000267>
- Koff, H. y Maganda, C. (2016). Environmental Security in Transnational Contexts: What Relevance for Regional Human Security Regimes? *Globalizations*, 13(6), 1-11.
- Martínez-Austria, P. F. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(5), 165-180.
- Pahl-Wostl, C. (2006). Transitions Towards Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change. *Water Resources Management*, 21(1), 49-62.
- Peña, H. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe.* (Serie Recursos Naturales e Infraestructura, 178). Cepal/Cooperación Alemana.
- Román, J. A., Cortez-Lara, A. A., Soto, R., Escoboza, F. y Viramontes, O. (2010). El agua en el noroeste. En B. Jiménez, M. L. Torregrosa y L. Aboites (eds.), *El agua en México: Cauces y encauces* (pp. 479-504). Academia Mexicana de Ciencias/Conagua.

- Salgado, R. J., Güitrón de los Reyes, A. y López, P. M. (2018). Estudio de impacto al servicio de abastecimiento de agua a la población de la ciudad de Mexicali por suministro de agua a la planta cervecera de Constellation Brands y estrategia de abastecimiento de agua de corto y largo plazo para la planta (primera etapa). IMTA. <http://www.cbrands.mx/wp-content/uploads/2018/07/IMTA-Estudio-Impacto-Abastecimiento-CBI.pdf>
- Sappa, G., Rossi, M. y Coviello, M. T. (21 a 23 de septiembre de 2005). Effetti ambientali del sovrasfruttamento degli acquiferi della Pianura Pontina (Lazio) [conferencia]. En *Proceedings of International Workshop 4th Congress on the Protection and Management of Groundwater*. Reggio di Colorno-Parma: GEAM.
- Scott, C. A., Albrecht, T. R., De Grenade, R., Zúñiga-Terán, A., Varady, R. G. y Thapa, B. (2018). Water Security and the Pursuit of Food, Energy, and Earth Systems Resilience. *Water International*, 43(8), 1 055-1 074. doi:10.1080/02508060.2018.1534564
- Secretaría de Economía. (1952). *Séptimo Censo General de Población. 6 de junio de 1950. Baja California Territorio Norte*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825412111>
- Secretaría de Economía. (1953). *Séptimo Censo General de Población. 6 de junio de 1950. Estado de Sonora*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825412357>
- Secretaría de la Economía Nacional. (1943). *Estados Unidos Mexicanos. 6° Censo de Población 1940. Sonora*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825412012>
- Secretaría de la Economía Nacional. (1947). *Estados Unidos Mexicanos. 6° Censo de Población 1940. Aguascalientes-Baja California Territorios Norte y Sur*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825411763>
- Secretaría de Industria y Comercio. (1963a). *VIII Censo General de Población 1960. 8 de junio de 1960. Baja California, Territorio*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825412784>
- Secretaría de Industria y Comercio. (1963b). *VIII Censo General de Población 1960. 8 de junio de 1960. Estado de Sonora*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825413040>
- Secretaría de Industria y Comercio. (1971a). *IX Censo General de Población 1970. 28 de enero de 1970. Baja California, Territorio*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825413187>
- Secretaría de Industria y Comercio. (1971b). *IX Censo General de Población 1970. 28 de enero de 1970. Estado de Sonora*. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825413439>

- Steenburgh, W. J., Redmond, K. T., Kunkel, K. E., Doesken, N., Gillies, R. R., Horel, J. D., Hoerling, M. P. y Painter, T. H. (2013). Present Weather and Climate: Average Conditions. En G. Garfin, A. Jardine, R. Merideth, M. Black y S. LeRoy (edits.), *Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment* (pp. 56-73). Island Press.
- Taniguchi, M., Masuhara, N. Y., Burnett, K. (2017). Water, Energy, and Food Security in the Asian Pacific Region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 11, 9-19.
- Torregrosa, M. L. (coord.). (2017). *El conflicto del agua. Política, gestión, resistencia y demanda social*. Flacso México.
- Udall, B. y Overpeck, J. (2017). The Twenty First Century Colorado River Hot Drought and Implications for the Future. *Water Resources Research*, 53(3), 2404-2418.
- United Nations-Water (UN-Water). (2013). *Water Security and the Global Water Agenda: A un-Water Analytical Brief*. UN University.
- Upper Colorado River Snowpack Database. (2019). Snowpack in the Upper Colorado Basin [base de datos]. <http://snowpack.water-data.com/uppercolorado/index.php>
- U. S. Census Bureau. (1940). *Sixteenth Census of the United States: 1940. Population. Volume I. Number of Inhabitants*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/33973538v1.zip
- U. S. Census Bureau. (1950a). *Census of Population: 1950. Volume II. Characteristics of the Population. Part 3: Arizona*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/37778803v2p3.zip
- U. S. Census Bureau. (1950b). *Census of Population: 1950. Volume II. Characteristics of the Population. Part 5: California*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/37778768v2p5.zip
- U. S. Census Bureau. (1960a). *Census of Population: 1960. Volume I. Characteristics of the Population. Part 4: Arizona*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/30659681v1p4.zip
- U. S. Census Bureau. (1960b). *Census of Population: 1960. Volume I. Characteristics of the Population. Part 6: California*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/12533879v1p6.zip
- U. S. Census Bureau. (1970a). *Census of Population: 1970. Volume I. Characteristics of the Population. Part 4: Arizona*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/1970a_az-01.pdf
- U. S. Census Bureau. (1970b). *Census of Population: 1970. Volume I. Characteristics of the Population. Part 6: California*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/1970a_ca1-01.pdf

- U. S. Census Bureau. (1980a). *Census of Population: 1980. Volume I. Characteristics of the Population. Chapter A: Number of Inhabitants Part 4: Arizona*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/1980a_azabc-01.pdf
- U. S. Census Bureau. (1980b). *Census of Population: 1980. Volume I. Characteristics of the Population. Chapter A: Number of Inhabitants Part 6: California*. Autor. www2.census.gov/prod2/decennial/documents/1980a_caab-01.pdf
- U. S. Census Bureau. (1990a). *1990 Census of Population: General Population Characteristics. Arizona*. Autor. www2.census.gov/library/publications/decennial/1990/cp-1/cp-1-4.pdf
- U. S. Census Bureau. (1990b). *1990 Census of Population: General Population Characteristics. California. Section 1 of 3*. Autor. <http://www2.census.gov/library/publications/decennial/1990/cp-1/cp-1-6-1.pdf>
- U. S. Census Bureau. (2002a). *Census of Population and Housing Characteristics. Summary Population and Housing Characteristics. Arizona 2000*. Autor. <https://www.census.gov/prod/cen2000/phc-1-4.pdf>
- U. S. Census Bureau. (2002b). *Census of Population and Housing Characteristics. Summary Population and Housing Characteristics. California 2000*. Autor. <https://www.census.gov/prod/cen2000/phc-1-6.pdf>
- U. S. Census Bureau. (2012a). *2010 Census of Population and Housing. Population and Housing Unit Counts. Arizona: 2010*. Autor. <https://www2.census.gov/library/publications/decennial/2010/cph-2/cph-2-4.pdf>
- U. S. Census Bureau. (2012b). *2010 Census of Population and Housing. Population and Housing Unit Counts. California: 2010*. Autor. <ftp://ftp2.census.gov/library/publications/2012/dec/cph-1-6.pdf>
- U. S. Census Bureau. (2020a). *Cumulative Estimates of Resident Population Change and Rankings for Counties in Arizona: April 1, 2010 to July 1, 2019. (CO-EST2019-CUMCHG-04)*. Autor. <https://www2.census.gov/programs-surveys/popest/tables/2010-2019/counties/totals/co-est2019-cumchg-04.xlsx>
- U. S. Census Bureau. (2020b). *Cumulative Estimates of Resident Population Change and Rankings for Counties in California: April 1, 2010 to July 1, 2019. (CO-EST2019-CUMCHG-06)*. Autor. <https://www2.census.gov/programs-surveys/popest/tables/2010-2019/counties/totals/co-est2019-cumchg-06.xlsx>
- Wilder, M., Aguilar-Barajas, I., Pineda-Pablos, N., Varady, R. G., Megdal, S. B., McEvoy, J., Merideth, R., Zúñiga-Terán, A. A. y Scott, C. A. (2016). Desalination and Water Security in the U. S.-Mexico Border Region: Assessing the Social, Environmental and Political Impacts. *Water International*, 41(5), 756-775. doi: doi.org/10.1080/02508060.2016.1166416

- Wilder, M., Garfin, G. A., Ganster, P., Eakin, H., Romero-Lankao, P., Lara-Valencia, F., Cortez-Lara, A. A., Mumme, S. P., Neri, C. y Muñoz-Arriola, F. (2013). Climate Change and U. S.-Mexico Border Communities. En G. Garfin, A. Jardine, R. Merideth, M. Black y S. LeRoy (eds.), *Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment* (pp. 340-384). Island Press.
- Wilder, M., Scott, C. A., Pineda-Pablos, N., Varady, R. G., Garfin, G. M. y McEvoy, J. (2010). Adapting Across Boundaries: Climate Change, Social Learning, and Resilience in the U. S.-Mexico Border Region. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4), 917-928.
- Witter, S. G. y Whiteford, S. (1999). Water Security: The Issues and Policy Challenges. En S. G. Witter y S. Whiteford (eds.), *Water Policy: Security Issues* (pp. 1-25). (International Review of Comparative Public Policy. Vol. 11). JAI Press.

La (in)justicia ambiental en el río Sonora

Fernanda Ibarra / José Luis Moreno

Introducción

El 6 agosto de 2014 ocurrió una emergencia química más de las registradas en México por la falta de una política pública integral para prevenir las y controlarlas (Albert y Jacott, 2015). Esta emergencia tuvo como responsable a la compañía minera Buenavista del Cobre (BVC), en Cananea, cuyo derrame de 40 000 m³ de sulfato de cobre acidulado, vertidos a los ríos Bacanuchi y Sonora, afectó a dichas corrientes de agua y a una población estimada de 22 000 personas. La autoridad correspondiente lo consideró el peor desastre ambiental de la industria minera en el país, y su desenvolvimiento originó uno de los conflictos sociales más relevantes de la última década en la entidad relacionados con el recurso agua (Moreno, 2019).

A seis años de la contingencia, mucho es lo que se ha escrito e investigado sobre el tema, pero poco lo que se ha logrado en cuanto a la reparación de los daños a la población y al ambiente. Aun cuando, desde el año 2013, se cuenta con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) para tal efecto, no fue aplicada por las autoridades, dando lugar a la implementación de estrategias disuasorias, como la creación del Fideicomiso Río Sonora (FRS) y la promulgación de la Ley que crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora (ZEERS). Mientras esto sucedía, una parte de la población afectada se organizó y conformó los llamados Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS), que llevan a cabo una lucha socio-legal para alcanzar la justicia ambiental y la reparación, remediación y compensación del daño ambiental. A pesar de los obstáculos judiciales y administrativos, la lucha se mantiene vigente hasta la fecha, llegando a ser un asunto que está actualmente en manos de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN). En septiembre de 2018, el Máximo Tribunal resolvió a favor de los afectados el juicio relacionado con la consulta y participación pública en la construcción de la nueva

presa de jales de la empresa BVC. En ese mismo sentido, en enero de 2020, se pronunció respecto al tema relacionado con el FRS. Ambos asuntos se encuentran en vías de cumplimiento, mientras otros siguen pendientes de resolución.

En un artículo previo, Ibarra y Moreno (2017) analizaron tres casos de demandas de amparo y describieron los hechos más relevantes del conflicto social en los años 2014-2017. Se mostró la importancia económica de la empresa BVC, subsidiaria de Grupo México, y su proceso de expansión, que inició en el año 2010 y culminó en 2017, con el propósito de duplicar la capacidad de producción de cobre; el contexto político-electoral en el que ocurrió el derrame; la falta de atención a las demandas de la población afectada y los mecanismos existentes en la legislación mexicana para que la población pueda acceder a la justicia ambiental. Las demandas analizadas fueron en materia de manejo de residuos peligrosos, de consulta y participación pública en la construcción de la nueva presa de jales, y los parámetros de calidad del agua que aplica la normatividad mexicana. Se concluyó que el conflicto social continuaba latente y que las resoluciones judiciales omitían incorporar aspectos básicos de justicia ambiental, vulnerando los derechos fundamentales de los habitantes de la región.

Este capítulo tiene como objetivos: *a*) describir los hechos más relevantes ocurridos en el contexto social y político en el período 2017-2018; *b*) revisar las investigaciones más importantes realizadas sobre el tema en la región; *c*) actualizar los avances de las tres demandas de amparo; y *d*) analizar otras dos demandas de amparo relacionadas con los mecanismos de respuesta ante el derrame (FRS y ZEERS). La selección de los asuntos obedece al grado de avance de los mismos y a la relevancia de las determinaciones que se han emitido en tales procedimientos judiciales hasta principios de 2020.

La metodología utilizada se basó en la consulta de la base de datos de la Dirección General de Estadística Judicial del Consejo de la Judicatura del Poder Judicial de la Federación, en los documentos publicados en los sitios web de la SCJN y del FRS, así como en la revisión de información hemerográfica, normativa y bibliográfica.

El objetivo del trabajo es demostrar que el marco legal en materia ambiental es insuficiente y que las resoluciones judiciales, aun cuando han venido adoptando algunos principios constitucionales y criterios del derecho internacional, todavía actúan con un excesivo formalismo que retrasa el acceso a la justicia. Además, se pone en evidencia el cambio de los elementos que conforman el entorno legal y político, como consecuencia de las resoluciones que está emitiendo la SCJN, paralelo a los resultados electorales de julio de 2018.

Para lograr lo anteriormente expresado, se analiza el caso del río Sonora a la luz del concepto de justicia ambiental, por considerar que éste incorpora tres dimensiones relevantes: la primera, relacionada con elementos teóricos que permiten identificar procesos

de discriminación en el acceso a los recursos naturales, así como las cargas de contaminación o pasivos ambientales; la segunda alude al conjunto de procesos y procedimientos de carácter jurídico que se ejercen para proteger y garantizar el medio ambiente sano; y, la tercera permite visibilizar esas acciones colectivas que denuncian y critican la forma en que se gestionan los recursos naturales (Ruiz, 2016).

Desde la óptica procesal, la justicia ambiental analiza qué tan correctos son los procedimientos que se utilizan y las normas que se aplican, así como la legitimidad de las instituciones, evidenciando los diversos discursos del poder político y económico que influyen en las determinaciones legales. El caso del río Sonora permite identificar y analizar todas estas dimensiones.

El contexto social y político

En el período 2017-2018, entre los rasgos del conflicto social, destaca la desaparición de las protestas, los bloqueos y las manifestaciones característicos de los dos primeros años. No obstante, una parte de la población continuó la lucha socio-legal a través de los CCRS, con la asesoría y el acompañamiento de la organización Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER, por sus siglas en inglés). Entre sus acciones resaltan el seguimiento de las visitas de los observadores de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la publicación de documentos e informes, como el presentado al relator especial Baskut Tuncak, en mayo de 2018 (CCRS-PODER, 2018), y la difusión en medios de comunicación de las actividades que realizan o de los análisis de coyuntura escritos por el abogado Luis Miguel Cano en la revista *Proceso* (Cano, 2017a, 2017b, 2018).

Otro rasgo de este conflicto fue el reclamo de la población afectada por la extinción del FRS en febrero de 2017, el cual sólo ejerció 60 por ciento del dinero comprometido por la empresa minera para remediar los daños. Al respecto, se argumentó falta de transparencia en la ejecución de los recursos y el incumplimiento de los fines para los que fue creado (Salvatierra *et al.*, 2018). Aquí sobresale lo relacionado con la falta de construcción de las plantas potabilizadoras y la clínica de salud. De las 36 plantas prometidas, solamente se construyeron cinco (en Banámichi, San Felipe de Jesús, La Capilla, Mazocahui y San Rafael), las cuales fueron *inauguradas* en marzo de 2018, pero ninguna funciona en la actualidad. Tampoco funcionan las cuatro plantas potabilizadoras *móviles*, como lo reveló el informe entregado a la ONU (CCRS-PODER, 2018).

En el mismo sentido, no se concluyó la construcción de la clínica de salud en Ures, sino que sólo existe la obra negra. Otro asunto pendiente es la investigación anunciada por la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) a unos días de ocurrido el

derrame en agosto de 2014. Sin explicación alguna, a la fecha no existe recomendación sobre este caso por parte del organismo nacional.

Las amenazas a la población fueron consignadas en el informe a la ONU (CCRS-PODER, 2018), señalando a los presidentes municipales de Aconchi y Banámichi como los ejecutores de acciones de represalia en contra de quienes han firmado como quejosos en los amparos.

En el marco de las elecciones de julio de 2018, la postulación del dirigente nacional del sindicato minero, Napoleón Gómez Urrutia, como candidato a senador por la vía plurinominal por el partido Movimiento de Regeneración Nacional (Morena), provocó una reacción de Grupo México en contra del entonces candidato presidencial, Andrés Manuel López Obrador. En un comunicado a la opinión pública, apuntó que «nos extraña» la nominación del líder minero que «representa a menos del 10% de los trabajadores de la industria minera y se ha caracterizado por pretender desestabilizar a dicha industria y usar a sus trabajadores para beneficio propio» (*La Jornada*, 2018, p. 19). Un mes después, en una carta dirigida a sus empleados, colaboradores y accionistas, su presidente Germán Larrea expresó que, ante las dos propuestas de modelo económico-político —el populista y el de libre mercado—, solicitaba salir «libremente a votar con inteligencia y no con el enojo que hoy todos compartimos» por la corrupción, la impunidad y la falta de seguridad, cuya solución no la dará el modelo populista, sino «la estricta aplicación de la ley sin distinción alguna». Se pronunció por un país donde «el estado de derecho prevalezca como valor fundamental para impartir la justicia por igual» (*Milenio Digital*, 2018, s. p.).

Lamentablemente para el magnate, la población votó de forma mayoritaria por el candidato y el modelo que no eran de su preferencia. Después del triunfo de Morena y sus candidatos en el país y en el estado de Sonora, Germán Larrea emitió un comunicado de felicitación a López Obrador. Coincidió y oyó con beneplácito su discurso inaugural como presidente electo, y recibió «con entusiasmo sus manifestaciones para el fortalecimiento de la legalidad y del Estado de Derecho» (*Reforma*, 2018, p. 13).

El resultado de las elecciones de 2018 modificó la correlación de las fuerzas políticas en la región, la actitud de las dependencias de gobierno y la estrategia seguida hasta ahora por el Grupo México. Los triunfos de Morena con la postulación del dirigente minero y de Reina Castro Longoria, profesora-investigadora de la Universidad de Sonora, como senadora suplente en Sonora, ofrecen nuevos caminos en la atención de las demandas de la población afectada y el cumplimiento de los compromisos asumidos por las autoridades y la empresa.

En sentido contrario, cabe señalar que Morena no ganó las presidencias municipales ni la diputación local de la región del río Sonora, a pesar de los resultados positivos

obtenidos en la elección de presidente, senadores y diputados federales. El diputado local ganador fue el profesor Fermín Trujillo, por la coalición Partido Revolucionario Institucional (PRI)-Partido Verde Ecologista de México (PVEM)-Nueva Alianza, quien fue uno de los impulsores de la ZEERS. A su vez, en el municipio de Cananea triunfó un candidato independiente. Se estima que otros actores sociales tendrán influencia en la solución a la problemática del río. Entre ellos se encuentran el senador Alfonso Durazo Montaña y la diputada federal Lorenia Valles, quienes formaron parte de la Comisión Especial del Río Sonora, creada en 2014 por el Congreso Federal. Igualmente, el partido que los postuló se comprometió a «castigar a los responsables de la contaminación del río Sonora», además de brindarles «justicia» a los habitantes del río y «restaurar el equilibrio perdido del medio ambiente» (*Morena Sonora*, 2017, s. p.).

En lo que corresponde a los trabajos de la Comisión Intersecretarial para atender los temas de la ZEERS, se aprobaron los primeros siete proyectos productivos para la región. Se trata de obras y equipo relacionados con la industrialización de cacahuete y un molino-mezcladora para alimentos balanceados en Baviácora, así como corrales para el manejo de ganado en Bacoachi. Sólo dos proyectos se vinculan con el agua: la rehabilitación de la red de alcantarillado en la comunidad de Delicias y el aumento de la capacidad de conducción eléctrica para la planta potabilizadora en Banámichi (*Expreso*, 2018). Para el ejercicio fiscal 2018, la inversión estatal contemplada en el presupuesto de egresos para los ocho municipios de la zona fue de 49 millones de pesos, monto al que se suman las participaciones y aportaciones federales a dichos municipios por 120 millones de pesos (Gobierno del Estado de Sonora, 2017).

Un hecho que vale la pena mencionar es la aplicación de los recursos del Fondo Minero para el Desarrollo Regional Sustentable, creado en 2013, en el que no están incluidos los siete municipios del río Sonora afectados por el derrame de 2014. La mayor cantidad de recursos se han invertido en el municipio de Cananea, cuyo territorio no fue afectado directamente por la contingencia. Entre 2014 y 2016 se invirtieron en este municipio un total de 572 millones de pesos en la construcción y mejora de obra pública (drenaje, red eléctrica, pavimentación de calles, carreteras, remodelación de edificios). En este caso, como en el resto de los principales municipios mineros de la entidad, los proyectos de inversión aprobados no tienen relación alguna con la remediación o restauración de los servicios ambientales que se pierden como consecuencia de la actividad minera.

Además de los informes antes citados de la organización PODER y de Fundar, Centro de Análisis e Investigación, en los últimos dos años se publicaron dos artículos que dan cuenta de la desvinculación entre la política de protección civil y la ambiental en el caso del derrame de 2014 (Toscana-Aparicio y Canales-Hernández, 2017), así como

sobre el estado de amenaza y vulnerabilidad en el que se encuentra la vida acuática en el río Sonora (Díaz *et al.*, 2018). Otros artículos mostraron la falta de regulación estatal y la ineficiencia en materia de servicios públicos al analizar los casos del incendio de la guardería ABC, en Hermosillo, y del derrame de la mina de cobre en Cananea (Jones *et al.*, 2018), al igual que los diferentes niveles de contaminación en los sedimentos de los ríos Sonora y Bacanuchi por metales pesados, cuya alta movilidad y biodisponibilidad representan un peligro para la biota (León-García *et al.*, 2018).

También se conoció públicamente el informe final de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2016) que documenta la existencia de daños a los ecosistemas y recursos naturales en los ríos Bacanuchi y Sonora ocasionados por el derrame, el análisis de Lamberti (2018) a la gestión del Fideicomiso Río Sonora y sus fallas, y la tesis de maestría de Fernanda Ibarra (2018) que analiza la defensa legal de las comunidades de la cuenca del río Sonora y los procedimientos de organización, información y judicialización del conflicto.

En mayo de 2018, la página web del Fideicomiso Río Sonora publicó información adicional sobre el derrame. Sobresalió el resumen del Libro Blanco, que contiene las acciones realizadas por funcionarios públicos federales y empleados del Grupo México para la atención de la contingencia (FRS, 2018). También se publicó una tabla escueta que mostró los conceptos en los cuales se gastó 40 por ciento de los recursos faltantes del Fideicomiso: 282 millones de pesos en apoyos sociales y limpieza del río, 116 millones en estudios y análisis ambientales, 350 millones en un Programa de Vigilancia Epidemiológica, monitoreo (agua, aire y suelos), reforestación y protección de vida animal, y 35 millones en plantas con sistema de ultrafiltración. En total, 784 millones de pesos. Según el análisis de Lamberti (2018), debido a la falta de transparencia, no se puede saber si efectivamente la empresa gastó esa cantidad de dinero ni si fue en esos rubros.

La defensa legal

En total, los CCRS han promovido 14 juicios de amparo. En Ibarra (2018) se presenta un análisis detallado, hasta marzo de 2018, de cada uno de ellos. A continuación, presentamos el estado en el que se encuentran actualmente seis juicios de amparo.

Juicio de amparo sobre falta de consulta y participación pública en la construcción de la nueva presa de Jales

En relación con este juicio de amparo (Amparo indirecto 86/2016, 2016), la jueza de Distrito determinó sobreseer el juicio, argumentando una causal de improcedencia

relativa a la falta de interés legítimo; según su opinión, los promoventes no lograron acreditar dicha situación, pues sostuvo que las cartas de residencia exhibidas no eran suficientes para satisfacer tal requisito. Además, según su criterio, no demostraban que en su localidad se estuviera resintiendo una afectación. La citada juzgadora se remitió al oficio de resolución del proyecto minero denominado «Nueva Presa de Jales para Buenavista del Cobre», emitido por el delegado federal en Sonora, dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en el cual se señala que la construcción de la presa se autorizó para llevarse a cabo en el municipio de Cananea, Sonora, y no en el municipio de Arizpe, Sonora (al cual pertenece la comunidad de Bacanuchi, en donde aluden residir los quejosos).

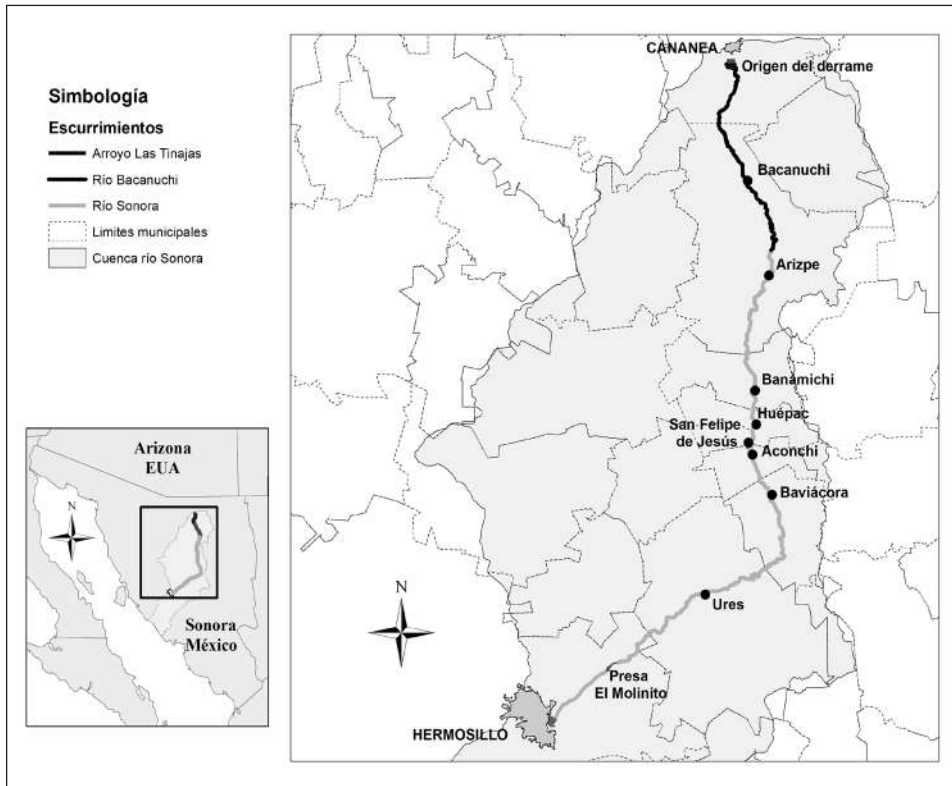
Por ello, lejos de toda lógica y conocimiento geográfico del entorno respecto al cual resolvía, determinó en su resolución:

la parte quejosa debió acreditar que su residencia se encuentra en el territorio afectado por la construcción de la «Nueva Presa de Jales para Buenavista del Cobre», esto es en Cananea, Sonora, y al no haberlo hecho no puede tenerse por demostrado su interés legítimo para reclamar los actos consistentes en la omisión de las responsables para realizar una consulta y efectiva participación informada de los integrantes de la comunidad de Bacanuchi, Sonora (Resolución del juicio de amparo 86/2016, 2016, p. 28).

El error fundamental de la jueza de Distrito consistió en asumir que el territorio afectado por la construcción de la presa de jales fue únicamente el municipio de Cananea, pues –como se evidenció durante el derrame del 6 de agosto de 2014– son las comunidades río abajo las que sufren las mayores afectaciones por este tipo de infraestructuras; e incluso la citada comunidad de Bacanuchi fue reconocida como una de las más afectadas en dicho suceso (véase mapa 1). Con su resolución, la jueza se alejó de los principios *pro persona* y *pro actione*,¹ que debieron imperar durante el procedimiento, pues llegó al absurdo de pretender que los promoventes demostraran lo que es un hecho notorio: que la ciudad de Cananea y la comunidad de Bacanuchi colindan geográficamente, y que la construcción de una presa de jales en las inmediaciones de la ciudad implica un riesgo y una afectación para las comunidades río abajo, como es el caso de Bacanuchi.

¹ Estos principios consisten en que, ante dos o más posibles interpretaciones, los operadores judiciales deben inclinarse hacia la más favorable para la persona y para mantener vigente la acción legal promovida, interpretando integralmente la norma en razón de la naturaleza del derecho humano consagrado y de la finalidad de la acción legal. Son criterios de interpretación extensiva, cuando se trate de derechos protegidos; e inversamente, a la norma o a la interpretación más restringida, cuando se trate de establecer límites para su ejercicio. Así, obliga a interpretar las normas en forma no rigorista, en aras de proteger lo más que se pueda al titular del derecho humano.

Mapa 1. Municipios del río Sonora afectados por el derrame



Fuente: Ibarra y Moreno (2017).

Al respecto, cabe aclarar que la resolución de primera instancia fue emitida por la jueza Novena de Distrito en noviembre de 2016; sin embargo, en mayo de 2018, al resolver otro juicio de amparo (Juicio de amparo 185/2015, 2015), igualmente relacionado con el derrame en el río Sonora, la misma autoridad jurisdiccional cambió su criterio por uno mucho más inclusivo y con nuevas argumentaciones, pues desestimó las causales de improcedencia señaladas por las autoridades responsables, relacionadas con el interés legítimo, señalando que los quejosos sí acreditaban (con cartas de residencia o con credenciales de elector) residir en comunidades y municipios colindantes con la ciudad en la que se había corroborado la afectación; por lo tanto, era evidente que se afectaba de forma indirecta su acceso al derecho a un medio ambiente sano. Esto revela la ambigüedad de las determinaciones, incluso cuando son efectuadas por un mismo juzgador,

y evidencia la necesidad de que se sustenten y apliquen criterios de homologación para tales temáticas. En este caso particular, el segundo criterio es mucho más congruente con los principios de justicia ambiental y con el marco legal vigente, que incorpora a los derechos humanos como eje rector.

Sin embargo, al momento de resolver el asunto que aquí se analiza, se propició un retraso en la administración de justicia para los afectados, quienes debieron interponer un recurso de revisión (Recurso de revisión 196/2017, 2017) para que el Tribunal Colegiado de Circuito (TCC) analizara la citada resolución. Al resolver, el Tribunal advirtió que les asistía la razón a los promoventes del amparo, pues la determinación de la jueza de Distrito era ilegal, ya que existían elementos suficientes para demostrar que los actos reclamados eran susceptibles de producir afectaciones irreparables a los derechos humanos (específicamente reconoció los relacionados con salud y medio ambiente). En sustento de su determinación, el citado Tribunal manifestó:

la ubicación en la que se aprobó dicha cimentación (de la presa de Jales), esto es, en la ciudad de Cananea, Sonora, podría estar repercutiendo de manera plausible a su comunidad, alterando, como se dijo, su entorno y la salud de los pobladores de Bacanuchi, perteneciente a Arizpe [...] con independencia de que la edificación y operación de la presa de Jales no se ubique en el propio municipio [...] la comunidad a la que pertenecen los quejosos, es adyacente de aquélla, pues colinda al norte con dicha localidad, y se encuentra río debajo de la misma, por lo que sus operaciones pudieran repercutir en grado preponderante los derechos humanos que aducen los son vulnerados (Recurso de revisión 196/2017, 2017, p. 16).

El Tribunal llegó a dicha conclusión después de analizar el objetivo de la presa de Jales, a través de la información brindada mediante el informe justificado y la resolución de autorización de impacto ambiental que se emitió respecto a dicho proyecto, así como del análisis del contenido de la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003.² Incluso, concluyó que el derrame de agosto de 2014 debió tenerse como hecho notorio por la propia juzgadora, dada su trascendencia nacional; por tal razón, consideró demostrado el interés legítimo de los quejosos y, por ende, levantó el sobreseimiento decretado para tal asunto.

Atendiendo a la importancia y trascendencia del tema, el Tribunal resolvió solicitar a la SCJN que ejerciera su facultad de atracción para que fuera precisamente ésta quien se pronunciara sobre los conceptos de violación planteados, los cuales versaban sobre actos

² Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de presas de jales.

y omisiones de la Semarnat (su Delegación en Sonora y la Unidad de Gestión Ambiental de la Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales de la Delegación), consistentes en: *a)* la emisión de la autorización de impacto ambiental a favor de la empresa BVC, para que se construyera y operara una nueva presa de jales; y *b)* la omisión de asegurar la participación efectiva de quienes habitaban en la comunidad de Bacanuchi (adyacente a la localización de la presa de jales) previo a la emisión de tal autorización. El Tribunal aludió a los hechos del 6 de agosto de 2014, situación que ha originado que «la comunidad a la que pertenecen [los quejosos], ha[ya] adquirido conciencia³ para que se les tome en cuenta en todo lo referente a la operación de las instalaciones de la minera» (Resolución amparo en revisión administrativa 196/2017, 2017, p. 25).

El Tribunal justificó su solicitud a la SCJN aludiendo a que resultaba de interés, pues el asunto que se sometía a estudio se dirigía a preservar derechos humanos. Pidió que se pronunciara específicamente sobre la inconformidad esencial planteada por los quejosos: «si previamente a emitir una autorización la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o el organismo que le corresponda, debe otorgar participación efectiva a los poblados adyacentes que se puedan ver perjudicados con la construcción y operación de la nueva presa de jales de la minera» (Resolución amparo en revisión administrativa 196/2017, 2017, p. 49).

En este contexto, argumentó el Tribunal Colegiado que la resolución de la SCJN era trascendental para construir un criterio novedoso y determinante para la sociedad en general, que se encuentra expuesta a verse inmersa en una situación similar.

El 11 de abril de 2018, la Segunda Sala de la SCJN resolvió ejercer su facultad de atracción para conocer el citado juicio de amparo (Solicitud de ejercicio de la facultad de atracción 46/2018, 2018), pues consideró que:

su análisis preliminar permite establecer que algunos de los temas revisten un interés relevante, en tanto es menester establecer el alcance que tiene el derecho a la consulta previa, en tratándose del derecho a un medio ambiente sano, respecto de los miembros de una comunidad que, pese a no residir en el lugar donde se generan los actos objeto de la consulta, pueden verse afectados de manera cualificada, con la autorización o construcción de obras que tengan injerencia en la hidrogeología de su comunidad (Resolución de la solicitud de ejercicio de la facultad de atracción 46/2018, 2018, p. 14).

³ En una investigación anterior, Ibarra (2018) documentó la toma de conciencia que aquí refiere el citado Tribunal, en la cual se advierte que el derrame efectivamente ha fungido como un detonante para que la sociedad de la cuenca del río Sonora, especialmente la que se ha integrado a los CCRS, haya iniciado su propio proceso emancipatorio hacia un empoderamiento, mediante el cual sostiene estrategias legales para transformar su entorno.

Además, la Segunda Sala reconoció el deber del Estado de garantizar recursos efectivos para salvaguardar el derecho al medio ambiente, expresamente consagrado en el principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, según el cual se debe interpretar de manera amplia el derecho al iniciar una demanda en asuntos ambientales, en aras de lograr el acceso efectivo a la justicia. La SCJN sostuvo la importancia, para el orden jurídico nacional, de pronunciarse acerca del alcance y la operabilidad que tiene el acceso al recurso efectivo para salvaguardar el derecho humano al medio ambiente sano.

El 5 de septiembre de 2018, la SCJN, a través de su Resolución amparo en revisión 365/2018 (2018), determinó que: «La Justicia de la Unión AMPARA Y PROTEGE» (p. 38) a los habitantes de las comunidades del río Sonora, reconociendo por primera vez la participación de comunidades no indígenas en asuntos de interés público relacionados con el medio ambiente, pues concluyó:

el hecho de que las autoridades responsables no hubieran consultado a los integrantes de la comunidad de Bacanuchi previo a la emisión de la autorización otorgada a la tercera interesada para construir y operar una presa de jales mineros [...] viola el derecho de los demandantes a participar de manera informada en aquellos asuntos que pudieran afectar su derecho al medio ambiente sano (Resolución amparo en revisión 365/2018, 2018, p. 36).

La propia resolución estableció los efectos de dicha concesión, sintetizándolos en tres puntos: *a*) reunión pública: en la que se explique a los habitantes de Bacanuchi los aspectos técnicos de la construcción de la obra, los posibles impactos de su operación y las medidas de prevención y mitigación que se proponen implementar; *b*) manifestación pública: ordena que se les brinde la oportunidad a los pobladores de Bacanuchi de manifestar preocupaciones y sugerencias y de que las autoridades tomen en cuenta sus opiniones; *c*) daño: las autoridades deben usar todos los medios para evitar que dicha obra genere daños significativos (Resolución amparo en revisión 365/2018, 2018).

Sin embargo, pese a las múltiples aportaciones de la resolución, los quejosos advirtieron que ésta no especificaba expresamente la cancelación de la autorización de la presa de jales, aun cuando sí determinaba que su emisión fue violatoria de los derechos de participación pública de los habitantes de la comunidad de Bacanuchi. Ante ello, solicitaron una aclaración de sentencia para precisar el alcance específico de los efectos del amparo concedido, lo que les permitirá estar en condiciones de exigir la invalidación del permiso ilegalmente emitido, mientras se cumple con el procedimiento de consulta ordenado.

A pesar de las *ambigüedades* expuestas por los quejosos, la sentencia de la SCJN es histórica, al ampliar el alcance de los derechos de participación en dos aspectos

fundamentales: en principio, supera el criterio que anteriormente limitaba este derecho a cuestiones de índole política, incluyendo la temática de medio ambiente; y, por otro lado, expande su salvaguarda a ciudadanos que no se reconocen como indígenas, dado que hasta ese momento sólo se había pronunciado por el derecho a la «consulta pública» para tales comunidades.

Estas nuevas determinaciones obedecen a un análisis trascendental que lleva a cabo la Segunda Sala, de acuerdo con el principio de conformidad,⁴ invocando las disposiciones del marco normativo nacional que dieron sustento a la autorización reclamada e incorporando diversos instrumentos internacionales (incluso algunos no vinculantes, que aplica como «criterios orientadores»⁵ y precedentes (de la propia SCJN y de la Corte Interamericana de Derechos Humanos [CIDH]). Al hacer un estudio de todos ellos, es necesario evidenciar algunas determinaciones expuestas en la citada resolución: *a*) toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano y la norma que lo contiene debe contar con plena eficacia legal, pues goza de una *verdadera fuerza jurídica*, que posibilita a la autoridad judicial a revisar si efectivamente las autoridades actúan para garantizar la plena realización de tal derecho, mediante el cumplimiento de su obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos; *b*) toda persona tiene derecho al libre acceso a la información plural y oportuna, y su ejercicio se vincula con los derechos de participación, al tenor de los principios de publicidad y transparencia.

Lo anterior queda asentado por la Segunda Sala, pues concluye:

los instrumentos internacionales [...] giran en torno a la idea fundamental de que toda persona debe tener acceso adecuado a la información medioambiental, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones desde las primeras etapas, con objeto de tener una influencia real en la toma de medidas que puedan tener por objeto afectar su derecho a un medio ambiente sano [...] este Alto Tribunal llega a la conclusión de que el derecho a la participación no se restringe a participar en asuntos políticos [...] sino que incluye la posibilidad de incidir en la discusión relativa

⁴ Este principio parte del reconocimiento de la supremacía de las normas constitucionales y de aquellas previstas en tratados internacionales (de los que México es parte) que versen sobre derechos humanos; es decir, con independencia del rango jerárquico que una norma pueda tener, si versa sobre un derecho humano, pertenece a este «bloque de constitucionalidad», que sirve de parámetro para la interpretación del resto de las normas del ordenamiento jurídico mexicano.

⁵ Específicamente, la Segunda Sala aplica y hace alusión a los siguientes instrumentos internacionales: Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales «Protocolo de San Salvador»; Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos; Convención Americana Sobre Derechos Humanos; Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo; Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte; Convenio de Aarhus; Directrices de Bali, y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

a políticas y proyectos medioambientales, especialmente, cuando estos les afecten a los ciudadanos (Resolución amparo en revisión 365/2018, 2018, p. 34).

La Segunda Sala preponderó la relevancia de múltiples regulaciones internacionales, considerándolas «criterios orientadores» y, con ello, esta resolución sentó las bases para la aplicación de tales instrumentos, que comúnmente han desarrollado con mayor eficacia los principios rectores de justicia ambiental. Esta decisión resulta de suma importancia ante la reciente firma del primer tratado ambiental vinculante para América Latina, el «Acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe»,⁶ cuya ratificación se percibe factible en los próximos meses. La adopción de sus principios será obligatoria en México, construyendo bajo sus principios rectores el marco de justicia ambiental.

Sin duda, la resolución de la SCJN finca un precedente relevante que forja un nuevo camino para los asuntos que pugnan por una debida participación. Incluso, al resolver múltiples amparos promovidos por los CCRS, será también un referente a considerar, pues son varios los que contienen dentro de sus actos reclamados la exigencia por hacer efectivo el citado derecho.

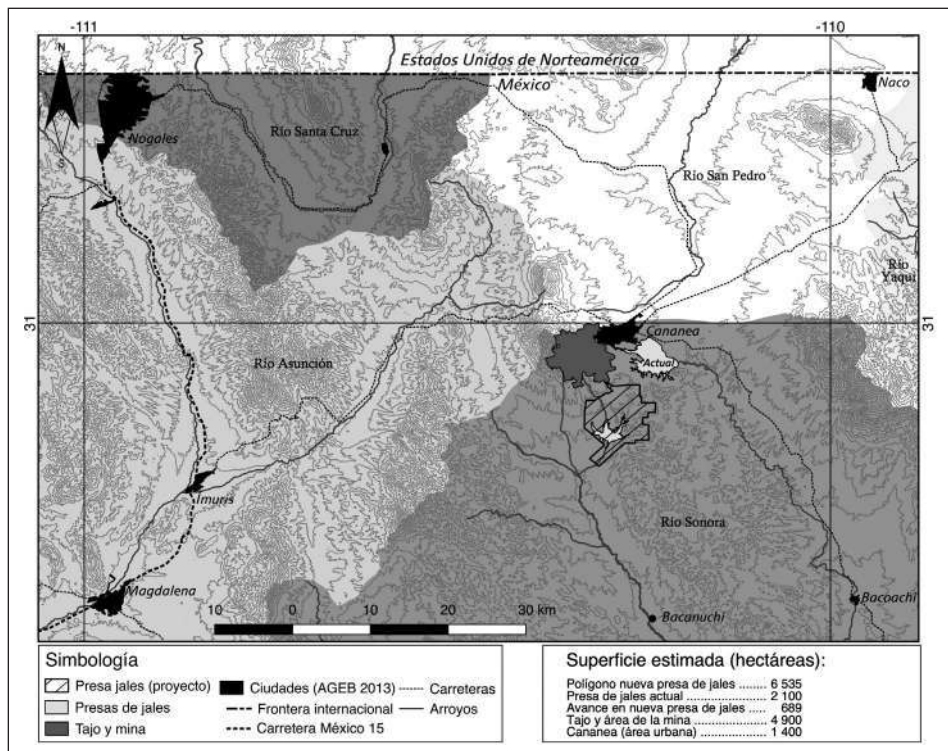
En el mapa 2 se muestra una estimación del área geográfica que ocupará la citada presa de jales cuando se concluya su construcción, con base en el polígono que contiene el informe preventivo 26SO2013MD082 (BVC, 2013) presentado por la empresa minera a la Semarnat. Como se observa, la extensión territorial es tres veces mayor (6 535 ha) a la que ocupa la presa de jales actual (2 100 ha), representando una obra de alto riesgo para la comunidad de Bacanuchi y las demás situadas aguas abajo en el curso del río Sonora, incluida la ciudad de Hermosillo. De acuerdo con el anteproyecto de Grupo México, la superficie total de la cuenca de captación de la presa será de 7 200 ha, pero el área ocupada por los jales será de 4 000 ha (es decir, el doble de la actual). La presa tendrá una altura máxima de 200 m (que se alcanzará en aproximadamente 40 años), la longitud de la cortina será de 10 km y almacenará 100 000 toneladas diarias de molienda de *geomaterial natural* (Orozco y Muhech, 2012).

Conviene resaltar que la ciudad de Cananea y las instalaciones mineras se ubican en su mayor parte en los afluentes del río Sonora, en México, y una pequeña parte en los

⁶ Es el único tratado emanado de la Declaración de Río. Es un instrumento sin precedentes, liderado para su constitución por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), con la participación pública y el trabajo de más de 30 países que durante seis años dieron forma al contenido del citado Acuerdo (conocido también como de Escazú). Fue abierto para firma el 27 de septiembre de 2018, momento en el que 15 países (incluido México) se adhirieron al mismo. Hasta el momento ha sido ratificado por nueve de ellos, la ratificación de México se encuentra pendiente.

afluentes del río San Pedro, que fluye hacia Estados Unidos. Por su ubicación en una zona cercana también a los afluentes del río Asunción, y a las cuencas de los ríos Santa Cruz y Yaqui (que nacen también en Estados Unidos), puede advertirse la importancia de este complejo urbano-minero en términos de la conservación y protección de los recursos hidrológicos en la zona fronteriza que comparten ambos países.

Mapa 2. Nueva presa de jales de Buenavista del Cobre en Cananea



Fuente: Navarro-Navarro (2018).

Juicio de amparo sobre la ausencia del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos

Mediante una respuesta de solicitud de acceso a la información se tuvo conocimiento de que la empresa BVC se mantenía en operaciones sin contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, Modalidad Registro de Plan de Manejo de Residuos de la Industria Minero-Metalúrgica, debida y oportunamente aprobado por la Semarnat, pues –desde mediados de 2012– la empresa BVC solicitó prórroga para entregar la información faltante y a dicho trámite nunca se le dio seguimiento por parte de la autoridad.

Por lo que respecta a este juicio de amparo (Amparo indirecto 144/2015, 2015), se sostuvo la determinación de la empresa minera BVC únicamente como tercera interesada. Se sobreseyó el juicio aludiendo una causal de improcedencia relacionada con que los quejosos señalaron en su demanda de amparo sólo a la Semarnat como autoridad responsable, la cual, al rendir su informe justificado, negó los actos reclamados, argumentando que no era ella, ni el secretario de tal entidad, quien gozaba de las atribuciones necesarias para efectuar los actos omisivos señalados como reclamados; sino que era una de sus direcciones, de acuerdo con el Reglamento Interior de la citada autoridad ambiental, específicamente la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. Con base en lo anterior, la jueza de Distrito consideró procedente sobreseer el juicio, aludiendo a que los quejosos no habían desvirtuado la citada negativa de Semarnat y, con ello, se sostenía la inexistencia del acto reclamado, por lo que no era posible analizar su constitucionalidad.

Esta determinación de sobreseimiento, en la que se evitó analizar la problemática de fondo, dio lugar a la interposición de un recurso de revisión (Recurso de revisión 97/2018, 2018) para que el superior jerárquico (TCC) analizara dicha resolución, pues, según los quejosos, de la integralidad de la demanda se advertía que era a tal entidad a quien se le atribuía el acto reclamado, situación que debió advertir el juzgador de primera instancia, en aras de favorecer la procedencia del juicio, o en su caso, debió solicitar una aclaración de la demanda misma, no denegar el acceso a la justicia mediante el sobreseimiento. Este argumento fue retomado por el TCC al determinar la revocación del sobreseimiento y ordenar reponer el procedimiento; ello conllevó a que, después de más de tres años, este juicio regresara a su etapa inicial, durante la aclaración de demanda, sin analizar el fondo del asunto, hasta que, en enero de 2019, se emitió resolución amparando parcialmente a los quejosos, por lo cual se interpusieron nuevos recursos de revisión que se encuentran actualmente pendientes de resolución.

Juicio de amparo relacionado con los parámetros de calidad del agua

Por lo que respecta a este juicio de amparo (Amparo indirecto 834/2015, 2015), en el que se analizó la aplicación de la normatividad mexicana, que dispone de parámetros incongruentes de calidad del agua en relación con los estándares internacionales, se dictó una resolución que negó la solicitud de modificación (Ibarra y Moreno, 2017). No obstante, se interpuso un recurso de revisión (Amparo en revisión 85/2018, 2018) para que el TCC analizara la sentencia, especialmente respecto a las temáticas que entorpecieron el acceso a la justicia en dicho procedimiento, relacionadas con la inconstitucionalidad de las normas oficiales mexicanas, la ausencia de valoración de las pruebas documentales

exhibidas por los quejosos (en las cuales se demuestra lo incorrecto de la metodología llevada a cabo durante el programa de monitoreo de calidad del agua) y la carga probatoria impuesta a los quejosos con el fin de exhibir pruebas periciales para demostrar la calidad del agua de los pozos inspeccionados. En este asunto se ejerció también la facultad de atracción de la SCJN.

Además de los tres asuntos relatados, la mayor parte de los juicios que se promovieron durante el período 2015-2016, que son los que se relacionan directamente con el derrame de agosto de 2014, han sido resueltos en primera instancia, en su mayoría bajo la determinación del sobreseimiento, argumentando diversas causales de improcedencia (falta de interés legítimo, inexistencia de los actos reclamados o consumados de forma irreparable). Si bien es cierto, su estudio es de oficio y preferente por ser de orden público, en los asuntos relacionados con el caso del río Sonora se han utilizado incongruentemente, pues incluso algunas determinaciones son contrarias entre sí, lo que ha sido evidenciado por los TCC en los asuntos en revisión ya resueltos, mismos que tildan de ilegales algunos de los sobreseimientos decretados. Por ello, se afirma que las causales de improcedencia invocadas han fungido como un impedimento para que se analice el fondo del asunto; es decir, poco se ha avanzado respecto a las temáticas esenciales de dichos procedimientos relacionadas con aspectos de vulneración de los derechos humanos de los promoventes.

De lo anterior se advierte la complejidad de los asuntos ambientales ante la cual se enfrentan los colectivos afectados, pues es evidente la tendencia de los jueces de Distrito a sobreseer los mismos para no pronunciarse sobre los conceptos de violación expuestos; así como también queda claro el reconocimiento en los TCC de la trascendencia de sus determinaciones, que han incentivado las solicitudes del ejercicio de la facultad de atracción de la SCJN, buscando una directriz para emitir las. Esta tendencia obedece a una relación *vertical* entre la Suprema Corte y las instancias inferiores del sistema judicial mexicano, con menor grado de autonomía en sus decisiones, sujetas a la modificación de la instancia superior, en cuya cúspide se encuentra el Más Alto Tribunal, lo cual explica las solicitudes de ejercicio de la facultad de atracción que se han promovido en relación con el derrame. Y es que, como sostiene Ansolabehere (2005), «la relación de la Suprema Corte de Justicia mexicana se define como vertical porque la Corte opera como tutora de las instancias inferiores del poder judicial» (p. 57). Tal situación ha generado un camino largo para los afectados de los CCRS, que han tenido que esperar los pronunciamientos del más Alto Tribunal para, después de ello, continuar en su lucha por hacer efectivo su cumplimiento.

Juicio de amparo relacionado con el Fideicomiso Río Sonora

Como respuesta al derrame del 6 de agosto de 2014 en las instalaciones de BVC, se creó el Fideicomiso Río Sonora (FRS), en el cual se anunció la aportación de un monto por la cantidad de 2 000 millones de pesos (Contrato de Fideicomiso, 2014), con la finalidad de que se llevaran a cabo los pagos de «las medidas de remediación, reparación y/o compensación de los daños al ambiente y a la salud humana causados por el Derrame, conforme al Programa de Remediación [...] y de [...] reclamaciones materiales causadas a las personas como consecuencia directa del Derrame» (Contrato de Fideicomiso, 2014, p. 7).

Mediante dicho instrumento legal y en razón del Programa de Remediación, se comprometió a la realización del monitoreo permanente de la calidad del agua durante cinco años, así como a la construcción e instalación de plantas con sistema de ultrafiltración para garantizar que, en caso de que ocurran eventos similares, la salud de la población estará protegida. A su vez, se acordó la instalación y operación de una unidad de vigilancia epidemiológica.

Pese a que actualmente ninguna de estas circunstancias ha podido hacerse efectiva, el 5 de febrero de 2017, de manera irregular, poco transparente y sin justificaciones, se extinguió el FRS sin que las empresas responsables cumplieran con las medidas señaladas en el contrato y sin hacer públicos los dictámenes por los cuales se formalizó la extinción (Salvatierra *et al.*, 2018). El citado programa se consideró cumplido, señalando que «no existe reclamación alguna de reparación o solicitud de restitución de gastos o erogaciones pendiente de resolución [...] lo cual acredita que los fines para los que fue creado dicho fideicomiso han sido cumplidos» (*Acta de la sexta sesión ordinaria del Comité Técnico del FRS*, 2017, p. 3).

El Fideicomiso reporta haber ejercido 1 232 948 751 pesos en diversos rubros;⁷ sin embargo, pobladores argumentan que tales recursos no fueron otorgados justificadamente y con los criterios de transparencia necesarios; además, es indudable que la remediación no ha sido suficiente y las afectaciones siguen latentes entre los pobladores de la cuenca.

Al respecto, el 19 de agosto de 2015, se promovió un juicio de amparo (Amparo indirecto 1 166/2015, 2015) por los CCRS, reclamando la ausencia de fundamentación y motivación para asignar los recursos del FRS sin la debida participación de las personas afectadas por el derrame ocurrido en los ríos Bacanuchi y Sonora.

⁷ Según el propio FRS, los recursos se invirtieron en salud; sector agropecuario; industria, comercios y servicios; tomas de agua; apoyos a gobierno federal, estatal y municipal; tinacos; rehabilitación de pozos; plantas potabilizadoras; suministro de agua; diagnóstico ambiental y propuesta de remediación; estrategia de comunicación social, y servicios notariales.

En dicho asunto, los promoventes señalaron a la Semarnat, al Comité Técnico del FRS y a su Comisión Ejecutiva como autoridades responsables, quienes negaron los actos reclamados, lo cual fue desvirtuado por el propio juzgador, pues de su informe justificado se advertía la certeza de los mismos; por lo cual, determinó tener por ciertos los actos reclamados que se les imputan. Los quejosos manifestaron que fue mediante un reportaje –en el que se hicieron públicas las asignaciones realizadas con los recursos del FRS– que se percataron de la falta de información y de criterios para efectuar la distribución, con lo que se coartaron sus derechos a una reparación integral y justa que permitiera resarcir el daño ocasionado, situación que impidió que las personas fueran debidamente compensadas en términos reales según las afectaciones experimentadas en cada caso particular.

Argumentan que la determinación de las asignaciones de recursos del FRS resulta incomprensible, pues, según lo poco que se conoce sobre las mismas, no se advierte ningún patrón que haya regulado la repartición entre los afectados. Por tal razón, los promoventes consideran que, como medio de reparación, el FRS debió incorporar la consulta de los afectados para estar en posibilidades de conocer los alcances de los perjuicios sufridos y de esa manera poder brindar sustento a la compensación determinada en cada caso.

Después de 15 meses desde su presentación y de 11 diferimientos de audiencias constitucionales, el 28 de noviembre de 2016, se celebró audiencia y se resolvió sobreseer el juicio de amparo, argumentando una causal de improcedencia, relativa a que las entidades señaladas no podían ser consideradas como autoridades responsables, pues en el FRS «no actúan con una potestad de imperio, puesto que los actos que se les imputan son meramente particulares derivados de un contrato de fideicomiso, entre particulares y Nacional Financiera, y los ahora quejosos como fideicomisarios» (Resolución juicio de amparo indirecto 1 166/2015, 2016, p. 7).

El juez de Distrito argumentó que la relación entre el FRS y los quejosos no era una de supra a subordinación, aun cuando él mismo citó diversos criterios jurisprudenciales en los que se reconoce que el término de «autoridad» puede comprender a aquellas personas (físicas o morales) que, en virtud de circunstancias de hecho, pueden emitir actos unilaterales a través de los cuales crean, modifican o extinguen situaciones jurídicas que inciden en la esfera legal de los afectados, sin su voluntad y sin la necesidad de acudir a los órganos judiciales para hacerlas efectivas. Esta situación se evidencia en el caso particular de la asignación de los recursos del FRS, que fueron determinados de forma unilateral, en ejercicio pleno de una capacidad decisoria que no se consultó ni se consintió con los afectados y que pudo ser determinada y ejercida sin acudir ante ninguna autoridad judicial.

El juez de Distrito sostuvo que dichas acciones (la asignación de las cantidades a pagar a las personas afectadas) no se realizaron actuando con imperio, sino que las llevaron a cabo los responsables únicamente en su papel de auxiliares de la fiduciaria, en un plano de coordinación (lo cual implicaría igualdad de condiciones, que hubo negociación, información, consulta, consentimiento); por tanto, concluyó, no es suficiente su actuar como *auxiliar* para considerarlos como autoridades responsables. Por tal razón, decretó el sobreseimiento y se eximió de analizar los motivos de inconformidad planteados por los promoventes.

El 13 de diciembre de 2016, se interpuso un recurso de revisión (Recurso de revisión 112/2017, 2017) en el que los afectados impugnaron dicha resolución, reiterando que sí estaban ante actos de autoridad, pues la decisión de las autoridades señaladas como responsables, a saber, la asignación de los recursos del FRS, fue tomada unilateralmente, de manera discrecional, sin el consenso de los afectados y sin la necesidad de ejecutarla mediante intervención judicial; además de que impactó directamente en su esfera jurídica, pues su objeto era reparar las violaciones a sus derechos humanos que el derrame había provocado, y ello impidió que se les remediaran.

Así mismo, se resaltó el hecho de que, tanto en el Comité Técnico como en la Comisión Ejecutiva del FRS, interviene el subsecretario de Planeación y Política Ambiental de la Semarnat, quien es autoridad, de modo tal que suponer que se está ante un contrato de fideicomiso, que actúa como un ente privado, implicaría que una autoridad del Estado está al servicio de un particular. Por ello, los recurrentes manifestaron la necesidad de retrotraerse al objetivo de la creación del FRS, que es reparar las violaciones a los derechos humanos de los afectados, lo cual es atribución constitucional irrenunciable de la autoridad administrativa (Semarnat), con independencia de que las autoridades responsables hayan decidido (también unilateralmente) responder al ejercicio de tales obligaciones (proveer de la remediación aludida) mediante esta figura jurídica (fideicomiso).

El argumento anterior encuentra sustento en la investigación que ha venido realizando el Fundar, Centro de Análisis e Investigación,⁸ respecto a la forma en que operan los fideicomisos en México. Específicamente, al analizar el FRS, advirtió que éste no cuenta con ningún documento formal que señale el balance de daños del derrame, así como tampoco ha informado sobre el cumplimiento de los fines para los cuales fue constituido. Además, considera que, aun si el FRS tiene una constitución privada, es precisamente el objetivo del mismo y la participación de entidades públicas (Nacional Financiera y Semarnat) lo que impide mantenerlo lejos del escrutinio social; máxime que afecta intereses públicos

⁸ Esta investigación sigue actualmente en curso y se encuentra disponible para su consulta en la página web de Fundar, Centro de Análisis e Investigación.

y su cumplimiento se relaciona con una responsabilidad por afectaciones a derechos humanos, tales como la salud y el medio ambiente (Salvatierra *et al.*, 2018).

Por su parte, el TCC, al resolver el citado recurso, desestimó algunas causales de improcedencia, especialmente la relacionada con la falta de interés legítimo, pues consideró que las constancias exhibidas en el juicio de amparo (constancias de residencia y el contrato de fideicomiso) sí eran suficientes para demostrar el interés jurídico de los promoventes, pues con ellas probaron ser afectados por el derrame que dio origen al FRS. Después, procedió a establecer las razones por las cuales consideró que el asunto tenía características excepcionales y trascendentes que exigían la intervención decisoria de la SCJN, dada la relevancia de los hechos de los que derivaba, algunos utilizados como sustento en su solicitud de ejercicio de la facultad de atracción. A su vez, incorporó señalamientos de organismos no gubernamentales que indican la contaminación en la zona a largo plazo, y aludió a los casi 400 enfermos registrados y a la falta de atención médica a los mismos debido al retraso en la creación del centro de atención médica, todo lo cual debía remediarse mediante los recursos del FRS.

Así, al referirse a tales circunstancias, el Tribunal demostró el interés social que representa el asunto, y señaló:

la trascendencia del tema es superlativa, dado que al resolver el recurso de revisión que nos ocupa, el Alto Tribunal fijará criterio respecto a si lo pactado en un contrato de Fideicomiso como el llamado Fideicomiso Río Sonora, [...] en el que intervienen autoridades federales en su operación y ejecución, puede considerarse un acto de autoridad para efectos del juicio de amparo o como un acto de particulares equivalentes a los de autoridad, tomando en cuenta además, la finalidad para que fue creado, esto es, para reparar posibles violaciones a derechos humanos [...] en relación a lo cual no se advirtió exista criterio alguno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (Resolución juicio de amparo indirecto 112/2017, 2017, p. 58).

En consecuencia, la Segunda Sala de la SCJN aceptó ejercer su facultad de atracción (Solicitud de ejercicio de la facultad de atracción 27/2018, 2018) y, en enero de 2020, resolvió conceder el amparo. Lo anterior por considerar que:

Previo a que la autoridad [...] determinara que los fines del fideicomiso habían sido cumplidos, [...] debieron dar participación a los demandantes ya que tales actos tuvieron por objeto remediar, reparar y compensar los daños ambientales, a la salud pública, así como reparar los daños materiales a las personas derivados del derrame, de modo que se debió garantizar que se tomaran debidamente en cuenta las observaciones que pudieran realizar sobre el cumplimiento de dicha cláusula y de los fines del fideicomiso (Resolución amparo en revisión 640/2019, 2020, p. 65).

El FRS demuestra cómo las autoridades administrativas están generando nuevas estrategias que posibilitan *negociar* el cumplimiento de sus obligaciones, mediante la utilización de figuras jurídicas como el fideicomiso. Esta situación, pese a los avances en materia de transparencia, «incrementa el riesgo de que funcionen con criterios opacos o poco transparentes respecto a sus fines y funcionamiento» (Salvatierra *et al.*, 2018, p. 25), ampliando así el temario de cuestiones sobre las cuales el Poder Judicial puede y debe intervenir como garante de los derechos humanos.

Juicio de amparo relacionado con la Zona Económica Especial Río Sonora

El 1 de julio de 2016, se publicó en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* la Ley Federal de Zonas Económicas Especiales (LFZEE) que da sustento a este modelo, según la cual, las zonas serían establecidas en las regiones del país que tuvieran mayores rezagos en desarrollo social (LFZEE, 2016); sin embargo, resalta que dichas localidades coinciden, según el propio Servicio Geológico Mexicano, con sitios de alto potencial minero, por lo que es viable suponer que sea ese ramo industrial el que aprovechará las condiciones preferenciales que implica este modelo económico.

De acuerdo con dicha directriz, siendo Sonora la entidad federativa con el mayor número de concesiones en México (Cámara Minera de México [Camimex], 2016), el 2 de febrero de 2017, el Congreso del Estado aprobó la Ley que crea la Zona Económica Especial Río Sonora o ZEERS. La justificación fue la necesaria reactivación económica de la región del río Sonora que resultó afectada por el multicitado derrame ocasionado por la industria minera, argumentando que la mencionada legislación fomentaría la inversión, la productividad, la competitividad, el empleo y una mejor distribución del ingreso (Ley que crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora, 2017).

La Declaratoria de la ZEERS (2017) establece la delimitación geográfica en la que se implementará (comprende los municipios de Arizpe, Bacoachi, Banámichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, Baviácora y Ures) la fecha de inicio de operaciones de la zona (1 de enero de 2018) y el plazo para la celebración del convenio de coordinación entre el estado y los municipios (1 de diciembre de 2017). Además, señala que éstos tenían 20 días para manifestar su consentimiento y participación en la ZEERS, mediante un acuerdo en el que se estableciera una lista de obligaciones a las que se sujetaban los municipios, entre otras, la de suscribir el citado convenio (Declaratoria de la Zona Especial Río Sonora, 2017).

Esto se incluyó sin que los ayuntamientos tuvieran conocimiento de las actividades que la ZEERS privilegiaría, incluso se les obligó a comprometerse a «participar, conforme a su capacidad financiera, en el financiamiento de las inversiones públicas requeridas

para establecer y desarrollar la Zona, incluyendo el acceso a los servicios públicos necesarios» (Ley que crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora, 2017, art. 7, inciso d, p. 3). En nuestra opinión, lo anterior equivale a limitar o constreñir las actividades de la autoridad municipal (de acuerdo con el art. 115, fracc. II, III y V de la Constitución [1917]) para favorecer la operación de la ZEERS, atentando contra los derechos de todos los habitantes de esos municipios de obtener tales servicios públicos de manera preferente.

Aunado a ello, la citada Declaratoria fue omisa en establecer las facilidades administrativas y los posibles incentivos fiscales y económicos que, sin duda, son la parte total de la implementación de dicha zona, pues son estos incentivos los que atraerán las inversiones a la región. Así mismo, el diseño de la ZEERS no establece dentro de sus órganos internos (Comisión Intersectorial y Consejo Técnico) a ninguna representación social. En ambos casos, según disposición normativa, el sector privado y social podrán ser *invitados* con voz, pero sin voto; aunque el caso sector empresarial sí cuenta con un lugar destinado en el Consejo Técnico de la ZEERS.

Cabe destacar que en la región en la que se implementará la ZEERS existen núcleos ejidales que no han sido mencionados en ninguna de las disposiciones publicadas hasta el momento, ni en la Ley de creación (2017), ni en su Declaratoria (2017), ni en el Plan de Desarrollo para la Zona Económica Especial del Río Sonora 2018-2032 (Gobierno del Estado de Sonora, 2017). Esto ha generado un sentimiento de exclusión, que resulta relevante, pues son precisamente conflictos relacionados con la tenencia de la tierra lo que a nivel federal, durante la implementación de las Zonas Económicas Especiales, ha generado mayores problemáticas desde sus orígenes, como lo han informado diversos medios de comunicación.⁹ En consecuencia, se espera que la lucha del río Sonora llegue a los tribunales agrarios, en defensa de su territorio, el cual en su mayor parte está en manos de las comunidades ejidales de la región, no así bajo los ayuntamientos que han comprometido la región a la ZEERS.

Pobladores de los municipios que integran la ZEERS han promovido juicios de amparo ante la autoridad federal. A continuación, se presenta uno de estos juicios, considerando que los demás son similares.

⁹ De acuerdo con V. Sánchez (2017), B. Sánchez (2017) y *Tribuna. Diario independiente* (2017), en septiembre de 2017 se reportó que el gobierno federal no pudo conseguir las tierras para que se instale el polígono de la ZEE en la región del Istmo, Oaxaca; por su parte, en Yucatán, los ejidatarios consideraron que la ZEE era una justificación más para despojarlos de sus tierras; mientras que en octubre del mismo año, ejidatarios de Michoacán y Guerrero aseguraron que la ZEE les debía millones de pesos por sus tierras.

Juicio de amparo promovido por los pobladores de Baviácora en contra de la ZEERS

El 28 de agosto de 2017, pobladores del municipio de Baviácora, Sonora, promovieron un juicio de amparo (Amparo indirecto 1 029/2017, 2017) en el que reclamaron: «la aprobación para que nuestro Municipio participe y forme parte de la Zona Económica Especial para el Río Sonora, sin habernos consultado efectivamente, ni contado con la participación informada y real de quienes habitamos Baviácora» (Escrito de demanda de amparo, relativa al juicio 1 029/2017, 2017), lo cual reconocieron como el primer acto de aplicación del artículo 7 de la Ley que crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora, al que tildaron de inconstitucional. Esta situación, argumentaron los quejosos, violenta su derecho de participación directa en la conducción de asuntos de interés público, como lo es la planeación democrática del desarrollo estatal.

En la demanda de amparo, los promoventes señalaron como antecedentes del asunto el aludido derrame del 6 de agosto de 2014, que provocó afectaciones en los ríos Sonora y Bacanuchi, así como en sus comunidades aledañas. Señalaron que, ante la recesión económica y el detrimento del entorno, desde el gobierno del estado se promovió la ZEERS, mediante la ley del mismo nombre. Al continuar con el proceso de creación de la zona, de acuerdo con el precepto 7 de tal ordenamiento, se emitió la Declaratoria de la ZEERS, que incluyó al municipio de Baviácora, el cual emitió su consentimiento de participar en la ZEERS. Esta situación constituyó una violación a su derecho a la participación informada, misma que se dio en el momento en el que el ayuntamiento aprobó incluir a su municipio en la ZEERS sin consultar previamente a sus pobladores.

Estos últimos demandaron como medida de reparación «que se asegure una participación efectiva de la población de Baviácora en todo lo relativo a la operación de la Zona Económica mencionada» (Escrito de demanda de amparo, relativa al juicio 1 029/2017, 2017, p. 3). Y señalaron a la gobernadora del estado, al Congreso del Estado de Sonora y al H. Ayuntamiento de Baviácora como autoridades responsables. De ellas, sólo el Congreso rindió su informe justificado, siendo omisos los dos restantes.

En este asunto, los promoventes pretendieron acreditar su interés legítimo acompañando su demanda con cartas de residencia (expedidas por el propio secretario municipal del ayuntamiento) y copia de las credenciales de elector de los quejosos, con el fin de demostrar su lugar de residencia en el citado municipio; además, exhibieron la impresión de una nota periodística (Lagarda, 2017) en la que se advertía que Baviácora (localidad del río Sonora) formaría parte de la ZEERS.

Fue esta situación la que fungió como sustento para que el juez de Distrito resolviera el sobreseimiento del asunto, mediante una resolución, el 25 de octubre de 2017. En su resolución, el juzgador reconoció como actos reclamados: a) la inconstitucionalidad

del artículo 7 de la Ley que crea la ZEERS; y *b*) la aprobación para que el municipio de Baviácora participara y formara parte de la referida ZEERS; sin embargo, se limitó a analizar la causal de improcedencia relacionada con el interés legítimo, argumentando que los pobladores promoventes no lo demostraban, pues no acreditaban –con la documentación exhibida como prueba– que existiera el acto de aplicación del precepto legal que tildaban de inconstitucional, esto ya que, según el juzgador, no se advertía que específicamente el municipio en el que aseguraban residir (Baviácora) formara parte de la ZEERS.

Al respecto, son destacables dos aspectos: el primero, relacionado con la constancia de residencia, la cual ha sido cuestionada por diversos juzgadores en amparos similares y ha sido aceptada como documento válido por otros, lo cual denota una inconsistencia manifiesta respecto al criterio que debe adoptarse o a la documentación que deben exhibir los afectados para estar en condiciones de demostrar su residencia y su interés legítimo ante un caso medioambiental. El segundo, que para este asunto particular el juzgador no haya considerado como demostrada la afectación que sufren los pobladores con la citada incorporación de su municipio a la ZEERS, por haber adjuntado una nota periodística en la que se informaba sobre tal implementación.

Su argumento se centró en la desestimación de tal probanza y pasó por alto los elementos presuncionales que advertían la posibilidad de que, en efecto, dicho municipio fuera incorporado a la ZEERS, aunado a que, en caso de duda, antes de determinar una causal de improcedencia –y denegar con ello el acceso a la administración de justicia–, debió allegarse a las pruebas correspondientes.¹⁰ Y más aún, cuando la aprobación del municipio para que formara parte de la ZEERS fue el acto reclamado que el mismo juzgador determinó cierto, cuando el ayuntamiento omitió rendir su informe justificado. Esto no debió ser obstáculo para que a los pobladores afectados se les negara su acceso a la justicia, sobreseyendo un juicio que pudo ser solventado si la misma autoridad municipal hubiera rendido su informe y hubiera informado dicha aprobación.

Además, el propio juzgador, al especificar los actos reclamados, señaló que uno de ellos consistía en la «aprobación para que el municipio de Baviácora participe y forme parte de la referida ZEERS» (Amparo en revisión administrativa 68/2018, 2018, p. 7), de tal forma que las manifestaciones vertidas sobre la misma se vinculan con el propio fondo del asunto, por lo que no debieron brindar sustento a una causal de improcedencia.

¹⁰ En atención a lo dispuesto en el artículo 79 del Código Federal de Procedimientos Civiles (1943), de aplicación supletoria a la Ley de Amparo, según el cual «para conocer la verdad, puede el juzgador valerse de cualquier persona, sea parte o tercero, y de cualquier cosa o documento, ya sea que pertenezca a las partes o a un tercero, sin más limitaciones que las de que las pruebas estén reconocidas por la ley y tengan relación inmediata con los hechos controvertidos» (p. 14).

No obstante lo anterior, el juzgador sostuvo que en dicho asunto «no se encuentra acreditado que la normatividad que tildan de inconstitucional les resulte obligatoria, que el municipio de esta Entidad Federativa en la que residen se ubica bajo los supuestos que dicha norma contempla» (Amparo en revisión administrativa 68/2018, 2018, p. 13), y como consecuencia, sobreescribió el juicio, de nuevo, sin entrar al estudio de los motivos de disenso planteados por los quejosos.

Con ello, nada se dijo sobre la exigencia de los promoventes que solicitaban el amparo para «abrir una oportunidad para que la población de Baviácora fuera consultada en los aspectos relacionados con aquella zona» (Escrito de demanda de amparo, relativa al juicio 1 029/2017, 2017, p. 5). De esta manera, se mantuvo en un período de incertidumbre a los pobladores, al no proveérseles de la información necesaria, no consultarlos y no permitir su participación efectiva, en especial, sobre aspectos de su interés relacionados con las actividades económicas del sector primario, como la ganadería y la agricultura, que se teme se vean afectadas o pierdan su prioridad frente a otras con mayor enfoque empresarial, como la industria maquiladora con giro textil o alguna de las actividades que aparecen en varios proyectos del Plan de Desarrollo para la Zona Económica Especial del Río Sonora 2018-2032 (Gobierno del Estado de Sonora, 2017).

Por tal razón, el 20 de noviembre de 2017, se interpuso un recurso de revisión (Recurso de revisión 68/2018, 2018) en el que los afectados impugnaron dicha resolución. El TCC revocó la resolución inicial considerando que los promoventes sí demostraban su interés; sin embargo, negó el amparo, considerando que la Ley que crea la ZEERS sí contempla la participación pública al momento de elaborarse el Programa de Desarrollo y, dado que dicho plan no había sido emitido, no podía demostrarse todavía perjuicio alguno, pues ninguna obra o actividad se implementaría en la ZEERS de manera previa a dicho programa.

Con independencia de futuras defensas respecto a las actividades que se incorporen en tal Programa de Desarrollo anualmente, es importante destacar que en el juicio de amparo promovido por los habitantes del municipio de Ures (Juicio de amparo indirecto 902/2017, 2017), igualmente, se argumentó la falta de interés legítimo para sobreescribir el juicio. Esto fue confirmado por el TCC que conoció dicho asunto, lo que evidencia diferentes criterios respecto a asuntos prácticamente iguales.

Conclusiones

Aunque los procedimientos judiciales que se han presentado en este trabajo fueron radicados en diferentes órganos jurisdiccionales, la similitud de sus conceptos de violación y los criterios hasta aquí analizados nos permiten advertir una tendencia al sobreesimiento

y a la aplicación de la causal de improcedencia, relacionada con la falta de interés legítimo, que parece volverse una constante en los procedimientos de amparo promovidos por los CCRS. Por su parte, la autoridad judicial no es congruente con los criterios implementados entre sus diversos órganos jurisdiccionales y se mantiene ajena a las circunstancias de hecho que rodean los asuntos que resuelve, como la dificultad que representa la obtención de cartas de residencia, cuando es precisamente la autoridad que señalan como responsable la que debe proveer a los quejosos de la misma, es decir, el ayuntamiento. Lo mismo ocurre en relación con los costos que arbitrariamente dicha autoridad aplica a tales constancias, y al hecho de que esa autoridad municipal ha sido omisa en rendir su informe. Incluso, como lo señaló el relator especial de la ONU, las autoridades locales han negado las cartas de residencia a los afectados y han tomado represalias (despidos, retiro de apoyos) contra quienes promueven los amparos (CCRS-PODER, 2018).

A más de seis años del derrame de 40 000 metros cúbicos de solución de cobre acidulado en el río Sonora, la situación para la población afectada de los siete municipios es de incertidumbre. Después de una historia de incumplimiento de compromisos gubernamentales, falta de remediación y monitoreo permanente de la calidad del agua del río, y falta de consulta en la ejecución de programas de resarcimiento del daño ambiental en la construcción de nuevas obras de infraestructura minera y en la implementación de proyectos de desarrollo, los pobladores todavía tienen que enfrentarse a la falta de justicia ambiental. En materia de investigación, continúa como tarea pendiente la evaluación interdisciplinaria tanto de los daños y las consecuencias al ambiente y a la población ocasionados por el derrame minero, como de los riesgos a los que está expuesta la cuenca del río Sonora como resultado de los planes de expansión productiva de la empresa BVC, además de las nuevas actividades económicas que se promueven en el marco de la Zona Económica Especial.

Derivado del análisis expuesto, concluimos que existe una carencia en nuestro marco legal para proveer a los afectados ambientales de mecanismos de reparación del daño efectivos, por lo cual se incrementa la tendencia a recurrir al juicio de amparo como un procedimiento garantista de derechos humanos (donde se incluyen los ambientales); sin embargo, el diseño del juicio de amparo y de la estructura de los órganos jurisdiccionales (que se resisten a delimitar una competencia especializada en materia ambiental), así como el formalismo con el que resuelven los operadores judiciales, están demostrando no cumplir con la garantía de acceso a la justicia ambiental.

Por ende, es factible concluir que el sistema jurídico mexicano –tal como está dispuesto y aplicado actualmente– no proporciona una solución imparcial, equitativa, completa ni expedita, pues no establece un procedimiento que prevenga eficazmente los

daños ambientales y, cuando éstos se producen, tampoco asegura una rápida y adecuada reparación.

En el ámbito judicial, la rigidez, la formalidad, la tecnicidad, la verticalidad, la estrechez y, sin duda, la carga de trabajo de las autoridades judiciales federales, aunado a la falta de especialización, operan en contra de los afectados ambientales que requieren una solución expedita, un sistema judicial que anteponga los derechos humanos y la salvaguarda de los recursos naturales a los formalismos jurídicos, y que actúe teniendo como eje rector los principios *pro persona*, *pro actione*, precautorio, quien contamina paga, y el de reparación integral.

Esto no significa negar el avance de algunas determinaciones novedosas que han emitido las autoridades judiciales, las cuales –mediante sus resoluciones– están incorporando principios de justicia ambiental, generando nuevos caminos y expandiendo las fronteras respecto a los alcances de la justicia. Tal es el caso del reciente amparo otorgado a los pobladores de Bacanuchi en relación con la construcción de la nueva presa de jales de la mina de Cananea o el del FRS.

Por lo que respecta a los mecanismos de respuesta gubernamentales, se concluye que éstos no han cumplido con los objetivos para los que fueron creados y sólo han generado nuevas afectaciones sociales. El fideicomiso originó el distanciamiento y el rompimiento del tejido social, derivado de los beneficios que se generaron para determinados sectores de la población con esta figura; mientras que la ZEERS representa nuevas luchas y un cambio en las actividades productivas de la región, en la división sexual del trabajo (especialmente considerando la inclusión de la industria maquiladora), y en los intereses y rubros económicos que se pretenden priorizar en la región. Todo esto se manifiesta en un marco de incertidumbre, daño ambiental y afectaciones a la salud, así como en un escenario de defensa legal de las comunidades, que esperan encontrar más aliados en el nuevo contexto social y político que se vislumbra en la entidad y en el país.

Referencias

- Acta de la sexta sesión ordinaria del Comité Técnico del Fideicomiso Río Sonora (FRS)*, Ciudad de México, 02 de febrero de 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330772/Sesi_n_de_Cierre_Fideicomiso_R_o_Sonora.pdf
- Albert, L. A. y Jacott, M. (2015). *México tóxico. Emergencias químicas*. Siglo XXI.
- Amparo en revisión administrativa 68/2018, del índice del Segundo Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 13 de diciembre de 2018 (fecha de resolución).

- Amparo en revisión 85/2018, del índice del Segundo Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 31 de enero de 2019 (fecha de resolución). <https://www.cjf.gob.mx/micrositios/dggj/paginas/serviciosTramites.htm?pageName=servicios%2Fexpedientes.htm>
- Amparo indirecto 86/2016, del índice del Juzgado Noveno de Distrito en el Estado de Sonora, Agua Prieta, 01 de diciembre de 2016 (fecha de resolución).
- Amparo indirecto 144/2015, del índice del Juzgado Noveno de Distrito en el Estado de Sonora, Agua Prieta, 30 de noviembre de 2017 (fecha de resolución).
- Amparo indirecto 834/2015, del índice del Juzgado Primero de Distrito en el Estado de Sonora, 06 de julio de 2017 (fecha de resolución).
- Amparo indirecto 1 029/2017, del índice del Juzgado Tercero de Distrito en el Estado de Sonora, 26 de octubre de 2017 (fecha de resolución).
- Amparo indirecto 1 166/2015, del índice del Juzgado Segundo de Distrito en el Estado de Sonora, 28 de noviembre de 2016 (fecha de resolución).
- Ansolabehere, K. (2005). Jueces, política y derecho: Particularidades y alcances de la politización de la justicia. *Isonomía*, 22, 39-63.
- Buenavista del Cobre (BVC). (2013). Informe preventivo 26SO2013MD082 del Proyecto Nueva Presa de Jales para Buenavista del Cobre.
- Cámara Minera de México (Camimex). (2016). *Informe anual*. Autor. https://camimex.org.mx/application/files/3515/7064/6931/Info_2016.pdf
- Cano, L. M. (13 de julio de 2017a). Río Sonora: ¿Para quién los beneficios? *Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/494793/rio-sonora-los-beneficios>
- Cano, L. M. (6 de agosto de 2017b). A tres años del derrame en el Río Sonora. *Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/497729/a-tres-anos-del-derrame-en-rio-sonora>
- Cano, L. M. (26 de abril de 2018). El caso Río Sonora, a la Suprema Corte de Justicia. *Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/531603/el-caso-rio-sonora-a-la-suprema-corte-de-justicia>
- Código Federal de Procedimientos Civiles. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 24 de febrero de 1943. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/6.pdf>
- Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) y Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER). (2018). *Derrame de 40 millones de litros de solución de cobre acidulado a los ríos Bacanuchi y Sonora provenientes de las instalaciones de la mina Buenavista del Cobre, S. A. de C. V., subsidiaria de Grupo México*. Autores. https://www.projectpoder.org/wp-content/uploads/2018/05/Sonora_Informe_May_2018.pdf

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 5 de febrero de 1917. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_080520.pdf
- Contrato de Fideicomiso irrevocable de administración núm. 80724, Ciudad de México, 15 de septiembre de 2014. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330767/DPContratoFideicomiso.pdf>
- Declaratoria de la Zona Especial Río Sonora. *Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora*, Tomo CXCIX, núm. 39, secc. 11, Hermosillo, Sonora, 15 de mayo de 2017. <http://www.boletinoficial.sonora.gob.mx/boletin/images/boletinesPdf/2017/mayo/2017CXCIX39II.pdf>
- Díaz, R., Duarte, H., Pallanez, M., Moreno, J. L., Mejía, J. y Durazo, F. (2018). Análisis de los criterios para proteger la vida acuática: El río Sonora después del derrame minero de 2014. *Aqua-LAC*, 10(1), 75-87.
- Escrito de demanda de amparo, relativa al juicio 1 029/2017, del índice del Juzgado Tercero de Distrito en el Estado de Sonora, 29 de agosto de 2017 (fecha de admisión). *Expreso*. (8 de junio de 2018). Aprueban proyectos productivos para la zona del Río Sonora. Autor. http://edicionimpresa.expreso.com.mx/edicion_impresa/20180608/1/3.pdf
- Fideicomiso Río Sonora (FRS). (2018). *Resumen de Libro Blanco. De las acciones y medidas de remediación, reparación y/o compensación de los daños al ambiente y a la salud generados por el derrame en los ríos Bacanuchi y Sonora*. Autor. <http://www.fideicomisorio.sonora.gob.mx/docs/Resumen%20Libro%20Blanco.pdf>
- Gobierno del Estado de Sonora. (2017). *Plan de Desarrollo para la Zona Económica Especial del Río Sonora 2018-2032. Políticas, programas y proyectos para una región competitiva y sustentable*. Autor. <https://hacienda.sonora.gob.mx/media/4843/plan-de-desarrollo-zona-economica-especial-rio-sonora.pdf>
- Ibarra, M. F. y Moreno, J. L. (2017). La justicia ambiental en el río Sonora. *RevIISE*, 10(10), 135-155. <http://www.ojs.unsj.edu.ar/index.php/reviise/article/view/168/pdf>
- Ibarra, M. F. (2018). *Justicia ambiental y movilización sociolegal en el río Sonora (2014-2017)* (tesis de maestría). El Colegio de Sonora, Hermosillo.
- Jones, E., Luque, D. y Murphy, A. (2018). Recovering Impunity: A Tale of Two Disasters and Governance in Northwest Mexico. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, 34(2), 218-249.
- Juicio de amparo 185/2015, del índice del Juzgado Noveno de Distrito, estado de Sonora, 30 de mayo de 2018 (fecha de resolución). <https://www.cjf.gob.mx/micrositios/dggj/paginas/serviciosTramites.htm?pageName=servicios%2Fexpedientes.htm>
- Juicio de amparo indirecto 902/2017, del índice del Juzgado Segundo de Distrito en el Estado de Sonora, 06 de octubre de 2017 (fecha de resolución).
- La Jornada*. (19 de abril de 2018). A la opinión pública. Autor.

- Lagarda, C. (4 de agosto de 2017). Participarán 7 municipios en la Zona Económica Especial del Río Sonora. *Expreso*. <https://www.expreso.com.mx/seccion/sonora/20822-lista-la-zona-economica-especial-del-rio-sonora.html>
- Lamberti, M. J. (2018). Análisis del Fideicomiso Río Sonora. Simulando la remediación privada en un Estado capturado. *Poder*. <https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2018/07/analisis-FRS.pdf>
- León-García, G. J., Meza-Figueroa, D. M., Valenzuela-García, J. L., Encinas-Romero, M. A., Villalba-Atondo, A. I., Encinas-Soto, K. K. y Gómez-Álvarez, A. (2018). Study of Heavy Metal Pollution in Arid and Semi-Arid Regions Due to Mining Activity: Sonora and Bacanuchi Rivers. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 11(1). doi:10.19080/IJESNR.2018.11.555804
- Ley Federal de Zonas Económicas Especiales (LFZEE). *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 27 de abril de 2016. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFZEE.pdf>
- Ley que crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora. *Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora*, Hermosillo, Sonora, 3 de febrero de 2017. http://www.congresoson.gob.mx:81/Content/Doc_leyes/Doc_501.pdf
- Milenio Digital*. (29 de mayo de 2018). Grupo México llama a empleados a voto razonado e inteligente y a cuidar empresa. Autor. <https://www.milenio.com/negocios/mas-negocios/grupo-mexico-llama-empleados-voto-razonado-inteligente-cuidar-empresa>
- Morena Sonora*. (16 de noviembre de 2017). Irresponsable cierre del fideicomiso Río Sonora; debe ser reactivado: Alfonso Durazo. Autor. <https://morenasonora.org/irresponsable-cierre-del-fideicomiso-rio-sonora-debe-ser-reactivado-alfonso-durazo/>
- Moreno, J. L. (2019). Deterioro y conflictividad del agua en México. Una mirada desde el Norte. En B. Graizbord y J. Arroyo (eds.), *Agua, el futuro ineludible* (pp. 113-128). Universidad de Guadalajara/El Colmex/UCLA Program on Mexico/Profmex/World/Juan Pablos Editor.
- Navarro-Navarro, L. A. (2018). *Nueva presa de jales de Buenavista del Cobre en Cananea* [mapa de La Morita, Sonora, en Google Earth]. Latitud 30.853271 y longitud -110.295297, altura del ojo 1.40-6.40 km [inédito].
- Orozco, R. y Muhech, V. (2012). *Anteproyecto del nuevo depósito para jales "Buenavista del Cobre" en Cananea, Sonora*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica. https://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1_Reunion_Cancun/2_XXVI_Reunion_Nacional/15_Geotecnica_ambiental_y_depositos_mineros/I14ORSR_1.pdf
- Recurso de revisión 68/2018, del índice del Segundo Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 13 de diciembre de 2018 (fecha de resolución).

- Recurso de revisión 97/2018, del índice del Segundo Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 23 de agosto de 2018 (fecha de resolución).
- Recurso de revisión 112/2017, del índice del Primer Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 14 de diciembre de 2017 (fecha de resolución).
- Recurso de revisión 196/2017, del índice del Tercer Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 14 de diciembre de 2017 (fecha de resolución).
- Reforma.* (4 de julio de 2018). Grupo México carta. Autor.
- Resolución amparo en revisión 365/2018, del índice de la Segunda Sala de la SCJN, 5 de septiembre de 2018 (fecha de resolución).
- Resolución amparo en revisión 640/2019, emitido por la Segunda Sala de la SCJN, 15 de enero de 2020 (fecha de resolución).
- Resolución amparo en revisión administrativa 196/2017, del índice del Tercer Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 14 de diciembre de 2017 (fecha de resolución).
- Resolución del juicio de amparo 86/2016, emitida por la Juez Noveno de Distrito del Estado de Sonora, 1 de diciembre de 2016 (fecha de resolución).
- Resolución de la solicitud de ejercicio de la facultad de atracción 46/2018, emitida por la Segunda Sala de la SCJN, 16 de mayo de 2018 (fecha de resolución).
- Resolución juicio de amparo indirecto 112/2017, emitida por el Primer Tribunal Colegiado en Materias Penal y Administrativa del Quinto Circuito, 14 de diciembre de 2017 (fecha de resolución).
- Resolución juicio de amparo indirecto 1 166/2015, emitida por el Juez Segundo de Distrito en el Estado de Sonora, 28 de noviembre de 2016 (fecha de resolución).
- Ruiz-Sanz, M. (2016). La indefinición semántica de la expresión “justicia ambiental” y sus comprensibles circunstancias estratégicas. *Cuadernos Electrónicos de Filosofía del Derecho*, 34, 270-293.
- Salvatierra, S., Castaño, P., Arredondo, O., Dupuy, J. y Garduño, J. (2018). *Fideicomisos en México. El arte de desaparecer dinero público*. Fundar, Centro de Análisis e Investigación. <https://fundar.org.mx/mexico/pdf/FideicomisosEnMexico.pdf>
- Sánchez, B. (8 de octubre de 2017). Zona Económica Especial le debe millones a campesinos de tres ejidos en Michoacán y Guerrero. *Timonel*. <http://www.timonel.mx/2017/10/08/zona-economica-especial-le-debe-millones-a-campesinos-de-tres-ejidos-en-michoacan-y-guerrero/>
- Sánchez, V. (30 de septiembre de 2017). Líos con tierras, retrasan Zona Económica Especial en el Istmo, Oaxaca. *NVI Noticias*. <http://www.nvinoticias.com/nota/71780/lios-con-tierras-retrasan-zona-economica-especial-en-el-istmo-oaxaca>

Solicitud de ejercicio de la facultad de atracción 27/2018, del índice de la Segunda Sala de la SCJN, 11 de abril de 2018 (fecha de resolución).

Solicitud de ejercicio de la facultad de atracción 46/2018, emitida por la Segunda Sala de la SCJN, 16 de mayo de 2018 (fecha de resolución).

Toscana-Aparicio, A. y Canales-Hernández, P. (2017). Gestión de riesgos y desastres socioambientales. El caso de la mina Buenavista del cobre de Cananea. *Investigaciones Geográficas*, 0(93). doi: 10.14350/rig.54770

Tribuna. Diario independiente. (4 de septiembre de 2017). Zona económica especial, negocio de unos cuantos. Autor. <http://tribunacampeche.com/yucatan/2017/09/04/zona-economica-especial-negocio-unos-cuantos/>

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2016). *Diagnóstico ambiental en la cuenca del río Sonora afectada por el derrame del represo "Tinajas 1" de la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora. Informe final*. Autor. <http://www.fideicomisario.sonora.gob.mx/docs/Estudios%20y%20Proyectos/INFORME%20FINAL%20UNAM.pdf>

Agua subterránea en el noroeste de México. Baja California Sur y Sonora: Sobreexplotación y opciones para mitigar los impactos del cambio climático

Mary Belle Cruz Ayala / Alba E. Gámez /
Elia Tapia Villaseñor / Jobst Wurl

Introducción

Las relativamente bajas tasas de precipitación en el noroeste mexicano, cuyo territorio despliega condiciones de alta aridez, exhiben la vulnerabilidad social y ecológica de una de las regiones más dinámicas del país, económica y demográficamente. Las variaciones asociadas al cambio climático han exacerbado en la región las presiones derivadas de modelos intensivos de producción agropecuaria, minera, pesquera e industrial, y del aumento del crecimiento urbano. Particularmente sensible es la vulnerabilidad ante la escasez y la reducción de la calidad del agua. Esto afecta de manera adversa a los propios procesos económicos y a la calidad de vida de los habitantes, a la par que altera los ecosistemas en que aquéllos se fundamentan.

Durante verano y otoño, las tormentas tropicales ayudan a mitigar severos períodos de sequía, pero esta fuente de agua no ha sido totalmente aprovechada. La Recarga Manejada de Acuíferos (MAR, por sus siglas en inglés) ha mostrado ser eficaz en varios casos; sin embargo, el noroeste mexicano enfrenta diversos retos para la recarga de los acuíferos, las estrategias de almacenamiento y la recuperación de agua e infraestructura. Lo anterior hace crucial tanto afrontar los nuevos escenarios hidrológicos en un contexto de aumento de temperaturas y proyección de sequías más severas, como desarrollar alternativas para el manejo del agua subterránea, especialmente en aquellas zonas donde no hay un abastecimiento suficiente de agua superficial.

En este capítulo se presenta una visión general de los desafíos del manejo del agua subterránea en Baja California Sur y Sonora. Estas dos entidades, aunque disímiles en términos del volumen de su población, composición económica sectorial y fuentes de agua, comparten el desierto sonorense como marco de sus procesos socioecológicos. El texto está dividido en cuatro secciones. En la primera se ofrece una breve introducción

a los retos que enfrentan los socio-ecosistemas para lidiar con los efectos adversos del cambio climático; en la segunda se revisa la Recarga Manejada de Acuíferos como una estrategia para la resiliencia en zonas áridas; en la tercera se explora la cooperación binacional entre México y Estados Unidos como un mecanismo útil para el manejo de aguas subterráneas, del que pueden derivar esquemas de colaboración dentro del país; y en la cuarta parte se discuten las posibilidades de usar técnicas MAR para recuperar los acuíferos en Sonora y Baja California Sur.

Resiliencia de socio-ecosistemas en un contexto de cambio climático

En las últimas décadas ha aumentado la literatura científica que analiza las interacciones sociales y ecológicas como un sistema, buscando explicar fenómenos complejos, para lo que las nociones tradicionales de aproximación al conocimiento resultan insuficientes. En este nuevo enfoque destaca la idea de que lo ambiental no puede ser separado de lo social si se desea no solamente comprender, sino incidir en transformaciones que redunden en la conservación de la biodiversidad y en mayores posibilidades de bienestar para las sociedades humanas (Balvanera *et al.*, 2017).

Lo anterior parte del reconocimiento de que la intervención humana en la naturaleza ha reconfigurado las funciones y los servicios de los ecosistemas, alterando sus estructuras y procesos. De ese modo, si bien se ha alcanzado alguna adaptación, la degradación de los ecosistemas y la crisis ecológica muestran las limitaciones del aprendizaje social para manejar una relación en sí compleja (Ferrer *et al.*, 2012). En ese mismo sentido, cualquier proceso de comprensión y de intervención exitosa requiere considerar las relaciones de poder, la desigualdad en el acceso y la distribución de recursos (ambientales y sociales), los aspectos institucionales que rodean la gestión ambiental y los modelos de crecimiento económico en que se basa la apropiación de los recursos ecosistémicos, entre otros elementos.

Aunado a la complejidad que representa la relación sociedad-ecosistema, el cambio climático y sus efectos sobre los recursos naturales y las actividades humanas se insertan como un elemento dentro de la ecuación. Para entender mejor los socio-ecosistemas (SES) ante escenarios de incertidumbre climática, el concepto de resiliencia ha resultado útil como marco de referencia (Scott y Lutz, 2016). Resiliencia es la capacidad de un sistema para absorber los cambios y mantener sus funciones y estructura esenciales (Walker y Salt, 2012). Se reconoce que los cambios en los sistemas naturales y humanos no son lineales ni impredecibles. Por lo tanto, es fundamental estar preparado para enfrentar los cambios y mantener las funciones clave.

Una sociedad que puede anticipar posibles escenarios futuros y disponer de opciones para enfrentar efectos negativos tiene una mayor probabilidad de evitar consecuencias catastróficas. Por ejemplo, ¿cómo enfrentar la escasez de agua y las sequías que se pronostican en el futuro debido al calentamiento global? Parte de la respuesta es reconocer que los sistemas naturales no son estacionarios y que los seres humanos hemos modificado patrones naturales de los ecosistemas, lo que incrementa la vulnerabilidad.

El Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático ha definido la vulnerabilidad ante al cambio climático como la predisposición de una región o un sector a ser severamente afectado (Houghton *et al.*, 2001). Este concepto abarca otras definiciones, como susceptibilidad, riesgo o falta de capacidad de adaptación (frente al cambio climático). Retomando esta definición, la falta de fuentes confiables de agua para el futuro coloca a los estados de Baja California Sur y Sonora frente a una gran vulnerabilidad. Esta condición limita las actividades productivas futuras, pero también afecta los ecosistemas que dependen del agua subterránea.

En lo referente a la disponibilidad de agua en zonas áridas y semiáridas de México, para mitigar los impactos que el cambio climático puede generar es necesario integrar catálogos de proyectos de infraestructura (especialmente de pequeña y mediana escala) que permitan recuperar los acuíferos, pero también se requiere de políticas públicas específicas que incentiven esas acciones. Como se indica enseguida, los proyectos de Recarga artificial o Manejada de Acuíferos pueden ser parte de una estrategia efectiva para fortalecer la resiliencia en zonas áridas.

*La Recarga Manejada de Acuíferos como estrategia
para la resiliencia en zonas áridas*

La Recarga artificial o Manejada de Acuíferos o MAR es un concepto que se utiliza para describir diversos métodos aplicados con el objeto de incrementar la recarga y el almacenamiento de agua subterránea cuando está disponible, y recuperarla del mismo acuífero en el momento futuro en que se requiera (Dillon, 2005; Khan *et al.*, 2008). Hay varios métodos que pueden clasificarse como MAR, entre los que se encuentran los siguientes (Dillon, 2005; Page *et al.*, 2018):

- 1) Almacenamiento en acuífero y recuperación. El agua se inyecta por medio de un pozo y se recupera a través del mismo.
- 2) Almacenamiento en acuífero, transferencia y recuperación. El agua es inyectada por medio de un pozo para almacenarla en el acuífero y recuperarla en diferente(s) pozo(s).

- 3) Tratamiento del acuífero a través del suelo. Usualmente se utiliza agua proveniente de una planta de tratamiento y se envía a lagunas con un suelo permeable para que se infiltre lentamente. El suelo funciona como un filtro que ayuda a limpiar de patógenos y nutrientes. El agua es recuperada después de un tiempo de residencia en el acuífero.
- 4) Diques de infiltración. El agua subterránea es extraída desde un pozo o un cajón hidráulico cerca o debajo de un lago o río para inducir la infiltración desde el cuerpo de agua superficial y con ello mejorar la calidad del agua recuperada.
- 5) Cosecha de agua de lluvia. El agua de lluvia es desviada hacia un pozo o un cajón hidráulico con un filtro de arena o grava y se percola hacia la capa freática, donde el agua almacenada puede ser bombeada desde un pozo.
- 6) Lagunas de infiltración. Usualmente son construidas fuera del lecho del río hacia donde es desviada el agua para que se infiltre (generalmente a través de la zona no saturada) hacia el acuífero no confinado.
- 7) Diques para recarga y liberación. Represas o presas construidas en cauces efímeros que son usados para detener el agua de tormenta y, posteriormente, liberarla lentamente hacia el cauce del arroyo aguas abajo para incrementar la capacidad de infiltración en el acuífero y su recarga.
- 8) Galerías de infiltración. Se construyen trincheras en suelos permeables que permiten la infiltración a través de la zona no saturada hacia un acuífero no confinado.

La determinación del tipo de proyectos MAR a desarrollar depende de varios factores: el presupuesto, la oferta de agua en cantidad y calidad suficiente respecto al uso, la existencia de un acuífero como receptor del agua, el tipo de fuente de agua a recargar (agua de lluvia o efluente), la disponibilidad de terreno para construir las instalaciones (Casanova *et al.*, 2016; Dillon, 2005; Page *et al.*, 2018), el tipo de acuífero (confinado, no confinado, kárstico, entre otros), y una conexión natural o artificial (por ejemplo, por medio de pozos de infiltración) entre la superficie y el acuífero, y el destino final del agua recargada.

Generalmente, los proyectos de recarga vía pozos de inyección requieren que el agua cumpla con mayores estándares de calidad; en tanto que en los proyectos MAR a través de lagunas de infiltración puede usarse agua tratada adecuadamente y utilizar el suelo como una capa filtrante (Hartog y Stuyfzand, 2017).

Los costos de instalación y operación de los proyectos MAR pueden variar dependiendo de la calidad de la fuente de agua y del destino final del agua recargada. En general, estos proyectos son menos caros que la instalación de plantas para desalar agua de mar (Dillon, 2005; Hutchinson, 2017; Maliva, 2014). Esto los convierte en una opción

viable para incrementar la disponibilidad de agua en países en vías de desarrollo, especialmente en zonas áridas y semiáridas. La aplicación de los proyectos MAR, y el agua proveniente de los mismos, puede destinarse para:

- 1) Riego de cultivos agrícolas, dependiendo de la calidad del agua necesaria para producir alimentos para consumo humano o forraje para ganado.
- 2) Como una barrera para detener la intrusión salina en acuíferos costeros.
- 3) La recuperación de acuíferos sobreexplotados.
- 4) Provisión de agua para servicios ambientales en ecosistemas ribereños.
- 5) Disminución de la subsidencia del terreno.
- 6) Como fuente adicional para provisión de agua potable.

Adicionalmente, al reconocer la conectividad entre las aguas superficiales y subterráneas, se entiende que la Recarga Manejada de Acuíferos tiene el potencial de contribuir al caudal ecológico en las zonas áridas de México, en caso de que la carga hidráulica así lo permita. Comúnmente, la descarga de agua subterránea ocurre sobre corrientes de agua superficial y ríos, y representa la mayor fuente de suministro de éstos. La descarga de agua subterránea se presenta a través de los sedimentos saturados tanto en el lecho como en los extremos laterales de los cauces, o a través de la roca permeable adyacente a la corriente de agua, donde la elevación del nivel freático es mayor que la elevación de la superficie del cauce. Los cauces superficiales que reciben descarga de agua subterránea se denominan «cauces ganadores» y aquellos que pierden flujo a través de un acuífero se denominan «cauces perdedores». La tasa de flujo y el sentido entre un cauce de agua superficial y un acuífero adyacente depende tanto del gradiente hidráulico entre los dos cuerpos de agua, como de la conductividad hidráulica del medio geológico que comprende la interface de agua subterránea/agua superficial (Barlow y Leake, 2012).

Se conoce como caudal ecológico a la cantidad de agua necesaria para mantener la salud, integridad y productividad de las especies riparias y acuáticas que habitan en los ecosistemas ribereños (King *et al.*, 2003; Tharme *et al.*, 2008; Opperman *et al.*, 2018). Los caudales ambientales representan vida y refugio para las especies ribereñas y acuáticas que habitan en el desierto. Así mismo, brindan servicios ecosistémicos que incluyen provisión de agua y alimentos, purificación de agua, tratamiento de residuos, mitigación de sequía, transporte de nutrientes, conservación de biodiversidad, recreación, y sitios religiosos y culturales (Acreman *et al.*, 2014; Hirji y Davis, 2009; Postel y Richter, 2003). Sin embargo, proveer agua al medio ambiente representa un reto para los administradores de este recurso y del suelo, especialmente en las zonas desérticas que se ven constantemente afectadas por sequías e incertidumbres climáticas (Tapia-Villaseñor, 2020).

El aumento en la recarga acuífera, derivado del MAR, podría representar, sin lugar a duda, un aumento en la descarga de agua subterránea en los ríos y arroyos de las zonas áridas de México.

Ejemplos de MAR en Estados Unidos

El inicio de los proyectos MAR surgió de la necesidad de mejorar la calidad del agua que se recargaba de forma incidental (Dillon *et al.*, 2018). Por ejemplo, agua descargada en los arroyos proveniente de plantas de tratamiento o agua de lluvia que era desviada para prevenir inundaciones y que, posteriormente, se evaluó que podría usarse para recarga del acuífero. En el mundo se reconoce como pionero en el desarrollo e implementación de proyectos MAR a Estados Unidos (especialmente a sus estados de Arizona y California), Israel y Australia. Un ejemplo paradigmático es Arizona, en donde fue construido un andamiaje jurídico, además de impulsarse programas públicos e investigación para garantizar su funcionamiento en el largo plazo en torno a los proyectos MAR (Megdal, 2007; Silber-Coats y Eden, 2017).

En el estado de Arizona, respecto a los proyectos MAR, los experimentos iniciales fueron realizados por el Centro de Investigación de Recursos Hídricos (WRRC, por sus siglas en inglés), de la Universidad de Arizona, conducidos por el Dr. Herman Bouwer (Dillon *et al.*, 2018). La aprobación del Acta para el Manejo de Agua Subterránea en 1980, en ese estado, propició la construcción de instalaciones MAR como una opción para almacenar el agua proveniente del río Colorado (Megdal, 2007). El perfeccionamiento de los sistemas de tratamiento de agua residual ha permitido que, además del agua de dicho río, se haya comenzado a usar agua tratada para recuperar los acuíferos. En 2018, se aprobaron regulaciones específicas para autorizar el uso de agua tratada, con altos estándares de calidad, para integrarse a los sistemas de distribución de agua potable (Title 18. Environmental Quality, 2019).

California tiene uno de los sistemas más robustos para el manejo del agua usando métodos MAR. En 2014, se aprobó el Acta para el Manejo Sustentable de Agua Subterránea y el Plan de Acción para el Agua como esquema de transición para los primeros cinco años. En el acta se definen las cuencas con prioridad media y alta en las cuales en 20 años se deberá alcanzar el balance entre recarga y extracción de agua subterránea (California Department of Water Resources, 2014). Previo a la publicación de la citada acta, se han documentado proyectos MAR exitosos. Por ejemplo, en el Condado Orange está funcionando un proyecto MAR, donde el agua tratada, con altos estándares de calidad, se inyecta al subsuelo para recuperar el acuífero y ayudar a disminuir la intrusión salina (Dillon *et al.*, 2018; Herndon y Markus, 2014; Hutchinson, 2017).

MAR en México

En México, desde finales de 1950 se han diseñado o desarrollado proyectos MAR. En general, existen dos tipos: 1) un grupo que incluye propuestas de investigación, estudios exploratorios o prototipos creados por investigadores o consultores. Usualmente, tales proyectos han funcionado con éxito; sin embargo, en la mayoría de los casos no han sido transformados en instalaciones de mediana o gran escala. 2) El segundo grupo incluye instalaciones que usan métodos MAR con un plan de monitoreo y son administrados por los gobiernos locales –principalmente municipales (Cruz-Ayala y Megdal, 2020).

Una de las primeras referencias de proyectos MAR se ubica en el estado de Jalisco, donde se instalaron lagunas de infiltración con el objetivo de disminuir las inundaciones. Un proyecto similar fue construido en Ciudad de México a principios de la década de 1960. En este caso, se usaron pozos de inyección para infiltrar agua proveniente de una represa. El proyecto funcionó durante varios años, pero tuvo que ser suspendido debido a que se detectaron contaminantes en la presa (Figuroa-Vega, 2017). En esa Ciudad, posteriormente se propusieron proyectos de recarga para disminuir el hundimiento del terreno. Los resultados obtenidos han sido positivos; sin embargo, no se ha implementado un programa de largo plazo para mantenerlos, evaluar los resultados y proponer mejoras.

De manera posterior, también en Ciudad de México, se realizaron experimentos para reusar el agua tratada e inyectarla al acuífero (Lesser y Asociados, 1991). Una de las experiencias exitosas, y que actualmente está en funcionamiento, se ubica en la demarcación territorial de Iztapalapa. Desde 2010, la planta de tratamiento de aguas opera con un sistema de inyección de agua que cumple con los estándares establecidos por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) (Ávila *et al.*, 2017). Este caso representa una oportunidad de aprendizaje para las entidades del centro del país que tienen interés en explorar algún proyecto MAR.

En el norte de México, en una región entre los estados de Durango y Coahuila, se llevaron a cabo experimentos entre 1991 y 2000 usando lagunas de infiltración para evaluar el papel del suelo como capa filtrante y disminuir la presencia de contaminantes (Gutiérrez y Ortiz, 2017). Aunque los resultados fueron positivos, el proyecto no fue transformado en un programa piloto para mejorar la calidad del agua en la región. En el resto del país existen otros ejemplos exitosos desarrollados por investigadores o consultores, pero no han sido retomados o financiados por las autoridades encargadas del manejo del agua.

Aunque la escasez del vital líquido se ha agudizado especialmente en el norte y noroeste mexicano, el gobierno federal no ha incorporado la recarga artificial como uno

de los ejes principales de las políticas públicas para incrementar el agua disponible para consumo humano, o como insumo en la agricultura. A pesar de los impactos negativos ambientales y del alto costo requerido para su construcción y mantenimiento (Wilder *et al.*, 2016), las tres esferas de gobierno –federal, estatal y municipal– han apostado por la construcción de plantas desalinizadoras como la principal alternativa para atender la escasez de agua en la región, especialmente en estados costeros como Baja California, Baja California Sur y Sonora.

A la fecha, los proyectos de investigación realizados y la infraestructura construida usando métodos MAR son ejemplos aislados, no el resultado de una política pública nacional o regional de largo plazo que incorpore los costos y beneficios de diferentes opciones (Cruz-Ayala y Megdal, 2020). Indudablemente, los proyectos MAR no son la panacea para resolver los problemas de sobreexplotación de los acuíferos (Dillon, 2005) o la escasez de agua, pero pueden ser una opción para enfrentar los posibles escenarios de cambio climático, que pronostican menor lluvia, altas temperaturas y lluvias torrenciales cortas.

En México existe información técnica suficiente para el desarrollo de proyectos de recarga, especialmente en regiones áridas y semiáridas del país (Escolero *et al.*, 2017). En el noroeste mexicano, los proyectos MAR deberían incorporarse a un portafolio de propuestas para mejorar el manejo del agua subterránea e incrementar la disponibilidad de agua. Una política regional de este tipo puede vincularse con los esquemas de colaboración (técnica y económica) previstos en los tratados firmados con Estados Unidos. El trayecto seguido para el diseño y la construcción del proyecto ubicado en San Luis Río Colorado, que se trata en la sección siguiente, es un ejemplo que puede guiar futuras colaboraciones entre México y su vecino del norte.

*La cooperación México-Estados Unidos en el manejo de aguas
subterráneas y proyectos MAR*

México y Estados Unidos comparten ríos, cuencas y acuíferos a lo largo de una de las más extensas fronteras internacionales, que rebasa los 3 000 km. Los acuíferos transfronterizos representan una fuente de agua para la agricultura, el consumo humano y la industria, y prestan servicios ambientales en los ecosistemas ribereños. El agua subterránea es el recurso natural más explotado alrededor del mundo. Al menos 45 por ciento de la población mundial que habita en zonas fronterizas depende del agua subterránea para sus actividades primarias (Eckstein y Eckstein, 2005; Eckstein y Sindico, 2014). Sin embargo, esta cifra podría incrementarse hasta 100 por ciento en las comunidades fronterizas de Estados Unidos y México (Eckstein, 2011). En este sentido, el entendimiento del agua

subterránea compartida entre ambas naciones y la colaboración científica es esencial para el mantenimiento de las actividades productivas y los ecosistemas de la región.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) ha trabajado por décadas a lo largo de las ciudades fronterizas para resolver problemas relacionados con propiedad de aguas, saneamiento, calidad de agua y control de inundaciones. La Comisión consta de dos secciones, una en Estados Unidos (International Boundary and Water Commission [IBWC]) y otra en México (CILA). La sección estadounidense es una agencia del gobierno federal, que depende del Departamento de Estado, y su oficina principal se encuentra en El Paso, Texas. La sección mexicana se rige por la Secretaría de Relaciones Exteriores, con oficinas principales en Ciudad Juárez, Chihuahua. Las dos secciones cuentan con un comisionado que representa a cada país.

El Tratado para la utilización de las aguas de los ríos Colorado y Tijuana, así como del río Bravo (*Tratado*, 1944) es el documento principal para la distribución de las aguas fronterizas entre México y Estados Unidos. Sin embargo, ese texto solamente se refiere a las aguas superficiales, dejando a un lado las subterráneas. La CILA/IBWC trabaja con diferentes instituciones para resolver, caso por caso, cualquier problema relacionado con los límites y aguas fronterizas mediante la utilización de *minutas*. Una minuta puede definirse como una interpretación del Tratado de 1944, debe ser aprobada por ambos comisionados y representa un acuerdo obligatorio entre ambos países (Milanés-Murcia, 2017).

Respecto a esta relación bilateral, el cuadro 6 muestra los principales eventos en la evolución del manejo de agua entre México y Estados Unidos, comenzando por el Tratado de Guadalupe Hidalgo de 1848, y terminando con la firma del Informe Común Referente al Proceso de Cooperación Conjunta México-Estados Unidos para el Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos.

Cabe mencionar que existen dos sucesos importantes que han marcado el desarrollo de la cooperación entre México y Estados Unidos respecto a problemas ambientales: la firma del Acuerdo para la Protección y Mejora del Medio Ambiente en la Región Fronteriza (Acuerdo de La Paz), en 1983, y la creación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (Cocef, o BECC, por sus siglas en inglés) y del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN, o NADBank, por sus siglas en inglés).

La Cocef y el NADBank tienen como objetivo apoyar a las comunidades fronterizas en la coordinación y el desarrollo de proyectos de infraestructura ambiental y han proporcionado fondos para proyectos de saneamiento, agua potable y MAR en Sonora (Michel, 2003). El proyecto MAR construido en San Luis Río Colorado representa un ejemplo de este tipo de colaboración, ya que estuvo financiado con recursos del NADBank y formó parte de las obras de ampliación de la planta de tratamiento de agua para el municipio.

Con apoyo técnico de investigadores como el Dr. Peter Dillon (Australia) y el Dr. Herman Bouwer (Estados Unidos), se realizaron estudios experimentales para evaluar la factibilidad del terreno para desarrollar un proyecto MAR (H. Hernández, comunicación personal, 20 de abril de 2017). El financiamiento fue proporcionado por el Programa para la Infraestructura Ambiental Fronteriza México-Estados Unidos del NADBank. Otro ejemplo de colaboración binacional es el de la recarga incidental que se produce en el acuífero Los Alisos, como producto de la descarga de aguas tratadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Los Alisos, Sonora, cuyas instalaciones fueron financiadas por la Conagua; el Organismo Operador del Sistema de Agua Potable de Nogales, Sonora; la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y la Cocef, dentro del esquema de cooperación establecido en el Acuerdo de La Paz (véase cuadro 1).

El Informe Común Referente al Proceso de Cooperación Conjunta México-Estados Unidos para el Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos (Marco Cooperativo) se firmó en agosto de 2009 y sirve como mecanismo de cooperación entre ambos países. Su eje primordial es evaluar el estado de los acuíferos de interés e incrementar la información científica disponible en ambos lados de la frontera (véase mapa 1). Si bien este programa no tiene el alcance suficiente para la implementación de políticas de manejo binacional de agua subterránea y el desarrollo de obras de recarga transfronterizas, el Marco Cooperativo del Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos (TAAP, por sus siglas en inglés) puede servir como modelo de cooperación para el desarrollo de proyectos de evaluación de acuíferos transfronterizos (Tapia-Villaseñor, 2020). Dichos proyectos, en caso de ser aprobados por ambos países y en seguimiento del Marco Cooperativo del TAAP, podrían coadyuvar a la implementación de estudios ambientales y de factibilidad de obras de recarga en los acuíferos transfronterizos de México y Estados Unidos.

Los acuerdos signados entre México y Estados Unidos pueden ser utilizados como referencia para construir memorandos de entendimiento entre ambas naciones, que se enfoquen en la colaboración técnica para el desarrollo de proyectos MAR y en la capacitación de los tomadores de decisiones y del personal técnico a cargo de infraestructura de recarga en México. Por ejemplo, en Baja California Sur, durante dos años, el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero La Paz-Carrizal creó, con el apoyo de organizaciones civiles, un programa de colaboración con el Instituto del Agua de Arizona. Esto permitió que concesionarios de agua y algunos representantes del sector inmobiliario conocieran la experiencia de Arizona en proyectos MAR. Sin embargo, esta colaboración no pudo permanecer como un programa de largo plazo porque se carecía de un marco oficial de colaboración o cooperación.

Para el caso de Sonora, la oportunidad de expandir la cooperación técnica es mayor, ya que existen ecosistemas y acuíferos compartidos con el estado de Arizona y se cuenta

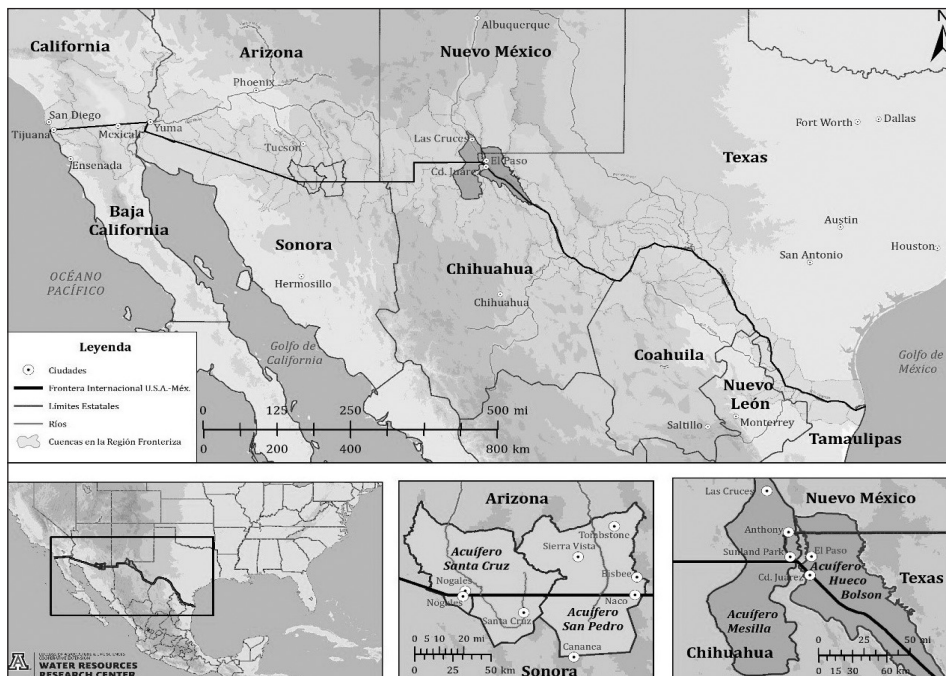
con diversos acuerdos bilaterales. Los convenios entre los gobiernos de México y Estados Unidos podrían ayudar a fortalecer la colaboración técnica en el desarrollo de proyectos MAR en municipios fronterizos.

Cuadro 1. Acuerdos binacionales en la evolución del manejo de agua entre los Estados Unidos y México

<i>Año</i>	<i>Evento</i>	<i>Objetivo</i>
1848	Tratado de Guadalupe Hidalgo	Definir la línea internacional
1889	Convención que creó la CILA	Asegurar el cumplimiento de los acuerdos y tratados transfronterizos entre Estados Unidos y México
1944	Tratado para la utilización de las aguas de los ríos Colorado y Tijuana y del río Bravo	Asignar las aguas de los ríos internacionales entre Estados Unidos y México. Ampliación de las funciones de la CILA
1983	Acuerdo para la protección y mejora del medio ambiente en la región fronteriza (Acuerdo de La Paz)	Proporcionar pautas para la participación binacional de los diferentes niveles de gobierno en el diseño e implementación de soluciones ambientales transfronterizas
1992	Lanzamiento del Plan Ambiental Integrado para la región Fronteriza México-Estados Unidos (IBEP, por sus siglas en inglés)	Fortalecer la ejecución de leyes ambientales, incrementar la planeación en colaboración, completar la ampliación de instalaciones para el tratamiento de aguas residuales
1992	Creación de la Junta Ambiental del Buen Vecino (GNEB, por sus siglas en inglés)	Asesorar al presidente y al Congreso de Estados Unidos sobre temas relacionados con el medio ambiente y la infraestructura
1993	Creación de la BECC/Cocef y del NAD-Bank	Asistir a las comunidades en ambos lados de la frontera para coordinar y llevar a cabo proyectos de infraestructura ambiental
1996	Lanzamiento del Programa Frontera XXI	Promover el desarrollo sustentable de la frontera
2006	Ley de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos 109-448	Participar en evaluaciones de acuíferos binacionales para acuíferos prioritarios específicos
2009	Informe Común Referente al Proceso de Cooperación Conjunta México-Estados Unidos para el Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos	Establecer el Programa de Evaluación de Acuíferos entre México y Estados Unidos, con el objetivo de ampliar el conocimiento de las aguas subterráneas compartidas en acuíferos prioritarios

Fuente: Elaboración propia con base en Michel (2003).

Mapa 1. Acuíferos prioritarios del Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos



Fuente: Water Resources Research Center (s. f.).

El agua subterránea en el noroeste de México: situación hídrica y MAR en Sonora y en Baja California Sur

En México, la disponibilidad de agua está irregularmente distribuida: en el norte y centro del país se estima que es de 1 734 metros cúbicos por persona (m^3 /per cápita), por año, mientras que en el sureste es de 13 097 m^3 /per cápita por año (Arreguín *et al.*, 2011). Además, se calcula que 58 por ciento del territorio nacional está conformado por ecosistemas áridos o semiáridos (Oswald y Sánchez, 2011). La precipitación pluvial promedio anual en la región Noroeste¹ es de menos de 500 milímetros (mm): en Baja California es de 456 mm, en Baja California Sur de 200 mm y, en Sonora, en promedio se registran 465 mm anualmente (Conagua, 2018a; Magaña y Conde, 2000).

¹ México está dividido en ocho regiones. Los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora conforman la región Noroeste, cuyas colindancias son las siguientes: al norte con Estados Unidos, al este con Coahuila y Zacatecas, y al sur con Jalisco y Nayarit.

A las condiciones anteriores se añaden las constricciones del cambio climático global. Altas temperaturas podrían generar sequías más severas, y en las zonas costeras los huracanes y tormentas tropicales podrían intensificarse (Arreguín *et al.*, 2011; Scott y Lutz, 2016). Especialmente en el noroeste del país, las lluvias torrenciales de verano suelen generar inundaciones y, paradójicamente, el agua escasea en otras épocas del año. Sin embargo, en esta misma región no existe la infraestructura suficiente para almacenar o manejar el agua en épocas que abunda para utilizarla en el futuro. Estas condiciones de abundancia-escasez permiten sugerir que los proyectos MAR son opciones viables para la gestión del agua en Baja California Sur y en Sonora, lo cual cobra relevancia si se consideran los escenarios climáticos futuros para la región y los conflictos relacionados con el acceso a la calidad del agua, derivados del tipo de explotación económica de los recursos naturales (Centro Latinoamericano de Estudios Ambientales [Celem], 2015; Nájjar, 2015; Rodríguez, 2018; Romo, 2018).

Agua subterránea y MAR en Sonora

El estado de Sonora tiene una superficie continental de 179 503 km² y una población de más de tres millones de habitantes registrados a mediados de 2017, esto lo convierte en el segundo estado más grande del país territorialmente, pero también en uno de los menos poblados con relación a su tamaño (véase cuadro 2). Con tasas de crecimiento económico más altas que el promedio nacional, la agricultura, la ganadería, la minería y los servicios hacen que su contribución al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (3.46 % en 2017) esté entre los primeros ocho lugares en el contexto nacional. El agua renovable per cápita es equivalente a 2 358 m³ por habitante por año y la precipitación normal anual para el período de 1981-2010 fue de 465 mm (Conagua, 2018a).

Cuadro 2. Datos geográficos y socioeconómicos en Sonora

<i>Clave</i>	<i>Entidad Federativa</i>	<i>Superficie continental (km²)</i>	<i>Agua renovable 2017 (hectómetros cúbicos, hm³/año)</i>	<i>Población a mediados de 2017 (millones de habitantes)</i>	<i>Agua renovable per cápita 2017 (m³/hablaño)</i>	<i>Aportación al PIB nacional 2016 (%)</i>
26	Sonora	179 503	7 154	3.01	2 358	3.46 %

Fuente: Conagua (2018a).

En lo que respecta a los usos del agua, Sonora cuenta con un volumen concesionado de 7 292.5 hm³, de los cuales 6 389.9 hm³ han sido asignados al sector agrícola; 771.3 hm³ son utilizados para el abastecimiento público; 114.8 hm³, para la industria

autoabastecida; y 16.5 hm³, para energía eléctrica, excluyendo la hidroelectricidad (Conagua, 2018a) (véase figura 1); 40 por ciento de los volúmenes son abastecidos con agua subterránea y 60 por ciento con agua superficial (Conagua, 2017a).

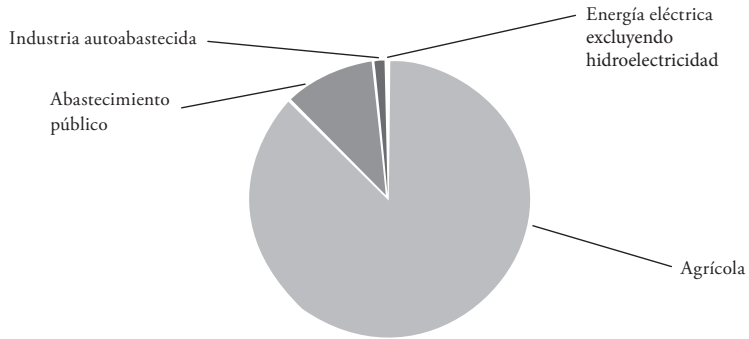
Existen 62 acuíferos en el estado de Sonora, cuya disponibilidad de agua subterránea se encuentra publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* (Acuerdo, 2018) (véase mapa 2).

De los acuíferos descritos, 31.6 por ciento presenta un déficit que varía entre -0.03 a -97.00 hm³, con el acuífero Costa de Hermosillo y Caborca liderando la lista, ambos con problemas de intrusión salina (véase cuadro 3). En Sonora se han realizado distintos proyectos exploratorios para proyectos MAR. Palma *et al.* (2015) evaluaron para Hermosillo un modelo de recarga de agua proveniente de una planta de tratamiento, usando lagunas de infiltración, y propusieron diversos escenarios. Uno de ellos permite destinar la mayor parte del agua tratada para recarga, lo que significa reducir sustantivamente el área de riego a un solo cultivo por año y cambiar a cultivos que usen menos agua. Otro escenario es que el agua sea compartida con los agricultores de la zona y una porción pueda destinarse a un proyecto MAR. En el segundo escenario analizado la tasa de recuperación del acuífero es más lenta, pero parece el más viable, ya que podrían mantenerse las actividades agrícolas y un proyecto MAR.

En 2012, ante el interés de organizaciones gubernamentales y organizaciones civiles por conocer las condiciones geohidrológicas de los distintos acuíferos sobreexplotados y de analizar alternativas para incrementar su disponibilidad de agua a través de la recarga artificial (MAR), se llevaron a cabo tres proyectos exploratorios en los acuíferos Caborca, Costa de Hermosillo y Valle de Guaymas en el estado de Sonora (Minjarez *et al.*, 2012a, 2012b, 2012c). Estos estudios fueron desarrollados con apoyo de un equipo técnico del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y con fondos de la Conagua. El objetivo fue identificar posibles sitios para proyectos MAR e infraestructura de recarga, destinados al eventual desarrollo de las obras propuestas.

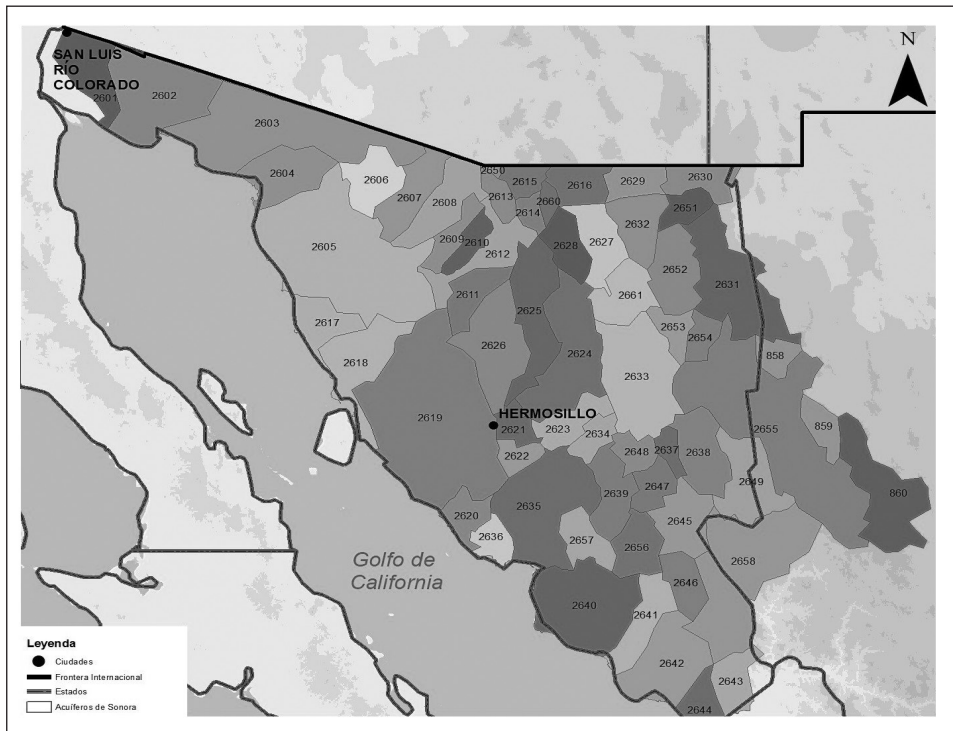
Una de las instalaciones MAR más exitosas en el país por la cantidad de agua recargada anualmente, la permanencia del proyecto y el programa de monitoreo implementado se ubica en San Luis Río Colorado (Sonora). Desde 2007, el organismo operador de agua en el municipio utiliza lagunas de infiltración para recargar agua al acuífero (Hernández-Aguilar, 2017). El recurso proviene de la planta de tratamiento y cumple con las especificaciones que la Conagua establece para la descarga a cuerpos de agua. Actualmente se están recargando 8.2 millones de metros cúbicos anuales (Mm³/a), que es un volumen mayor al déficit que registra el acuífero (Hernández-Aguilar *et al.*, 2018).

Figura 1. Volúmenes concesionados por uso en el estado de Sonora, 2017 (hm³)



Fuente: Conagua (2018a).

Mapa 2. Acuíferos en la región hidrológico-administrativa II. Noroeste



Fuente: Elaboración propia con base en la Conagua (2018b).

Cuadro 3. Disponibilidad de agua subterránea
en los acuíferos del estado de Sonora

<i>Acuífero</i>	<i>Disponibilidad (hm³)</i>	<i>Acuífero</i>	<i>Disponibilidad (hm³)</i>
2 601 Valle De San Luis		2 631 Río Bavispe	1.506
Río Colorado	41.535	2 632 Río Frontera	7.824
2 602 Los Vidrios	1.005	2 633 Río Moctezuma	2.950
2 603 Sonoyta-Puerto Peñasco	-81.928	2 634 Río Matape	5.340
2 604 Arroyo Sahuaro	-8.353	2 635 Valle de Guaymas	-10.19
2 605 Caborca	-90.870	2 636 San José de Guaymas	-13.898
2 606 Los Chirriones	-0.670	2 637 Río Bacanora	3.922
2 607 Arroyo Seco	-0.546	2 638 Río Sahuaripa	23.145
2 608 Río Altar	0.366	2 639 Río Tecoripa	8.122
2 609 Busani	-2.308	2 640 Valle del Yaqui	2.252
2 610 Coyotillo	-8.285	2 641 Cocoraque	0.120
2 611 La Tinaja	-0.934	2 642 Valle del Mayo	11.792
2 612 Magdalena	-10.015	2 643 Cuchujaqui	22.993
2 613 Río Alisos	4.363	2 644 Fuerte-Mayo	8.867
2 614 Cocospera	4.844	2 645 Río Chico	10.875
2 615 Río Santa Cruz	3.303	2 646 Rosario-Tesopaco-	
2 616 Río San Pedro	-7.49	El Quiriego	17.429
2 617 Puerto Libertad	0.024	2 647 Onavas	2.900
2 618 Arivaipa	0.007	2 648 Soyopa	3.365
2 619 Costa de Hermosillo	-97.007	2 649 Yécora	10.489
2 620 Sahuaral	-10.258	2 650 Nogales	0.116
2 621 Mesa del Seri-La Victoria	-49.405	2 651 Batevito	12.828
2 622 La Poza	1.853	2 652 Villa Hidalgo	9.267
2 623 Santa Rosalía	0.991	2 653 Huasabas	5.364
2 624 Río Sonora	5.132	2 654 Bacadehuachi	9.57
2 625 Río San Miguel	16.528	2 655 Nacori Chico	11.096
2 626 Río Zanjón	-14.112	2 656 Cumuripa	10.926
2 627 Río Bacoachi	-4.539	2 657 Agua Caliente	9.434
2 628 Río Bacanuchi	-0.034	2 658 San Bernardo	23.995
2 629 Río Agua Prieta	-1.197	2 660 Cuitaca	0.936
2 630 Arroyo San Bernardino	11.777	2 661 Cumpas	11.528

Fuente: Conagua (2018b).

El proyecto es manejado por el sistema operador del agua con recursos propios, en tanto culmina el proceso administrativo definido en la Ley Federal de Derechos para recibir los incentivos financieros por la recarga al acuífero.

Agua subterránea y MAR en Baja California Sur

Baja California Sur representa 3.77 por ciento del territorio nacional y su población (712 029 personas), 0.6 por ciento del total de habitantes del país. Se trata de un territorio prácticamente insular en donde el sector servicios fundamenta la economía especialmente en el turismo en su zona austral, que estimula el comercio (el sector individualmente más relevante en la aportación al PIB). Pese a ubicarse en los primeros lugares del país en algunas pesquerías, ni la pesca ni las actividades agropecuarias significan un gran impacto en las estadísticas productivas estatales o nacionales.

Sin embargo, la actividad agrícola tiene una gran incidencia en la disponibilidad y calidad del agua en la entidad. En cuatro de los cinco municipios del estado esa actividad es básicamente de exportación, y prácticamente en tres cuartas partes de la agricultura se emplea riego, siendo el resto de temporal. Las técnicas de riego utilizadas son goteo, pivote central, riego por tubo a gravedad, aspersión y canal de tierra.

Algunos cálculos indicaban que de los 419 hm³ de agua al año disponibles en el estado, 337 hm³ se dedicaban a la agricultura, y poco más de 82 hm³ a los otros sectores económicos y a la población en general (Graciano, 2013). Datos para 2017 referían una disponibilidad en el estado de 425 hm³ de agua al año, con 81 por ciento dedicado a la agricultura, 15 por ciento al abastecimiento público, y el resto a la industria y a la energía eléctrica (Conagua, 2018a).

La reconversión agrícola sudcaliforniana en la década de 1980 significó un ahorro notable del recurso hídrico, aunque el origen de esta medida fue económico más que ambiental. Este último rubro es de gran relevancia, por ello, ante la preocupación por conservar el líquido en un contexto de cambio climático, se destaca que las siguientes medidas de prevención, entre otras, siguen siendo imperativas (Ivanova y Gámez, 2012):

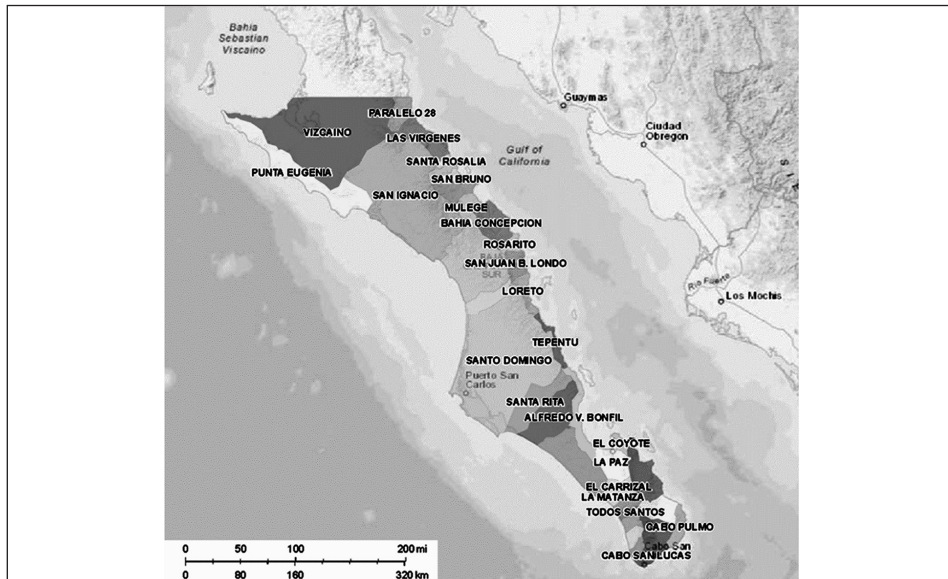
- 1) Promoción del uso sustentable del recurso agua.
- 2) Mejoras en la red de distribución.
- 3) Mejoras en los sistemas de riego.
- 4) Mayor control sobre la extracción del recurso.
- 5) Obras destinadas a la captación de agua de lluvias.
- 6) Medidas que fomenten el ahorro del recurso hídrico por parte de concesionarios.

- 7) Agricultura orgánica y de invernadero.
- 8) Aprovechamiento de aguas tratadas.
- 9) Mejoras al sistema de cobro por derechos de extracción, uso y descarga.
- 10) Evaluación sobre los volúmenes concesionados.

En Baja California Sur, la poca oferta natural de agua ha limitado las posibilidades de desarrollo regional. Con menos de 1 000 m³ por habitante al año, Baja California Sur es una región con escasez crónica de agua, de acuerdo con parámetros internacionales (la disponibilidad anual es de 1 500 a 2 000 m³ por persona). Las condiciones climatológicas de la entidad no favorecen la precipitación pluvial y, además, 75 por ciento de la lluvia no se aprovecha (Conagua, 2018b; Wurl *et al.*, 2009).

Ante la ausencia de fuentes de agua superficiales confiables para el consumo humano, las actividades productivas se basan en la extracción de agua subterránea de los 39 acuíferos de que se dispone en el territorio sudcaliforniano (véase mapa 3).

Mapa 3. Definición de 39 acuíferos en el estado de Baja California Sur

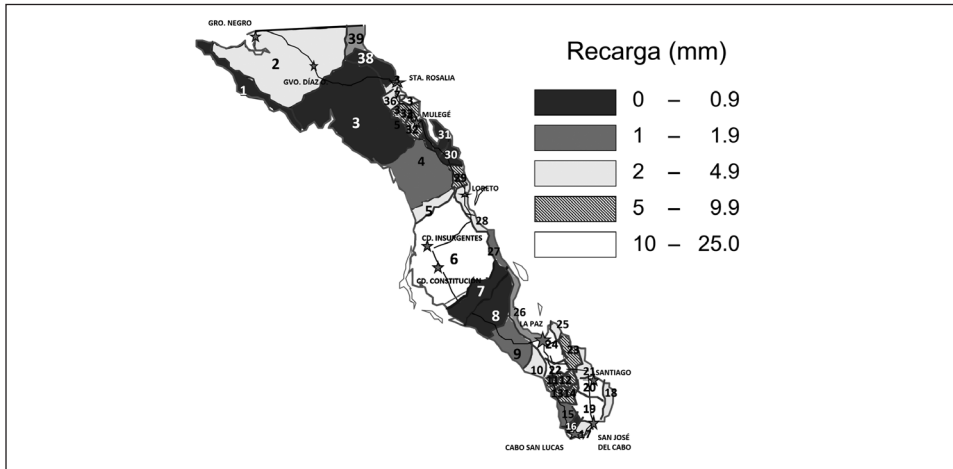


Fuente: Conagua (2018b).

El diagnóstico sobre el estado actual y las perspectivas de la disponibilidad de agua subterránea se basa en los cálculos de la Conagua, la cual define la Disponibilidad de Acuíferos, publicados en el *DOF* (Acuerdo, 2018). Para obtener la disponibilidad

de agua subterránea, la Conagua define, para cada acuífero, los siguientes valores: la Disponibilidad Media Anual (DMA) (en Baja California Sur suma -73.6 hm^3); la Descarga Natural Comprometida (DNC) (suma 106 hm^3); la Recarga Media Anual (R) (446.8 hm^3); y el Volumen de Extracción de Aguas Subterráneas (VEAS) (381.2 hm^3). Los valores obtenidos para la recarga en los 39 acuíferos varían de manera importante (véase mapa 4).

Mapa 4. Recarga de 39 acuíferos en el estado de Baja California Sur según datos de la Conagua



Fuente: Wurl (2017).

Según este balance, la suma de concesiones de agua y el volumen de descargas naturales comprometidas sobrepasan, en el caso de 22 acuíferos, el volumen de la recarga natural por 16.5 por ciento (Acuerdo, 2018) y cinco acuíferos enfrentan serios desequilibrios por la excesiva extracción del recurso hídrico sobre su recarga (véase cuadro 4). Sólo cuatro acuíferos tienen un volumen positivo calculado (véase cuadro 5). Además, la Conagua (2018a) ha identificado cuatro acuíferos con efectos graves de intrusión salina: Santo Domingo, Los Planes, La Paz y Mulegé.

A la fecha, la estrategia para aumentar la oferta de agua y mitigar los impactos del cambio climático en Baja California Sur se ha basado en la desalación de aguas marinas (en su gran mayoría por ósmosis inversa) y en la construcción de presas para retener aguas superficiales. Estas acciones no serán suficientes para enfrentar los retos que el cambio climático podría generar en el futuro. Estudios basados en modelos climáticos sugieren que el ciclo hidrológico se verá afectado tanto por la distribución de lluvias intensas como por la frecuencia de sequías, y se prevé que las tormentas tropicales y huracanes serán más

severos (Ivanova y Gámez, 2012), pero también los períodos de sequía podrían ser más largos. Por ejemplo, Christensen *et al.* (2007) pronostican disminuciones en la precipitación media anual de 5 a 10 por ciento para la península de Baja California. Una opción para obtener volúmenes adicionales de agua es la recarga artificial, lo cual incluye un conjunto de técnicas que permiten aumentar la disponibilidad de aguas subterráneas mediante una intervención consciente, directa o indirecta, en el ciclo natural del agua (Custodio, 1986).

Cuadro 4. Baja California Sur. Acuíferos con un déficit mayor a -5 hm^3

<i>Número</i>	<i>Nombre</i>	<i>Balance hm^3</i>
0306	Santo Domingo	-30.13
0317	Cabo San Lucas	-19.03
0324	La Paz	-7.47
0325	El Coyote	-7.25
0319	San José del Cabo	-5.91

Fuente: Acuerdo (2018).

Cuadro 5. Baja California Sur. Acuíferos con disponibilidad mayor a 1 hm^3

<i>Número</i>	<i>Nombre</i>	<i>Balance hm^3</i>
0338	Las Vírgenes	4.68
0321	San Bartolo	1.41
0301	Punta Eugenia	1.29
0308	Las Pocitas-San Hilario	1.17

Fuente: Acuerdo (2018).

Según cálculos de la Conagua, el volumen total de agua superficial (promedio anual) en el estado alcanza el doble del volumen de la recarga natural. Existen actualmente seis presas importantes en el estado (véase cuadro 5). Sin embargo, ninguna de ellas ha sido diseñada especialmente para incrementar la recarga a los acuíferos y no se conoce el volumen de recarga inducida, provocada por las presas. Aunque se han realizado proyectos de investigación para el diseño y la construcción de proyectos MAR para: *a)* el acuífero de Santo Domingo (Wurl *et al.*, 2009); *b)* el acuífero de La Paz (Conagua, 2011), y *c)* el acuífero de San José del Cabo (Saval, 2013), hasta la fecha ninguno se ha transformado en un proyecto piloto.

Saval (2013) realizó un estudio exploratorio para evaluar la factibilidad de usar la presa San Lázaro, ubicada en el municipio de Los Cabos, para recargar el acuífero local. De acuerdo con la evaluación realizada, la ubicación de la presa no permitiría mantener un monitoreo de la recarga de agua. Por otra parte, Saval (2013) detectó la presencia de contaminantes de origen antropogénico, por lo que recomendó que no se construyera infraestructura específica para MAR. Según la información presentada, la contaminación es puntual, de modo que podría diseñarse e implementar un programa para remover estos elementos, especialmente porque la zona aledaña a la presa no está densamente poblada.

Sin embargo, el beneficio que el agua recargada a través de un proyecto MAR podría prestar a los habitantes de Los Cabos sería de alto impacto, ya que es un municipio con una de las tasas más altas de crecimiento poblacional y con una baja cobertura en el sistema de agua potable. En el municipio de Comondú, Wurl *et al.* (2009) y Wurl e Imaz-La Madrid (2018) han evaluado diferentes escenarios para recuperar el acuífero de Santo Domingo. En éste, la agricultura intensiva ha significado tasas de extracción de agua subterránea mayores a la recarga natural, lo cual ha causado contaminación del acuífero por intrusión salina. De acuerdo con los modelos hidrológicos analizados por Wurl e Imaz-La Madrid (2018), una opción para incrementar la recarga es construir pequeñas represas en zonas con un suelo adecuado para que el agua se infiltre lentamente y, después, liberar el caudal. Usando este tipo de infraestructura, el acuífero podría recuperar en 40 años casi 18 por ciento de su capacidad.

En Baja California Sur existen diversas obras de captura de agua superficial (presas y represas) que almacenan volúmenes de agua de unos pocos metros cúbicos hasta 15 hm³, de los cuales las seis presas más grandes captan un volumen total de 52.6 hm³ (véase cuadro 6).

Conclusiones: retos y recomendaciones para el manejo del agua subterránea en el noroeste mexicano

Crear portafolios de opciones para mejorar el manejo del agua subterránea, que consideren los costos y beneficios (ambientales y sociales) de las diferentes opciones, es indispensable en México. Particularmente en el noroeste mexicano, donde los escenarios climáticos son poco favorables en el mediano y largo plazo, y donde actualmente se presencian crisis ambientales, económicas y sociales relacionadas con el manejo y la distribución del agua.

Baja California Sur es la única entidad en el país que todos los años es afectada por huracanes o tormentas tropicales; usualmente recibe mucha agua por un lapso corto y

Cuadro 6. Características de las presas más importantes del estado de Baja California Sur

<i>Nombre de la presa</i>	<i>Municipio</i>	<i>Altura de la cortina (m)</i>	<i>Ancho de la cortina (m)</i>	<i>Tipo de material</i>	<i>Capacidad (hm³)</i>	<i>Capacidad (hm³)</i>
Buena Mujer	La Paz	47.50	247.00	Concreto	14.00	8.00
Gral. Agustín Olachea Avilés «Santa Inés»	La Paz	34.50	215.00	Concreto	21.00	11.00
San Lázaro	Los Cabos	37.20	167.00	Concreto	10.7	5.70
La Palma	Los Cabos	55.00	226.40	Concreto	23.3	15.03
El Ihuagil	Comondú	13.00	1 200.00	Materiales graduados	19.00	5.00
Alberto Andrés Alvarado Arámburo, «La Higuera»	Comondú	28.00	287.63	Materiales graduados	13.7	7.89

Fuente: Conagua (2017b).

posteriormente enfrenta escasez, ya que carece de infraestructura física para almacenarla en los acuíferos. Esta situación coloca a esta entidad ante un escenario de gran vulnerabilidad frente al cambio climático.

Wurl *et al.* (2013) han estimado que en el año 2040 habrá disminuciones en la precipitación en una cuarta parte de la península de Baja California respecto al año 2000, mientras que en el resto del territorio habrá aumentos. En tanto que Christensen *et al.* (2007) pronostican disminuciones en la precipitación media anual. Las lluvias torrenciales que los huracanes acarrearán podrían aprovecharse de forma más eficiente, ya que una parte de esos volúmenes de agua puede ser parcialmente utilizada para recargar los acuíferos. Comparativamente con otras entidades del país, Baja California Sur es la entidad con menor densidad poblacional, por lo tanto, la demanda de agua y la recuperación de los acuíferos podría ser cubierta con infraestructura de pequeña y mediana escala, como el ejemplo propuesto por Wurl e Imaz-Lamadrid (2018) para el acuífero Santo Domingo.

Baja California Sur y Sonora tienen acuíferos costeros que han sido afectados por la intrusión salina, por lo que parte del agua subterránea utilizada como fuente de agua potable ahora presenta altas concentraciones de minerales. Esto ha obligado a buscar alternativas para provisión de agua para consumo humano. En lugar de resolver este problema, las autoridades han optado por la desalinización de agua marina (que tiene altos costos de producción e impactos ambientales) como la alternativa para proveer de agua potable a la población; así como por la reubicación de pozos alejados de la costa, conectados por acueductos, lo cual provoca una intrusión marina más profunda debido a la sobreexplotación. En el mediano plazo, este problema latente puede convertirse en una amenaza para los acuíferos contiguos y para los ecosistemas que dependen de ese recurso. Aunque manteniendo presentes sus propias condiciones y necesidades, ambas entidades pueden aprender de la experiencia en California, donde se ha usado infraestructura MAR como barrera para disminuir la intrusión salina.

En general, la oportunidad de colaboración con Estados Unidos pareciera más favorable en el caso de la evaluación de los acuíferos transfronterizos. Sin embargo, aún quedan por explorar alternativas para el financiamiento y desarrollo tecnológico de proyectos MAR que se han propuesto en Sonora. En ese contexto, aprovechando las experiencias de la colaboración transfronteriza en la elaboración de estudios de evaluación de acuíferos y los propios avances realizados en México, se podrían aumentar las posibilidades de garantizar la disponibilidad de agua para usos económicos y de la población, así como para conseguir balances aceptables en términos ecosistémicos. Para promover efectivamente la resiliencia de los socio-ecosistemas en zonas áridas se debe partir de información confiable y oportuna sobre las condiciones climáticas e hidrogeológicas, pero

también –de manera importante– de reconocer los impactos negativos sobre el ambiente que ocasiona la acción humana, sus modelos de crecimiento y la distribución poblacional.

Referencias

- Acreman, M. C., Overton, I. C., King, J., Wood, P. J., Cowx, I. G., Dunbar, M. J., Kendy, E. y Young, W. J. (2014). The Changing Role of Ecohydrological Science in Guiding Environmental Flows. *Hydrological Sciences Journal*, 59(3-4), 433-450. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.886019>
- Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 4 de enero de 2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018
- Arreguín, F. I., López, M. y Marengo, H. (2011). México's Water Challenges for the 21st Century. En Ú. Oswald (edit.), *Water Resources in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy* (pp. 21-38). (Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, vol. 7). Springer. doi: 10.1007/978-3-642-05432-7_2
- Ávila, F. A., Correa, L. A., Peralta, S. O. y Melchor, M. (2017). Recarga artificial del acuífero en el cerro de La Estrella, Iztapalapa, Ciudad de México. En O. Escolero, C. Gutiérrez y E. Y. Mendoza (edits.), *Manejo de la recarga de acuíferos: Un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 383-429). IMTA.
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. y Zermeño-Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88 (Suplemento 1), 141-149. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1870345317301793?token=8967FBE6AC26A3274CA354FAE59102FEA04B0A38EA6EDD24E1A6484835C2FB6BAAC7A070165673B332244F2A9607767B>
- Barlow, P. M. y Leake, S. A. (2012). *Streamflow Depletion by Wells-Understanding and Managing the Effects of Groundwater Pumping on Streamflow*. (Circular 1376). USGS. California Department of Water Resources. (2014). SGMA Groundwater Management. <https://water.ca.gov/Programs/Groundwater-Management/SGMA-Groundwater-Management>
- Casanova, J., Devau, N. y Pettenati, M. (2016). Managed Aquifer Recharge: An Overview of Issues and Options. En A. J. Jakeman, O. Barreteau, R. J. Hunt, J. D. Rinaudo y A. Ross (edits.), *Integrated Groundwater Management* (pp. 413-434). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23576-9_16

- Centro Latinoamericano de Estudios Ambientales (Cealeam). (2015). *Oro y agua: Un conflicto en Baja California Sur*. Autor. <https://ecoosfera.com/2015/09/oro-y-agua-un-conflicto-en-baja-california-sur/>
- Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R. K., Kwon, W. T., Laprise, R., Magaña, V., Mearns, L., Menéndez, C. G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. y Whetton, P. (2007). Regional Climate Projections. En S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2011). *La recarga artificial de acuíferos en México*. Conagua/Instituto de Ingeniería-UNAM. http://www.agua.unam.mx/assets/acuíferos/pdfs/presentaciones/rubenchavez_conagua.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2017a). *Estadísticas del agua en México. Edición 2017*. Conagua/Semarnat. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2017b). *Boletín del estado del tiempo del 15 de abril de 2017*. Autor. http://ftp.conagua.gob.mx/DLBCS/Publicaciones/Boletin_Meteorologico_diario_16_de_abril.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2018a). *Estadísticas del agua en México. Edición 2018*. Autor. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2018b). *Sistema de Información Geográfica del Agua (SIGA)* [base de datos]. <http://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/Baja-CaliforniaSur/bcs.html>
- Cruz-Ayala, M. B. y Megdal, S. B. (2020). An Overview of Managed Aquifer Recharge in Mexico and Its Legal Framework. *Water*, 12(2), 474.
- Custodio, E. (1986). *Recarga artificial de acuíferos*. *Boletín de informaciones y estudios*, 45. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Dillon, P. (2005). Future Management of Aquifer Recharge. *Hydrogeology Journal*, 13, 313-316.
- Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lluria, M., Pyne, R. D. G., Jain, R. C., Bear, J., Schwarz, J., Wang, W., Fernández, E., Stefan, C., Pettenati, M., Van der gun, J., Sprenger, C., Massmann, G., Scanlon, B. R., Xanke, J., Jokela, P., Zheng, Y., ... Sapiano, M. (2018). Sixty Years of Global Progress in Managed Aquifer Recharge. *Hydrogeology Journal*, 27, 1-30. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10040-018-1841-z.pdf>
- Eckstein, G. (2011). Managing Buried Treasure Across Frontiers: The International Law of Transboundary Aquifers. *Water International*, 36(5), 573-583.

- Eckstein, G. y Sindico, F. (2014). The Law of Transboundary Aquifers: Many Ways of Going Forward, but Only One Way of Standing Still. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 23(1), 32-42.
- Eckstein, Y. y Eckstein, G. (2005). Transboundary Aquifers: Conceptual Models for Development of International Law. *Ground-Water*, 43(5), 679-690. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2005.00098.x>
- Escolero, O., Gutiérrez, C. y Mendoza, E. Y. (eds.). (2017). *Manejo de la recarga de acuíferos: Un enfoque hacia Latinoamérica*. IMTA.
- Ferrer, G., La Roca, F. y Gual, M. (9 a 11 de febrero de 2012). Servicios ecosistémicos: ¿Una herramienta útil para la protección o para la mercantilización de la naturaleza? [ponencia]. En *XIII Jornadas de Economía Crítica. Los costes de las crisis y alternativas en construcción*. Sevilla. Universidad Pablo de Olavide.
- Figuroa-Vega, G. E. (2017). El extinto lago de Texcoco y la infiltración artificial. En O. Escolero, C. Gutiérrez y E. Y. Mendoza (eds.), *Manejo de la recarga de acuíferos: Un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 283-302). IMTA.
- Graciano, J. C. (2013). *Uso del agua y agricultura de exportación en Baja California Sur. Perspectivas desde el agro para el desarrollo regional* (tesis doctoral). UABCS, La Paz.
- Gutiérrez, O. C. y Ortiz, F. (2017). Proyectos de Recarga MAR en el acuífero principal de la región lagunera, México. En O. Escolero, C. Gutiérrez y E. Y. Mendoza (eds.), *Manejo de la recarga de acuíferos: Un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 139-157). IMTA.
- Hartog, N. y Stuyfzand, P. J. (2017). Water Quality Considerations on the Rise as the Use of Managed Aquifer Recharge Systems Widens. *Water*, 9(10), 808.
- Hernández-Aguilar, M. H. (2017). Recarga artificial en el acuífero del valle de San Luis Río Colorado a través de lagunas de infiltración. En O. Escolero, C. Gutiérrez y E. Y. Mendoza (eds.), *Manejo de la recarga de acuíferos: Un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 431-462). IMTA.
- Hernández-Aguilar, H., Campuzano, R., Valenzuela, L. y Ramírez-Hernández, J. (2018). Aquifer Recharge with Treated Municipal Wastewater: Long-Term Experience at San Luis Río Colorado, Sonora. *Sustainable Water Resources Management*, 4, 251-260. <https://doi.org/10.1007/s40899-017-0196-2>
- Herndon, R. y Markus, M. (2014). Large-Scale Aquifer Replenishment and Seawater Intrusion Control Using Recycled Water in Southern California. *Boletín Geológico y Minero*, 125(2), 143-155.
- Hirji, R. y Davis, R. (2009). Environmental Flows in Water Resources Policies, Plans, and Projects: Findings and Recommendations. *World Bank Publications*, 212.

- Hutchinson, A. (2017). *Transforming Wastewater to Drinking Water: How Two Agencies Collaborate to Build the World's Largest Indirect Potable Reuse Project*. Orange County Water District. <https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/BB-OCWD-OCSD-Collaboration-4-13-17.pdf>
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguera, M., Van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. y Johnson, C. A. (eds.). (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Ivanova, A. y Gámez, A. E. (eds.). (2012). *Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur (PEACC-BCS)*. UABCS/Semarnat/Cibnor/CICESE/INECC/IPN-Cicimar. <https://cambioclimatico.gob.mx/wp-content/uploads/2018/11/Documento-1-Plan-Estatal-de-Acci%C3%B3n-Baja-California-Sur-2012.pdf>
- Khan, S., Mushtaq, S., Hanjra, M. A. y Schaeffer, J. (2008). Estimating Potential Costs and Gains from an Aquifer Storage and Recovery Program in Australia. *Agricultural Water Management*, 95(4), 477-488. <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.12.002>
- King, J., Brown, C. y Sabet, H. (2003). A Scenario-Based Holistic Approach to Environmental Flow Assessments for Rivers. *River Research and Applications*, 19(5-6), 619-639. <https://doi.org/10.1002/rra.709>
- Lesser y Asociados. (1991). Recarga artificial de agua residual tratada al acuífero del Valle de México. *Ingeniería Hidráulica en México*, mayo-agosto, 65-71. <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/articleCms/view/664/565>
- Magaña, V. y Conde, C. (2000). Climate and Freshwater Resources in Northern Mexico, Sonora: A Case Study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 61, 167-185.
- Maliva, R. G. (2014). Economics of Managed Aquifer Recharge. *Water*, 6(5), 1257-1279. <https://doi.org/10.3390/w6051257>
- Megdal, S. (2007). Arizona's Recharge and Recovery Programs. En B. G. Colby y K. L. Jacobs (eds.), *Arizona Water Policy. Management Innovations in an Urbanizing, Arid Region* (pp. 188-203). Resources for the Future Press.
- Michel, S. (2003). *The U. S.-Mexican Border Environment. Binational Water Management Planning*. San Diego State University Press.
- Milanes-Murcia, M. E. (2017). Proposed International Legal and Institutional Framework for Conjunctive Management of Surface and Groundwater along the U. S.-Mexico Border Region. En A. Dinar y Y. Tsur (eds.), *Management of Transboundary Water Resources under Scarcity, A multidisciplinary Approach* (pp. 117-157). World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789814740050_0005_

- Minjarez, J. I., Ochoa, J. E., Tapia-Villaseñor, E., González, A. y Martínez, L. (2012a). *Estudio de Recarga Artificial del Acuífero Caborca, en el estado de Sonora*. Universidad de Sonora/Conagua.
- Minjarez, J. I., Ochoa, J. A., Tapia-Villaseñor, E., González, A. y Martínez, L. (2012b). *Estudio de Recarga Artificial del Acuífero Costa de Hermosillo, en el estado de Sonora*. Universidad de Sonora/Conagua.
- Minjarez, J. I., Ochoa, J. A., Tapia-Villaseñor, E., González, A. y Martínez, L. (2012c). *Estudio de Recarga Artificial del Acuífero Valle de Guaymas, en el estado de Sonora*. Universidad de Sonora/Conagua.
- Nájar, A. (31 de agosto de 2015). Yaquis: Los combatientes de la primera guerra del agua en México. *BBC Mundo*. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150828_yaquis_mexico_guerra_agua_an
- Opperman, J. J., Kendy, E., Tharme, R. E., Warner, A. T., Barrios, E. y Richter, B. D. (2018). A Three-Level Framework for Assessing and Implementing Environmental Flows. *Frontiers in Environmental Science*, 6(76), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00076>
- Oswald, Ú. y Sánchez, I. (2011). Water Resources in Mexico: A Conceptual Introduction. En Ú. Oswald (edit.), *Water Resources in México. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy* (pp. 5-17). (Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, vol. 7). Springer.
- Page, D., Bekele, E., Vanderzalm, J. y Sidhu, J. (2018). Managed Aquifer Recharge in Sustainable Urban Water Management. *Water*, 10(3), 239. <https://doi.org/10.3390/w10030239>
- Palma, A., González, F. y Cruickshank, C. (2015). Managed Aquifer Recharge as a Key Element in Sonora River Basin Management, Mexico. *Journal of Hydrologic Engineering*, 20(3), 1-10.
- Postel, S. y Richter, B. (2003). *Rivers for Life. Managing Water for People and Nature*. Island Press.
- Rodríguez, G. (17 de junio de 2018). Alertan por sequía. *El Universal*. <http://www.eluniversal.com.mx/estados/sequia-amenaza-bcs-alertan>
- Romo, Y. (01 de agosto de 2018). Sigue la crisis de agua potable en Sonora tras desastre ambiental. *El Sol de Hermosillo*. <https://www.elsoldemexico.com.mx/republica/sociedad/sigue-la-crisis-de-agua-potable-en-sonora-tras-desastre-ambiental-1882908.html>
- Saval, S. (28 de agosto de 2013). Estudio de evaluación para la recarga artificial del acuífero de San José del Cabo [ponencia]. En *Segundas Jornadas Técnicas sobre la recarga artificial de acuíferos y reúso de agua*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería-UNAM.

- http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/mar4_proyectos/saval_susana.pdf
- Scott, C. y Lutz, A. (2016). Enhancing Water Governance for Climate Resilience: Arizona, USA-Sonora, México Comparative Assessment of the Role of Reservoirs in Adaptive Management for Water Security. En C. Tortajada (edit.), *Increasing Resilience to Climate Variability and Change. Water Resources Development and Management* (pp. 15-40). Springer.
- Silber-Coats, N. y Eden, S. (2017). *Arizona Water Banking, Recharge, and Recovery. Arroyo*. Water Resources Research Center. <https://wrrc.arizona.edu/arroyo-2017>
- Tapia-Villaseñor, E. M. (2020). *Water Resources in the Borderlands of the Colorado River Basin: Climate Uncertainties, Anthropogenic Impacts, and U. S.-Mexico Binational Agreements* (tesis doctoral). The University of Arizona, Arizona.
- Tharme, R. E., King, J. M. y De Villiers, M. S. (edits.). (2008). *Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the BUILDING BLOCK METHODOLOGY*. (Report TT 354/08). Water Research Commission. <http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/TT%20354-CONSERVATION.pdf>
- Title 18. Environmental Quality. Chapter 9. Department of Environmental Quality, Water Pollution Control. Arizona Administrative Code, Arizona, Estados Unidos, 30 de septiembre de 2019. https://apps.azsos.gov/public_services/Title_18/18-09.pdf
- Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México*. Washington, Estados Unidos, 3 de febrero de 1944. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- Walker, B. y Salt, D. (2012). *Resilience Practice: Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function*. Island Press.
- Water Resources Research Center. (s. f.). Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos (TAAP-A/S). <https://wrrc.arizona.edu/TAAP-espanol>
- Wilder, M., Aguilar-Barajas, I., Pineda-Pablos, N., Varady, R. G., Megdal, S. B., McEvoy, J., Merideth, R., Zúñiga-Terán, A. A. y Scott, C. A. (2016). Desalination and Water Security in the U. S.-Mexico Border Region: Assessing the Social, Environmental and Political Impacts. *Water International*, 41(5), 756-775. <https://doi.org/10.1080/02508060.2016.1166416>
- Wurl, J. (21 al 24 de marzo de 2017). Problemas en la determinación de la disponibilidad media anual del agua en los acuíferos de Baja California Sur [ponencia]. En *Semana del Agua en La Paz*. La Paz: UABCS-Niparáj. <http://elaguaenlapaz.mx/wp-content/uploads/2017/07/4-Problemas-en-la-determinaci%C3%B3n-de-la-disponibilidad-media-anual-del-agua-en-los-acuiferos-de-BCS-updated.pdf>

- Wurl, J., Amador, R. V., Beltrán, I. C., Díaz, J. J., Gámez, A. E., Gómez, I. D., Ibáñez, R. M., Imaz-Lamadrid, M. A., Ivanova, A., Juárez, E., Luna, M. J., Martínez, C. N., Mercado, G., Ramos, E., Sauvage, A. y Troyo, E. (2009). *Reporte final. Estudio para la recuperación del acuífero del Valle de Santo Domingo. No. DLBCS-UABCS 20080715*. Conagua-UABCS.
- Wurl, J., Imaz-Lamadrid, M. A. y García, F. (2013). Recursos hídricos y cambio climático en Baja California Sur. En A. Ivanova y A. E. Gámez (edits.), *Baja California Sur ante el cambio climático: vulnerabilidad, adaptación y mitigación. Estudios para la elaboración del Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC-BCS)* (pp. 111-144). UABCS/Semarnat/Cibnor/CICESE/INECC/IPN-Cicimar.
- Wurl, J. e Imaz-Lamadrid, M. A. (2018). Coupled Surface Water and Groundwater Model to Design Managed Aquifer Recharge for the Valley of Santo Domingo, B. C. S., Mexico. *Sustainable Water Resources Management*, 4(2), 361-369.

SECCIÓN III
AGUAS SUBTERRÁNEAS
TRANSFRONTERIZAS

Las aguas subterráneas transfronterizas del delta del río Colorado, un reto para la cooperación

Jorge Ramírez Hernández

Introducción

Los procesos de inundación y sedimentación ocurridos en el delta del río Colorado (RC) dieron lugar a un acuífero que actualmente está compartido administrativamente por cuatro estados que forman parte de dos países: California y Arizona, de Estados Unidos, y Baja California y Sonora, de México. De acuerdo con su ubicación, se le denominó de manera distintiva. Así, tenemos el acuífero del Valle Imperial y Coachella, del Valle de Yuma, del Valle de Mexicali y del Valle de San Luis Río Colorado (SLRC), respectivamente. Esta situación, por un lado, le confiere al acuífero una demarcación binacional y, por otro, un régimen administrativo estatal y federal. El establecimiento de los límites en los que fue dividido el acuífero no consideró su zonificación natural, su régimen de funcionamiento, ni mucho menos tomó en cuenta que la gestión y el uso de este recurso hídrico, en cada uno de los países y estados, incidiría en el aprovechamiento del resto.

Lo anterior se debió a dos razones históricas: la primera, es que hasta hoy no se considera la extensión natural del acuífero como un condicionante para delimitar una región que lo gestione. El concepto más progresivo aparece con la demarcación de regiones administrativas a partir de cuencas hidrográficas, las cuales se refieren a cuencas de escurrimiento de aguas superficiales que, en la mayoría de los casos, no coinciden con las cuencas geohidrológicas. En México, el concepto de administración del agua cambió profundamente en 1992 con la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en la cual se sectorizó al país en 13 regiones hidrológicas administrativas y, dentro de ellas, posteriormente se definieron 731 cuencas hidrológicas como unidades de gestión, aún lejos de considerar las cuencas geohidrológicas.

La segunda razón es que el trazo del cauce del RC, por su importancia en el drenaje de la cuenca, constituyó en sí mismo un rasgo fisiográfico relevante (tradicionalmente

los ríos son utilizados como fronteras administrativas) y como vía de acceso fluvial desde el golfo de California hasta el río Gila, dividiendo el acuífero entre Baja California, México, y el estado de Arizona, en Estados Unidos. Por su parte, la división del acuífero del Valle Imperial y el de Mexicali fue más administrativa que fisiográfica, trazando la frontera entre Estados Unidos y México mediante una línea recta que saliera de la confluencia del río Gila, dirigiéndose al oeste hasta alcanzar la costa con el océano Pacífico, una legua marina al sur del punto más meridional del puerto de San Diego (Tratado de paz, amistad, límites, 1848). La división del acuífero del Valle de Yuma y de SLRC, que constituye la frontera internacional entre Arizona, Estados Unidos, y Sonora, México, se definió posteriormente sin ningún referente fisiográfico (Tratado de límites, 1853).

La naturaleza continua del sistema geohidrológico ha sido documentada por diversos autores (Herrera-Barrientos *et al.*, 2006; Mueller *et al.*, 2017), quienes destacan el proceso geológico constructivo del delta. No obstante, su continuidad también ha sido cuestionada por otros autores con intereses más administrativos que naturales (Conagua, 2008, 2015). De esta última posición resulta, por ejemplo, la división administrativa del acuífero del Valle de Mexicali y el del Valle de SLRC, mediante la publicación de la disponibilidad media anual del agua subterránea de este último acuífero de forma independiente al primero, lo que trajo consigo la disponibilidad de 28.99 hm³/año (hm³ = 1×10⁶ m³) de agua en el acuífero del Valle de SLRC (Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual, 2010) con la consiguiente concesión de dicho volumen. Una vez hecho el reparto de esta agua *disponible*, el objeto de mantenerlos administrativamente separados perdió sentido.

En este capítulo se analiza el sistema hidrológico del delta del RC como un ente único que, si bien está compartido por dos naciones y cuatro estados, debe ser visualizado y administrado de forma holística como parte del ciclo hidrológico y del recurso vital en el desarrollo regional. El primer apartado describe de forma general la formación del delta del RC, lo que hace evidente y natural considerar el sistema geohidrológico como un ente único. El segundo apartado muestra cómo este sistema tiene características particulares según su situación geográfica en el delta y los procesos de formación, pero también evidencia que las aguas subterráneas de todo el sistema están interconectadas y responden en conjunto a los diferentes procesos tanto naturales como antropogénicos. En el tercer apartado se analiza el funcionamiento natural del sistema antes de su uso intensivo, con el fin de servir como base de comparación con los apartados siguientes.

Del cuarto al octavo apartado se hace una revisión de las modificaciones antropogénicas a todo el sistema, iniciando con la disminución de los volúmenes de recarga, el aumento de la extracción de agua, el recubrimiento del Canal Todo Americano (CTA),

la gestión del agua del RC, el trasvase de agua del delta a las poblaciones en la costa del Pacífico y su efecto en el Salton Sea y el sistema geohidrológico.

En el apartado nueve se analiza el impacto de la sequía en la cuenca del RC sobre el sistema como un factor de estrés *natural*. Una vez planteados los efectos adversos que sobre el sistema hidrogeológico se han dado particularmente en el último siglo, en el apartado 10 se revisan las incipientes acciones de cooperación para gestionarlo y el inicio del largo proceso por considerarlo como un recurso compartido. También se exponen, en el apartado 11, los esfuerzos binacionales por recuperar el corredor ribereño del RC en el tramo que recorre el territorio mexicano, para finalmente proponer la configuración de un modelo geohidrológico integral que considere todo el sistema y que permita implementar acciones que, de forma holística, conduzcan a una mejor gestión de este recurso compartido.

La formación del delta

La formación de la planicie deltaica del RC, como está configurada actualmente, se formó por la acción de tres procesos naturales que hasta ahora siguen midiendo fuerzas y cuya magnitud y periodicidad combinada dio como resultado la geomorfología que actualmente presenta. Sin el propósito de priorizar alguno de los tres por la secuencia en su descripción, es preciso iniciar con el proceso que se intuye es el que más participó en su configuración. El protagonista del primer proceso es el RC, cuyas descargas de agua y sedimentos, provenientes de las estribaciones de las montañas Rocosas y de la erosión del cañón del Colorado, al menos desde hace 5.2 millones de años durante el Plioceno, aportaron los grandes volúmenes de sedimentos que rellenaron el amplio abanico aluvial que constituye el delta. Este relleno generó una secuencia de capas sedimentarias superpuestas entre sí con diferentes propiedades geohidrológicas, dependientes de la energía aportada durante su deposición, que van desde arenas gruesas en los canales principales hasta arcillas en las zonas más distales del delta, estimadas en 150 millones de toneladas anuales (Meckel, 1975).

A su vez, estos grandes volúmenes de sedimentos formaron una barrera que impidió la entrada de agua de mar desde el golfo (Tratado de paz, amistad, límites, 1848). Aunque no debe olvidarse la formación de enormes lagos distribuidos en toda la planicie de la depresión del Salton, el último de los cuales (lago Cahuilla) desapareció hace aproximadamente 1 500 años (Dickinson *et al.*, 2006). Este proceso de descarga y sedimentación tuvo una periodicidad anual asociada a los deshielos de primavera. Sin duda, el último evento que modificó la dirección del RC en el delta fue el ocurrido a principios del siglo XX, en el cual, la descarga del RC se modificó e inició su descarga hacia el actual

Mar del Salton (SS, por sus siglas en inglés) (Mueller *et al.*, 2017). Este cambio en la dirección del flujo fue causado por la construcción del ferrocarril en Estados Unidos.

El segundo proceso de configuración del delta fue la acreción de sedimentos de pie de monte desde el batolito peninsular de las sierras por el oeste, formado principalmente por granitos que sufrieron un levantamiento durante el Plioceno Tardío-Pleistoceno. La acción del intemperismo químico de estos granitos, así como los eventos de precipitación, formaron extensos y potentes abanicos aluviales con una buena permeabilidad, constituyendo fuentes de recarga al acuífero por el agua pluvial depositada en ambas sierras. Sin embargo, la formación de estas sierras constituyó una frontera para el paso de las nubes y la humedad proveniente del océano Pacífico, lo que cambió el régimen de precipitación y propició el clima desértico de la región (Tratado de límites, 1853).

El tercer proceso, de mayor período de recurrencia, está relacionado con la actividad tectónica regional formada por una depresión estructural rellenada, conocida como depresión del Salton, donde se ubican los valles de Mexicali e Imperial. Dicha depresión es una extensión del golfo de California y fue formada por la combinación de movimientos extensionales y de desplazamiento lateral derecho, asociado con su apertura, a medida que Baja California pasó de formar parte de la placa de Norteamérica a integrarse a la placa del Pacífico (Elders *et al.*, 1972).

Estos eventos tectónicos provocaron la subsidencia de amplias regiones del delta que eran rellenadas por la incursión de transgresiones marinas desde el golfo de California con el consiguiente depósito de sedimentos. La formación geológica Imperial es la secuencia sedimentaria marina más antigua que está expuesta actualmente en el Valle Imperial (Van De Kamp, 1973). Durante el Plioceno Medio (aproximadamente hace 3 600 millones de años), la deposición de sedimentos marinos desde el golfo y el acarreo de sedimentos continentales por el RC dieron lugar a una barra que formó una divisoria de aguas superficiales desde la ciudad de Yuma hasta el volcán Cerro Prieto y que se mantiene hasta la actualidad.

Para dimensionar la influencia de esta actividad tectónica regional en el proceso de formación del delta, dada su impredecibilidad hasta ahora, basta con referir el sismo El Mayor-Cucapah, del 4 de abril de 2010. El epicentro del sismo fue localizado al suroeste del Valle de Mexicali, próximo a la sierra Cucapah. Esta porción suroeste del valle, el estuario del RC y hasta la parte alta del golfo tuvieron asentamientos diferenciales del terreno, cambiando el régimen hidrológico de esta parte del delta (Nelson *et al.*, 2013). En las inmediaciones del volcán Cerro Prieto se reportaron hundimientos de estructuras hidroagrícolas, como en el canal Nuevo Delta, de hasta 2.2 m en el período de 1979 a 2011 (Van Andel, 1964), y en el campo geotérmico de Cerro Prieto, de 9 a 12 cm/año dentro del período de 1986 a 2005 (Hayes, 1991).

Las aguas subterráneas del delta del río Colorado

En este apartado se describen los principales aspectos de cada acuífero para ilustrar las diferencias en uso y manejo del agua del sistema geohidrológico, ya que –como se comentó antes– el sistema ha sido dividido administrativamente en cinco acuíferos. Se inicia con los acuíferos de Imperial y Coachella, en California; luego con el acuífero del Valle de Mexicali, en Baja California; enseguida con los acuíferos de los valles de SLRC y Yuma, ubicados en la margen izquierda del RC, en los estados de Sonora y Arizona, respectivamente.

En particular, el acuífero del Valle Imperial está asociado directamente con el relleno sedimentario de la laguna Cahuilla; configurado por capas de baja a media permeabilidad; bordeado por sedimentos de piedemonte de las sierras Santa Rosa, San Jacinto y San Bernardino por el oeste, de una secuencia de dunas en la porción sureste al pie de las montañas Chocolate y de amplios abanicos aluviales en la porción noreste de las sierras Little San Bernardino y Orocopia. La secuencia estratigráfica y los sucesivos eventos de evaporación que acompañan, hasta la actualidad, este cuerpo de agua intermontano y endorreico han dado lugar a un acuífero con altos contenidos salinos que, en su margen noroeste, mejora su calidad por la captación de agua de reciente infiltración en la zona del Valle Coachella.

Los escurrimientos superficiales que alcanzan el Valle Imperial desde ambos flancos de las sierras son intermitentes y efímeros, infiltran la mayor parte del agua captada en los sistemas montañosos en los abanicos aluviales referidos y llegan sólo esporádicamente a depositar sus aguas en el lago central conocido como SS. Los únicos escurrimientos perennes que recibe el SS son los provenientes de los ríos Nuevo y Álamo, con aguas de drenaje agrícola de la porción norte del Valle de Mexicali, por el sur, y el río Whitewater que drena el Valle de Coachella, por el norte.

Durante los años recientes, desde la última descarga de agua de forma directa del RC en la primera década del siglo pasado, las únicas fuentes de recarga del acuífero del Valle Imperial las constituyen las infiltraciones de los abanicos aluviales y, primordialmente, aquella derivada de las pérdidas de canales de riego y el retorno de riego por la aplicación de agua en exceso a los requerimientos de los cultivos. Dicha aplicación de agua en exceso, aunque pareciera un desperdicio, tiene el objetivo de desplazar las sales acumuladas en los primeros estratos de suelo, tanto en el Valle Imperial como en el Valle de Coachella. Esta recarga fue estimada en 400 000 AF (AF: 1 acre-pie = 1 233.5 m³) anualmente (Loeltz *et al.*, 1975) y debe considerarse que existen más de 525 000 y 100 00 acres (1 acre = 0.4047 ha) de tierras irrigadas en los valles Imperial y Coachella, respectivamente (Tompson *et al.*, 2008). Por su parte, la precipitación directa es escasa

y no representa una fuente de recarga considerable, con menos de 10 000 AF anuales. El flujo subterráneo en el acuífero del Valle Imperial se dirige, de forma radial, a la parte central del Valle en dirección al SS, cuya cota de espejo de agua se ha visto disminuida de los 69.5 m a 72.23 m bajo el nivel del mar en 2000 y en 2018,¹ respectivamente, por la reducción de los volúmenes de recarga al sistema geohidrológico.

En el acuífero del Valle Imperial no se hace una extracción intensiva del agua del subsuelo. Si se consideran las extracciones en los distintos valles que componen el acuífero de Imperial (Borrego, Coyote Wells e Imperial), el total de extracción de agua subterránea –incluyendo todos los usos– fue de 51.3 hm³ anuales (Tompson *et al.*, 2008). No así en el Valle de Coachella, cuya porción más norte, conocida como subcuenca Whitewater Superior, en donde se concentran centros de población, como Palm Springs, el agua subterránea satisface 92 por ciento de la demanda. Así mismo, en la porción más al sur, denominada subcuenca Whitewater Baja, en la que domina la agricultura, 36 por ciento de los requerimientos de agua los satisface el acuífero (Thomas y Famiglietti, 2015). La recarga artificial de ambas subcuencas (Whitewater Alta y Baja), mediante transferencias de agua del RC obtenidas del Proyecto Hídrico del Estado de California (SWP, por sus siglas en inglés) vía el *Quantification Settlement Agreement* (QSA),² ha reducido el abatimiento del acuífero de forma significativa, aunque se siguen observando patrones espaciales de abatimiento (Thomas y Famiglietti, 2015).

Tanto el acuífero del Valle Imperial como el del Valle de Mexicali contienen zonas de dispersión tectónicas con adelgazamientos de la corteza. En los centros de estos adelgazamientos se presentan flujos de calor anormalmente altos que han alterado de forma local la secuencia estratigráfica, formando capas de lutitas altamente consolidadas e impermeables, lo que ha dado lugar a acuíferos confinados, denominados reservorios geotérmicos, por su alta temperatura y presión. Los cuatro reservorios más importantes por su capacidad de generación de vapor y su temperatura son East Mesa, Brawley, SS y Heber.

Por otra parte, el acuífero del Valle de Mexicali, ubicado sobre la demarcación de Baja California, mantiene al norte una continuidad geológica y geohidrológica con el acuífero del Valle Imperial, extendiéndose hasta el golfo de California, nombrado por

¹ Nivel del agua del Salton Sea reportado por el United States Geological Survey (USGS) para el 20 de noviembre de 2018 en la estación hidrométrica Gage 10254005.

² El *Qualification Settlement Agreement* fue firmado por el Imperial Irrigation District, el Metropolitan Water District of Southern California y el Coachella Valley Water District en 2003, con el objeto de establecer los términos hasta 75 años para la transferencia de agua del RC, del uso agrícola al uso urbano y agua para el medio ambiente, particularmente para remediar el Salton Sea (*Qualification Settlement Agreement*, 2003).

algún autor como acuífero Mexicali-Imperial (Kibel, 2008). El flujo de agua subterránea a lo largo de la frontera entre México y Estados Unidos era primordialmente de este a oeste desde las infiltraciones de los depósitos aluviales de las montañas Cargo Muchacho (Loeltz y Leake, 1979) y las del RC. Para la irrigación del Valle Imperial, se construyó en 1942 el Canal Todo Americano o CTA, que va desde la entrada del RC a la planicie deltaica –en el borde sur de las montañas Chocolate– hasta la porción central del Valle Imperial, prácticamente en dirección de este a oeste. Las infiltraciones de este canal de tierra provocaron, hasta el año 2009 en que fue recubierto con concreto, un domo *parteaguas subterráneo* que por su flanco norte infiltraba agua que se dirigía hacia el acuífero del Valle Imperial y finalmente al SS, y por su flanco sur dirigía el agua recargada hacia el acuífero del Valle de Mexicali para llegar al golfo de California. El volumen infiltrado por el flanco sur se estimó en 80 hm³ anuales (Ariel Construcciones, 1968), de los cuales 32.8 hm³ eran drenados por el dren mesa, construido a lo largo del perímetro sur de la mesa arenosa de Andrade (Ramírez-Hernández *et al.*, 2004).

El domo de agua formado artificialmente parecía dividir ambos cuerpos de agua subterránea; sin embargo, este *parteaguas subterráneo* no constituía en sí mismo una frontera entre acuíferos, sino un rasgo funcional temporal inducido. El revestimiento del CTA, en 2009, minimizó sus infiltraciones al acuífero, volviendo a su funcionamiento natural, que es el flujo desde las montañas Cargo Muchacho.

La frontera administrativa del acuífero del Valle de Mexicali al este, con los acuíferos de Yuma, en Arizona, y de SLRC, en Sonora, la constituye el cauce del RC. Este límite es la frontera entre México y Estados Unidos, para el primero, y el límite entre ambos estados, para el segundo. El cauce del RC tiene únicamente un efecto de recarga superficial, cuyo trazo, sobra decir, es muy sinuoso y variable, como es de esperar en un río que recorre una planicie deltaica de baja pendiente.

La continuidad de los estratos sedimentarios en ambas márgenes del RC en la zona limítrofe (sección del cauce del RC que sirve de frontera entre Estados Unidos y México) está fuera de discusión, aunque existen muy pocos estudios que complementen la información estratigráfica (Kennedy *et al.*, 2017; Ramírez-Hernández *et al.*, 2013). El flujo subterráneo desde el Valle de Yuma, a través de la zona limítrofe, al acuífero del Valle de Mexicali ha sido documentado por diversos autores y va desde 40.4 hm³ anuales (Olmsted *et al.*, 1973) hasta 70 hm³ (Ariel Construcciones, 1968). De igual forma, la continuidad de los estratos en pozos del Distrito de Riego 014, en los que se han realizado secciones geológicas mostrando la continuidad (Díaz-Cabrera, 2001) entre los acuíferos de Mexicali y de SLRC.

Por otra parte, la frontera entre los acuíferos del Valle de SLRC y el Valle de Yuma es meramente administrativa y, debido a los acuerdos políticos, ha sido movida de su posición inicial –establecida en el Tratado de Guadalupe Hidalgo en 1848 (Tratado de paz, amistad, límites, 1848)– a su lugar actual con el Tratado de la Mesilla, en 1953, tomando como referencia la distancia de 10 millas marítimas al sur de la confluencia del río Gila con el RC (Tratado de límites, 1853).

El acuífero del Valle de Yuma es el primero que recibe las infiltraciones del RC y de su afluente (el río Gila) al llegar a la parte más proximal del delta del RC y pasar las montañas Gila y las Tinajas Altas, tanto por infiltración directa desde sus canales como por la infiltración de las zonas de inundación. Superficialmente, el acuífero del Valle de Yuma está dividido en dos relieves fisiográficos, separados por la falla tectónica. Algodones, el primero, es una mesa más proximal al cauce del RC, conocida como Valle de Yuma, que constituye una terraza aluvial y forma parte de la llanura de inundación del RC; el segundo es una mesa más elevada conocida como «Yuma Mesa», si es contigua al Valle de Yuma, y «Upper Mesa», si está más cerca de las montañas. Ambas están formadas por dunas de arena y sedimentos de piedemonte de las montañas Gila.

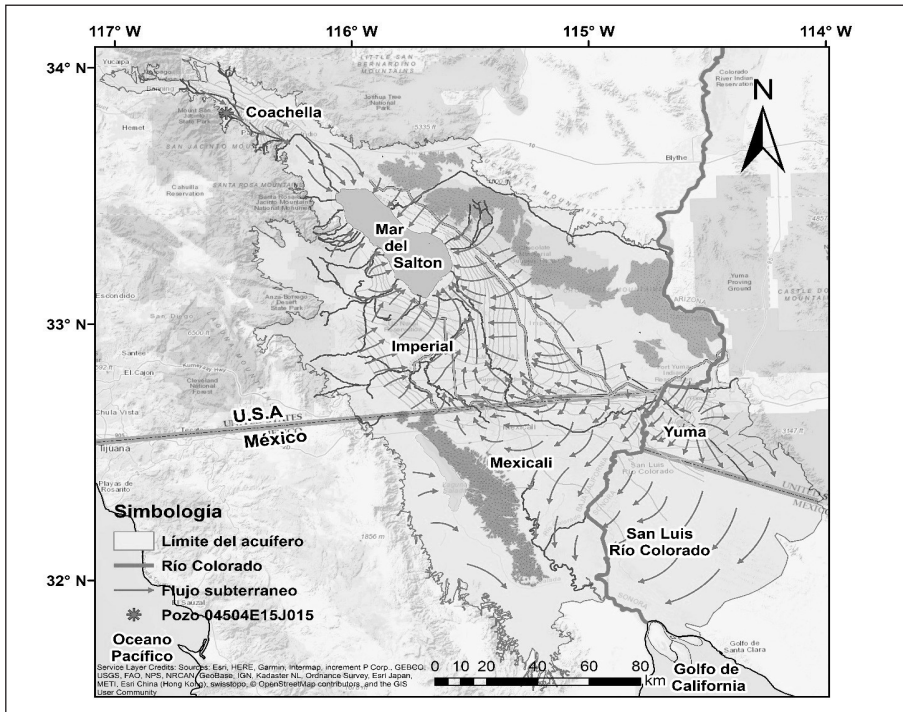
Como los demás, el Valle de Yuma forma parte de la depresión de Salton y de la falla Algodones del sistema de fallas San Andrés, con orientación noroeste-sureste. Este valle, además de dividirse en dos terrazas, como se comentó antes, afecta el flujo subterráneo del acuífero (Olmsted *et al.*, 1973). La elevación del basamento granítico en la zona de Yuma Mesa también influye en las direcciones del flujo subterráneo (Kibel, 2008). El flujo natural del acuífero era en dirección sur hacia la parte norte del golfo de California con un componente en dirección suroeste hacia el Valle de Mexicali (Dickinson *et al.*, 2006). Sin embargo, el desarrollo agrícola del Valle de Yuma, la extracción de agua subterránea y la construcción de reservorios aguas arriba del RC han modificado sustancialmente las direcciones de flujo natural.

Una vez establecida la unicidad de los acuíferos, es preciso mencionar algunos rasgos geohidrológicos comunes (véase mapa 1). La principal recarga natural de todo el sistema geohidrológico son los escurrimientos del RC y sus efluentes que, de forma directa, a través de la infiltración de sus canales, recargan todo el sistema desde la superficie, o de forma indirecta a través del flujo subterráneo horizontal. Esta recarga es complementada por los escurrimientos desde las sierras que flanquean la planicie deltaica, como se comentó anteriormente, y en mucho menor medida por la precipitación directa sobre esta planicie, dada la baja precipitación.

El uso del agua subterránea en cada acuífero difiere dependiendo de las necesidades de cada región. En el Valle Imperial, el uso del agua subterránea no representa un volumen considerable, ya que en general la calidad del agua no cumple con los requerimientos

de los agricultores por su alta salinidad debido a diversos aspectos, entre los que destacan la composición mineralógica de estratos salinos, la presencia de aguas ancestrales de origen marino, la baja calidad del agua de retorno agrícola, o bien, la infiltración de aguas residuales (Tompson *et al.*, 2008). Sólo en las zonas más cercanas a los bordes del valle es posible extraer agua de buena calidad que es usada para consumo doméstico.

Mapa 1. Dirección de flujo de los acuíferos que conforman el sistema geohidrológico del delta del río Colorado³



Fuente: Elaboración propia.

Aunque también se lleva a cabo extracción de agua con elevadas temperaturas (mayores a 50° C), con fines de generación de energía eléctrica en las plantas geotérmicas, no representa un volumen importante, dado que es reinyectada al reservorio

³ Las direcciones de flujo y las isopiezas indicadas son producto de la composición de datos reportados por Coachella (en 1973) antes de la instalación de las obras de recarga (Swain, 1978); Imperial (de 1960 a 1965), antes del recubrimiento de los canales Todo Americano y Coachella (Imperial Irrigation District [IID], 2002); Yuma (en 1965) (Olmsted *et al.*, 1973); y Mexicali y San Luis Río Colorado (en 1972) (Díaz-Cabrera, 2001).

casi en su totalidad. Por su parte, los acuíferos de los valles de Mexicali y SLRC poseen las mismas organizaciones de usuarios para la extracción de agua con fines agrícolas mediante pozos federales, administrados por el Distrito de Riego río Colorado 014, y pozos particulares con asociaciones de usuarios. Adicionalmente a esta extracción, en el acuífero del Valle de SLRC se cuenta con una batería de pozos ubicados a lo largo de la frontera con Arizona, Estados Unidos, cuya función es extraer agua para uso urbano en las ciudades mexicanas de Mexicali, Tijuana, Tecate y Ensenada.

Condición natural de la recarga

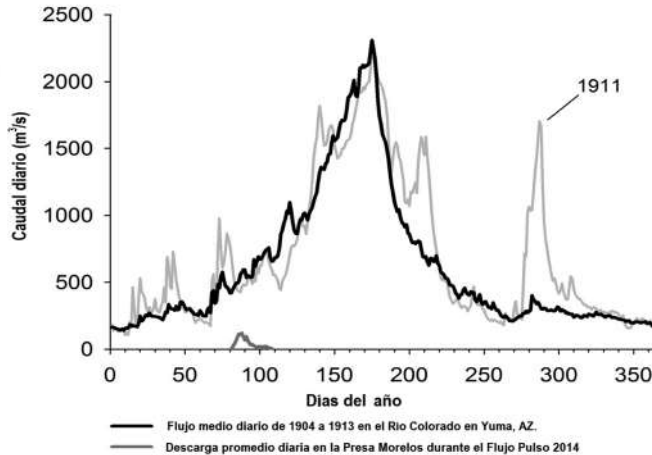
Antes de analizar el impacto que el intenso uso del agua en el delta ha causado durante el último siglo en el sistema geohidrológico, es preciso analizar las condiciones naturales que le permitieron mantener un equilibrio hídrico desde su formación.

La recarga natural del sistema geohidrológico del delta del RC está fuertemente relacionada con el caudal de descarga del mismo río y sus tributarios, la acreción de sedimentos y el hidropérido de la descarga antes de la construcción de obras de retención o regulación del cauce. Si bien el caudal natural de descarga del RC formó parte activa en la recarga del sistema acuífero, también lo hicieron –y no de forma menos intensa– las transgresiones del mar en esta depresión tectónica, lo cual se evidencia en los estratos con agua de origen marino intercalada con agua de origen continental. Ambos procesos fueron influenciados por eventos de evaporación intensos que concentraron el contenido salino, lo que se suma –en los estratos más profundos– a la actividad geotérmica referida anteriormente.

Al margen de los procesos mencionados, el agua aportada por el RC superficialmente es en sí mismo el proceso hidrológico más importante por su vigencia y cantidad de aporte. Para ejemplificar la magnitud de la descarga es suficiente referir que el caudal medio diario registrado antes de la construcción de las grandes obras de regulación en el cauce del río durante el período 1894 a 1913 en la estación hidrométrica de Yuma, Arizona, alcanzó casi los $2\,500\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ durante los meses de mayo y junio, producto del deshielo en la parte alta de la cuenca (Mueller *et al.*, 2017) (véase figura 1).

Sin embargo, no se puede dejar de considerar el agua de origen marino ancestral que está asociada a las incursiones del golfo de California y que forma ahora el almacenamiento del acuífero más profundo que subyace al acuífero somero y que es explotado para la generación de energía eléctrica dada su alta temperatura y presión (Ramírez-Hernández, 1997; Tompson *et al.*, 2008).

Figura 1. Descarga media diaria en la estación de Yuma, Arizona, durante el período de 1904 a 1913 previo a la construcción de obras de regulación



Fuente: Modificada con base en Mueller *et al.* (2017).

No obstante la dependencia de la recarga del sistema deltaico del escurrimiento del RC, es preciso anotar que la porción norte de la depresión del Salton que corresponde al Valle de Coachella es alimentada por escurrimientos locales de las sierras Little San Bernardino, San Bernardino, San Jacinto y Santa Rosa. Son éstos los que, de forma natural, aportan la recarga natural al sistema geohidrológico anualmente. El aporte del RC era muy esporádico y obedecía a cambios en la dirección de flujo que propiciaban las incursiones hacia la depresión del Salton, como se comentó de manera previa.

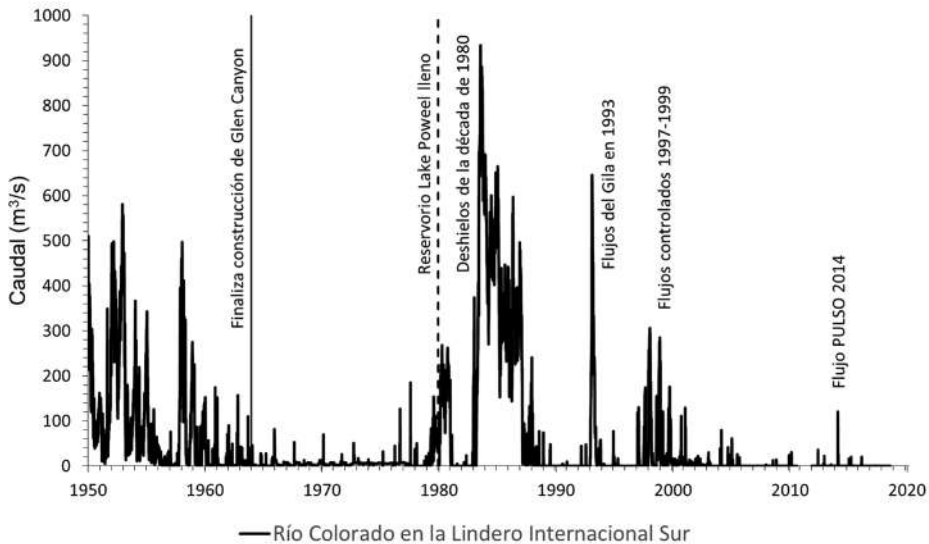
Modificación del equilibrio hídrico del sistema geohidrológico

En los siguientes cuatro apartados se presentan las acciones antropogénicas más importantes que han roto el equilibrio alcanzado por el sistema geohidrológico, todas ellas realizadas fundamentalmente a lo largo del siglo pasado, modificando no únicamente los patrones de flujo, sino también la disponibilidad y la calidad del agua en el delta, así como la degradación de su hábitat natural. Dado que las acciones realizadas –considerando al sistema como uno fragmentado independiente– no permitieron evaluar el impacto en la totalidad del mismo, en estos apartados se reseñan tanto las acciones realizadas como su impacto en otras partes del sistema, lo que permite valorar la importancia de una gestión holística.

Construcción de obras de regulación del Río Colorado y sus afluentes

La primera y más fuerte reducción en la disponibilidad del agua de recarga al acuífero fue, sin duda, la construcción de obras de regulación del flujo en el RC. Este largo proceso inició con el período de llenado del lago Mead, al concluir la construcción de la presa Hoover en 1941, con varios años de descargas mínimas; seguido del llenado del reservorio Powell, en 1980, y de la presa Glenn Canyon, de 1963 a 1980, con una considerable reducción de flujos (véase figura 2).

Figura 2. Descargas medidas en el sitio Lindero Internacional Sur de 1950 a 2018



Fuente: Con base en los datos de la estación hidrológica 09522200 del United States Geological Survey (USGS, 2018).

El efecto de esos períodos de reducción de flujos en el sistema geohidrológico fue la disminución de los niveles piezométricos en el acuífero del Valle de Mexicali y el deterioro de la calidad de su agua. Esta reducción fue seguida de escurrimientos excedentes en la década de 1980, los cuales no pudieron ser regulados por el sistema de presas, pero a partir de 1988 y hasta la fecha sólo en esporádicas ocasiones se han descargado flujos mayores a los considerados en el Tratado de 1944 entre Estados Unidos y México sobre la distribución de aguas internacionales (*Tratado*, 1944). Los escurrimientos ocasionaron diversos eventos de inundación en el delta (Valle de Mexicali, SLRC e Imperial), como

el ocurrido a principios del siglo XX, que destruyó la ciudad de Mexicali y fluyó hacia el SS.⁴ Estos altos volúmenes de escurrimiento cambiaron en repetidas ocasiones el rumbo del canal principal del RC, inundando cauces secundarios abandonados y afectando el desarrollo agrícola del Valle de Mexicali, lo que obligó a la construcción de bordos para la protección de poblaciones y tierras de cultivo. Sin embargo, durante las descargas de flujos extraordinarios en la década de 1980 y, en menor medida, en la de 1990, con caudales de hasta $900 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ y un canal principal ya confinado entre bordos, el sistema hidrológico en su conjunto vio una recuperación que duró poco tiempo.

A partir del siglo XXI, los caudales volvieron a reducirse para cumplir con la cuota del Tratado de 1944. Únicamente los escurrimientos de la parte alta de la cuenca –ocasionados por lluvias locales durante el invierno y algunas de primavera– han sido descargados al lecho del RC, registrándose en la estación de aforo del Lindero Internacional Sur (SIB, por sus siglas en inglés) (véase figura 2). Esto al margen de la descarga de flujos ambientales en 2014, la cual será explicada ampliamente en una sección especial.

El aumento de la extracción de agua subterránea

En este apartado se describe el aumento del bombeo en el delta durante el siglo XX y se muestra cómo se modificó la dinámica geohidrológica del sistema. El aumento del bombeo de agua subterránea se llevó a cabo, principalmente, en los valles de Mexicali, SLRC, Yuma y Coachella, no así en el Valle Imperial.

Se pueden describir tres eventos de aumento de las extracciones en el terreno mexicano: uno fue motivado por la reducción de flujos superficiales durante el llenado de Lake Powell, de 1964 a 1980, para alcanzar el volumen de agua requerido por el Distrito de Riego 014; el segundo está relacionado con una mejor oferta de energía eléctrica, con la entrada en operación de la planta geotermoelectrica de Cerro Prieto, en 1973 (Aguilar, 2009), lo que dio lugar a un aumento en la demanda de energía eléctrica para bombeo que antes era importada desde Estados Unidos, así como a tarifas de energía eléctrica más bajas.

El tercer evento, no menos importante, es la construcción de la batería de pozos de la mesa arenosa de SLRC para el abastecimiento de las ciudades de Baja California, del lado mexicano, y la batería de pozos en Yuma, del lado estadounidense, entre 1970 y 1972, con una extracción de 197.358 hm^3 anuales para cada país, ubicados en una franja de ocho kilómetros de la frontera Arizona-Sonora estipulados en el Acta 242 de la Comisión Internacional de Límites y de Aguas (CILA, 1973). A partir de ese momento,

⁴ Estos flujos hacia la depresión del Salton se iniciaron de 1905 a 1907, configurando lo que ahora se conoce como el Salton Sea.

al amparo de dicha acta, ambas naciones operan extensos campos de pozos, extrayendo en años recientes más de 250 hm³ de agua subterránea por año entre los dos (Cohen, 2013), aunque el volumen de bombeo es variable dependiendo de los esporádicos flujos superficiales extraordinarios, los eventos de precipitación locales, la época del año y las superficies cultivadas.

A finales de la década de 1960, se identificó una fuerte reducción del nivel freático en el acuífero de Mexicali, la cual había sido documentada desde la década de 1950, pero no fue atendida sino hasta 1968, cuando se buscó una solución definitiva, realizando el estudio geohidrológico más completo hasta entonces en el Valle de Mexicali. El estudio concluye que la explotación del acuífero debería reducirse de los más de 1 100 hm³ anuales extraídos en ese momento a 750 hm³ anuales, dada la disminución de la recarga propiciada por los escasos escurrimientos del RC durante el llenado de Lake Powell (Ariel Construcciones, 1968).

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) documentó abatimientos de hasta 0.60 m por año, colocando en algunas zonas el nivel freático por debajo del nivel del mar, con la temible preocupación de intrusión salina desde el golfo de California que pondría en peligro la calidad química del agua del subsuelo (Ramírez-Hernández *et al.*, 2006). El valor de la recarga estimada en 750 hm³ anuales, obtenida del balance geohidrológico, ha sido cuestionada por diversas razones de cálculo; sin embargo, dio un excelente resultado y, en menos de cuatro años, se redujo la extracción al volumen indicado, identificando recuperaciones en el nivel freático. Años más tarde, en la zona de mayor densidad de pozos de extracción, entre la presa Derivadora Morelos y el poblado Benito Juárez, a lo largo de 30 km, Herrera-Barrientos *et al.* (2006) reportaron abatimientos de entre tres y seis metros en los años de 1958 a 1998 (7.5 a 15 cm/año).

Por su parte, el acuífero del Valle de Coachella, principalmente en la porción sur, también sufrió importantes abatimientos en este período, alcanzando más de 30 m desde mediados de la década de 1950 hasta finales de la de 1970, como ha sido registrado en el pozo 04S04E15J01S (véase ubicación del pozo en la figura 1), que bajó de 85.3 m a 55.7 m la elevación del nivel del acuífero de 1952 a 1979 (Fogg *et al.*, 2000).

Por su parte, el acuífero de Yuma, principalmente en la zona de la mesa de Yuma, ha reportado una reducción de hasta 23 m del nivel freático, desde el inicio de la irrigación de cítricos en la década de 1940 hasta 2006, lo que ha dado lugar a la formación de un domo, derivado de la construcción de canales de conducción de agua y del sistema de drenaje de agua de retorno agrícola (Dickinson *et al.*, 2006).

La reducción más importante en la recarga del acuífero del Valle Imperial no ha sido, como en los otros valles, por el aumento del bombeo, sino por la disminución de los volúmenes de recarga por riego, motivada por el trasvase de agua a las ciudades de la costa

oeste de California, que han abarcado desde la modernización de los sistemas de drenaje parcelario y las técnicas de irrigación hasta la reducción de la superficie de cultivo.

Recubrimiento del Canal Todo Americano y del canal Coachella

Otra forma de modificar la hidrodinámica del sistema geohidrológico ha sido la reducción de las infiltraciones, tanto de los canales naturales del RC como de los canales construidos para conducir el agua de riego. Una de las obras más grandes fue el recubrimiento del CTA, construido sobre la zona de dunas para llevar agua del RC al Valle Imperial. Este recubrimiento permitió recuperar grandes volúmenes de agua, evitando su infiltración al acuífero. El Distrito Metropolitano del Agua de Imperial y otras agencias del agua cubrieron los costos del recubrimiento con el compromiso de que el agua recuperada fuera utilizada por ellos.

Durante el proyecto, se mencionaron diversas cifras que podrían recuperarse con esta obra. El Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, de Estados Unidos, estimó que el CTA –a lo largo de su conducción desde el RC hasta el Valle Imperial– tuvo pérdidas agregadas de 1948 a 1988 de 6 044 hm³, que en promedio son 151 hm³/año. Sin embargo, en el tramo recubierto comprendido entre Pilot Knob y Drop 3 se estimaron 104.2 hm³ anuales de pérdida (Tompson *et al.*, 2008).

Por la naturaleza permeable de los suelos sobre los que está construido, y dado que es un canal de tierra, se estimó una infiltración de aproximadamente 82.4 hm³ anuales (Herrera-Barrientos *et al.*, 2006). De forma independiente, y analizando la elevación del nivel freático, se consideró que 99.9 hm³ recargaban el acuífero del Valle de Mexicali, de los cuales 20 hm³ son usados en la agricultura (García-Saillé *et al.*, 2006). Con el propósito de recuperar esa agua que *se perdía* en el acuífero, el Distrito de Irrigación del Valle Imperial o IID (por sus siglas en inglés) convino en recubrir el CTA, desde Pilot Knob hasta el represo Drop 3 (Hayes, 1991). Después de serias disputas entre México y Estados Unidos, el canal fue recubierto durante el período de 2006 a 2009, reportando actualmente una recuperación de 83.5 hm³ anuales de agua en el tramos recubiertos (IID, 2018).

En ningún momento se valoró la importancia de esta recarga en el acuífero del Valle Imperial y los efectos de esta pérdida de recarga no se hicieron esperar, como había sido documentado por diversos autores. El nivel freático registró abatimientos de 6 a 13 m después de cuatro años (Coes *et al.*, 2015), afectando el bombeo de pozos agrícolas en esta zona norte del Valle de Mexicali –con una reducción de 14 por ciento de la recarga total del acuífero (García-Saillé *et al.*, 2006)– y los aprovechamientos cercanos en el Valle Imperial (Coes *et al.*, 2015). Este abatimiento secó de forma irreversible la mayor

parte de los humedales ubicados sobre la mesa de Andrade, como se había pronosticado (Zamora *et al.*, 2006). El agua aprovechada del dren mesa para cultivo de áreas agrícolas en su zona contigua no pudo ser captada por el desecamiento del mismo. Por su parte, la salinidad del agua bombeada en los pozos en la porción norte del Valle de Mexicali tuvo un incremento, como se había estimado (García-Saillé *et al.*, 2006).

Por su parte, las infiltraciones del canal de Coachella representaban un volumen de 32 hm³ anuales de recarga al acuífero de Imperial hasta antes de su recubrimiento (Tompson *et al.*, 2008). En 2007, se completó el recubrimiento de 56.3 km del canal Coachella para su conservación, con el propósito de alcanzar la reducción a los 4.4 millones de acre-pie (MAF, por sus siglas en inglés), a la que se había comprometido el estado de California en su cuota de agua del RC,⁵ esto como parte de los objetivos del QSA.

Con esta obra de recubrimiento se completó la longitud total del canal, que es de 198 km, con 61 km de canal aguas abajo (al norte de este tramo) recubiertas durante su construcción en 1948 y 78.8 km aguas arriba hasta su conexión con el CTA (al sur de este tramo).

La obra fue financiada por el Departamento de Recursos Hídricos de California y la Autoridad del Agua del Condado de San Diego, pues el agua conservada será para uso urbano en la ciudad de San Diego, California (Charlton *et al.*, 2010). Aunque se logró el objetivo de reducir las pérdidas de agua y trasvasar el agua del Valle Imperial a la costa de California, se agravaron algunos problemas, como el desecamiento y la salinización del SS por la reducción de agua que fluía a él de forma superficial y de forma subterránea, lo que ha provocado una catástrofe ambiental para el hábitat de peces y aves migratorias.

La gestión del agua del río Colorado y su efecto en el recurso hídrico

En este apartado se hace una descripción de la reducción de los flujos excedentes del RC a territorio mexicano por el reparto de estos volúmenes entre los estados de la cuenca del RC de Estados Unidos y su efecto en la recarga del acuífero del Valle de Mexicali.

Como respuesta a las descargas extraordinarias durante los períodos de 1979 a 1981, 1983 a 1988 y 1992 a 2000 en el cauce del RC hacia el delta, en 2001 los usuarios del agua del RC definieron el concepto «agua excedente» (*surplus water*). Este volumen excedente sería considerado como el volumen de agua adicional a los 7.5 MAF requeridos por Arizona, California y Nevada durante el año que estuviera almacenado primordial-

⁵ El estado de California se comprometió a reducir el volumen de agua utilizado del RC a los 4.4 MAF que le corresponden, esto al suscribir el acuerdo conocido como California's Colorado River Water Use Plan (coloquialmente llamado 4.4 Plan), en el que se establecen los lineamientos generales para reducir su consumo.

mente en el lago Mead. Se definió también el año normal como aquél en el que el agua almacenada cubre los requerimientos de los 7.5 MAF para usos consuntivos, y el año de excedentes en el que se han almacenado volúmenes mayores a los requeridos y se cumple con diversos factores, incluyendo los considerados en los criterios de coordinación para la operación de largo plazo de los reservorios del RC (conocido por sus siglas en inglés como LROC) (United States Department of the Interior [USDI], 2000).

En ese momento, México solicitó formar parte de los usuarios que podrían utilizar estos volúmenes excedentes, a los cuales sólo podría acceder después de satisfacer todos los requerimientos de los estados de la cuenca baja, incluyendo el almacenamiento fuera de la cuenca. El volumen sobrante podría ser considerado como parte del artículo 10 inciso b del Tratado de 1944.⁶ Cualquier modificación a dicho tratado debe hacerse de forma directa con el gobierno mexicano. Adicionalmente, se plantearon diversos impactos transfronterizos al ecosistema del delta al recibir únicamente el volumen para usos consuntivos establecido en el Tratado de 1944, ya que diversas especies amenazadas dependen de esas aguas, así como el hábitat del corredor ripario del RC; además de que esos volúmenes adicionales son utilizados para recargar el acuífero y para lavar las sales de los suelos agrícolas.

El USDI argumentó que Estados Unidos no mitiga los impactos en un país extranjero, comprometiéndose a participar con México a través de los Grupos de Trabajo Técnico de la International Boundary and Water Commission (IBWC),⁷ para desarrollar proyectos cooperativos beneficiosos para ambos países (USDI, 2001). No fue sino hasta la firma del Acta 323 (sección II) que se estableció que México tendrá derecho a los volúmenes de agua adicionales a las entregas normales cuando se proyecte la elevación del agua en el lago Mead por arriba de los 1 145 pies sobre el nivel del mar y que en la corriente del RC exista agua disponible para ser entregada a los usuarios de la cuenca baja de Estados Unidos, de conformidad con los lineamientos interinos de 2007 (*Acta 323*, 2017). Este clausulado ha creado polémica porque la cuenca se encuentra en una situación de sequía hidrológica prolongada y severa que reduce la posibilidad de que se presenten escurrimientos extraordinarios.

El efecto en la recarga de los acuíferos de los valles de Mexicali y SLRC en la reducción de estos flujos extraordinarios es decisivo, ya que, al tener cubierta la dotación de los usuarios agrícolas con el agua del Tratado de 1944, la política de uso de estos volúmenes se da en orden de prelación: 1) suspender el bombeo de la mesa arenosa de SLRC

⁶ En el artículo se indica: «los Estados Unidos se obligan a entregar a México, según lo establecido en el artículo 15 de este Tratado, cantidades adicionales de agua del sistema del río Colorado hasta por un volumen total que no exceda de 2,096.931,000 metros cúbicos (1.700,000 acres pies) anuales» (*Tratado*, 1944, p. 12).

⁷ La IBWC es el organismo de Estados Unidos que conforma la contraparte de la CILA de México.

para surtir por agua de gravedad a las superficies de cultivo intercambiadas por la dotación de las ciudades, lo que se refleja en una menor extracción del acuífero; 2) descargar estos volúmenes al sistema de canales de riego para mantenerlos en almacenamiento; 3) descargar los volúmenes remanentes en el sistema de drenaje agrícola, con el propósito de disminuir la salinidad e inducir su infiltración y recarga al acuífero; 4) descargar los volúmenes al lecho del RC a través de la presa Morelos, mejorando el hábitat ripario del RC e induciendo su infiltración y recarga al acuífero. En mayor o menor medida estos volúmenes se incorporan al acuífero manteniendo el sistema, al menos durante los períodos de entrega.

Reducción de entrada de agua al Salton Sea

El SS es el único cuerpo de agua natural en el delta y fue recargado de forma superficial al inicio del siglo XX por la reconexión del RC. A partir de ese evento, la recarga disminuyó de forma sustancial. En este apartado se analiza de qué forma esta incipiente recarga ha sido disminuida como resultado directo de la reducción de las dos fuentes principales de agua.

El recurso que recibe el SS es de dos fuentes principales, una corresponde al agua captada de la lluvia que de forma directa o por escurrimiento superficial y subterráneo se integra al lago; mientras que la segunda es el agua captada por los escurrimientos superficiales (río Nuevo, río Álamo y río Whitewater), la cual proviene del agua de retorno de riego de los valles Imperial y Coachella, así como de la recarga subterránea proveniente de los acuíferos Imperial y, en menor medida, Coachella (véase cuadro 1). El componente más importante de esta recarga es, sin duda, el líquido aportado desde el Valle Imperial, tanto superficial como subterráneo (Tompson, 2016).

La transferencia de agua de uso agrícola en el Valle Imperial a usos urbanos en la costa del sur de California, autorizada por el QSA de 2003, redujo las entradas de agua al SS provenientes de los flujos de retorno agrícola, lo que puede ocasionar una pérdida de hábitat acuático en los humedales, un incremento en la salinidad, la disminución del nivel del agua y la degradación de la calidad del aire si es que no se realizan las medidas de mitigación pertinentes (Barnum *et al.*, 2017).

El QSA indica que el Congreso de la Unión de Estados Unidos, a través del Acta dirigida al Buró de Reclamaciones de Estados Unidos en 1998, expresa su interés en explorar la posibilidad de que el SS sea estabilizado y regenerado a largo plazo para preservar el hábitat; sin embargo, reconoce que dicha estabilización y recuperación necesitan adaptarse a la reducción potencial de los flujos de entrada al SS que pueden resultar de la conservación y transferencia del agua del IID.

Se reconoce claramente que el agua reducida, que se aplicaba en los campos agrícolas del Valle Imperial, aportaba la mayor cantidad de recurso de recarga del sistema del SS, por lo que se destina un volumen de líquido considerado como *agua de mitigación* para disminuir los efectos de las transferencias. El Distrito de Riego de Imperial reportó un volumen total de 730 182 AF durante el período de 2003 a 2017 como *agua de mitigación* para el SS (IID, 2019). Sin embargo, también estableció que esta agua se aplicaría hasta 2017, ya que después de este período se habrá desarrollado un Plan de Manejo del SS que incluirá estrategias de mitigación.

Cuadro 1. Estimación de los volúmenes de agua que ingresan al Salton Sea

<i>Origen del agua</i>	<i>Volumen (hm³/año)</i>	<i>Porcentaje %</i>
Río Álamo		
Agua del Valle de Mexicali (México)	2.057	0.12
Agua del Valle Imperial (IID) ¹	791.608	47.42
Río Nuevo		
Agua del Valle de Mexicali (México)	217.647	13.04
Agua del Valle Imperial (IID)	356.891	21.38
Drenes IID (total)	116.460	6.98
CVWD ²		
Agua superficial	100.857	6.04
Agua subterránea	-451	-0.03
Otras fuentes no medidas (precipitación, agua superficial, flujo subterráneo)	84.371	5.05
<i>Total</i>	<i>1 669.441</i>	<i>100</i>

Notas: ¹IID: Imperial Irrigation District.

²CVWD: Coachella Valley Water District.

Fuente: Con base en los datos de Tompson (2016).

Otras fuentes que han visto reducidos sus volúmenes son las provenientes de México que, a partir de la puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales Las Arenitas, descargan su efluente en la cuenca del río Hardy hacia el golfo de California, con un caudal aproximado de 880 L/s (Ramírez-Hernández y Carrera-Villa, 2015). La venta de agua residual urbana (para su reúso) a las plantas de generación de energía eléctrica, el cambio de uso del agua agrícola a urbana fuera de la cuenca y, por supuesto, los efectos del cambio climático ocasionan una muy importante reducción de la precipitación en el delta, registrándose (hasta este momento) el 2018 como el año con menos precipitación.

Todo lo anterior coloca al SS dentro de la lista de lagos terminales del mundo –como los lagos Tulare, Mono y Owens, en California; el Mar Muerto; el Mar Aral y el lago Urmía–, cuyo deterioro y desaparición están estrechamente relacionados con el desvío de agua (Tompson, 2016). Rehabilitar el SS o evitar la degradación de su hábitat es esencial y requiere la colaboración tanto de diversos organismos gubernamentales como de la sociedad civil (especialistas en múltiples disciplinas), quienes han sido convocados en, al menos, dos ocasiones, la primera en 1997 y la segunda en 2014, reuniendo a casi 100 investigadores y personas de otros sectores.

En esta última reunión, se identificaron los avances en la investigación del SS y las deficiencias de información que tendrían que ser llenadas para cubrir los diferentes aspectos del ecosistema. Éstas fueron agrupadas en seis categorías: calidad de aire, contaminantes, biología, calidad del agua e hidrología, algas y carbono, y socioeconomía. El desarrollo de los proyectos resultado de la reunión requería un presupuesto de 46 millones de dólares (Barnum *et al.*, 2017). Al respecto, en 2017, se formuló el Programa de Manejo del SS por fases, de las cuales, la fase 1 implicaba un plan a 10 años, con el objeto de proteger la salud pública y la vida silvestre, enfocándose en las porciones sur y norte del SS. En esta primera etapa se propone, entre diversas actividades, disminuir la superficie de playa que será expuesta por el desecamiento del SS durante 10 años, estimada en 48 300 a 18 500 acres, lo que significa una reducción de 62 por ciento para todo el período. Además, se busca utilizar el agua de retorno de riego de los ríos Nuevo, Álamo y Whitewater para formar humedales a lo largo de la costa y estabilizar el suelo, evitando la resuspensión de polvo y propiciando la creación de hábitat costero y de humedal, todo ello a través de un esquema de manejo adaptativo que permita mejorar el aprendizaje sobre la creación de hábitat y la supresión de polvo, así como la identificación de estrategias para las fases siguientes (DWR, 2018).

*El impacto de la sequía en la disponibilidad
del agua subterránea*

Desafortunadamente, no todas las acciones sobre el sistema geohidrológico han sido de origen antropogénico, sino que también se han presentado algunas de origen *natural*. En los últimos años, una intensa sequía ha tenido lugar en la cuenca del RC, reduciendo la disponibilidad de agua. Durante el período de 2000 a 2014, el flujo promedio del RC fue 19 por ciento menor que el flujo de 1906 a 1999, por lo que se reconoce este período como la peor sequía hidrológica registrada en la cuenca (Udall y Overpeck, 2017). Esta reducción en el escurrimiento se debe –al menos en 30 por ciento– al aumento sin precedentes de 0.9° C de temperatura en la cuenca durante el siglo pasado. Y dado que el

aumento en la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera parece no cambiar, el pronóstico de sequías parece inexorable (Udall y Overpeck, 2017).

La primera vez que se incorporó el agua subterránea como parte de la redacción en los acuerdos entre México y Estados Unidos para el RC fue debido a la entrega de agua de retorno agrícola salina como parte de la cuota de entrega anual. En el Acta 242 (1973) se estableció que ambas naciones deben consultarse para hacer obras de extracción de aguas subterráneas en sus territorios en caso de que éstas puedan ocasionar efectos adversos en el otro país, considerando una distancia de cinco millas de la línea divisoria, y limitando la extracción de aguas a 160 000 AF anuales en el área de San Luis-Yuma. Este documento oficial se podría interpretar como la introducción del recurso de agua subterránea dentro del Tratado de 1944 (Hayes, 1991); sin embargo, también representa un esfuerzo de diplomacia exitoso para resolver un problema común entre ambos países, como fue la salinidad del agua entregada a México.

El impacto de esta reducción en el escurrimiento por la intensa sequía que se ha presentado en la cuenca durante este período ha venido a la par de la reducción de la cuota de agua para California a 4.4 MAF—ya comentada antes— y los esfuerzos por su cumplimiento con la implementación de diversas medidas de transferencia de agua utilizada en la agricultura a las ciudades fuera de la cuenca.

Los procedimientos de trasvase entre el agua de la cuenca alta a la cuenca baja del RC (presa Glen Canyon a la presa Hoover) han atenuado la presión sobre el recurso hídrico en la cuenca baja; no obstante, estos trasvases y los esfuerzos de los estados de la cuenca por conservar agua de forma voluntaria no han evitado que los niveles en el lago Mead—establecidos como disparo de la reducción de volúmenes en la asignación del agua—estén cada día más cerca de alcanzarse.

Las políticas de conservación de agua para diferir la declaración de reducciones han permitido evitar que se reduzcan los volúmenes distribuidos a los usuarios y, en ese sentido, han sido, desde el punto de vista del autor, muy eficaces. Pero no se ha tenido en cuenta—o no se ha considerado en toda su magnitud, al menos para los acuíferos de Imperial y Mexicali— que esas recargas de agua producto de las actividades de irrigación forman parte del balance hidrológico del sistema acuífero.

Esta deficiencia en la recarga del acuífero se ha manifestado de diversas formas en el Valle Imperial: su efecto inmediato ha sido la reducción del flujo de recarga del SS con los consecuentes costos ambientales y de salud. No se han evaluado los costos por el abatimiento del nivel freático ni la evolución de la calidad del agua porque no se hace un uso del agua del subsuelo. Por su parte, en el acuífero del Valle de Mexicali—que es usado de forma intensiva y ha bajado sus niveles piezométricos con el recubrimiento del CTA, como se comentó antes—, la sequía presente en la cuenca durante los últimos 18 años

no se ha visto reflejada en las extracciones de agua subterránea ni en las técnicas de riego, como tampoco en la modificación de las zonas de extracción. No se cuenta con registros de explotación de agua del acuífero, aunque la organización de usuarios de pozos particulares y la organización de usuarios de pozos federales, denominada Distrito de Riego Río Colorado, Sociedad de Responsabilidad Limitada de Interés Público de Capital Variable, no han documentado ninguna reducción en los volúmenes de extracción. Recientemente, la Comisión Nacional del Agua (Conagua) reportó ante el Consejo de Cuenca de Península de Baja California y SLRC el abatimiento de un metro de nivel piezométrico anual en promedio para el acuífero del Valle de Mexicali, incluyendo el abatimiento de los niveles de la mesa de Andrade, próximos al CTA (Granados, 2017).

*La cooperación en la gestión del agua subterránea
como un recurso compartido*

La necesidad de contar con recursos hídricos subterráneos de forma sostenible es indispensable para la vida de los pueblos de todos los países y ha sido, desde hace varias décadas, una preocupación de las organizaciones mundiales. Esto cobra primordial importancia en caso de los recursos compartidos entre naciones, como son los acuíferos; no obstante, la enorme dependencia a esta fuente en regiones semiáridas hace que su gestión sea muy compleja, dado su alta vulnerabilidad a la disminución y contaminación.

Las organizaciones mundiales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Programa Hidrológico Internacional (PHI) han emitido una serie de recomendaciones que en conjunto buscan, por un lado, entender el funcionamiento de los acuíferos transfronterizos –pues, como en el caso del sistema geohidrológico del delta, se tiene un escaso conocimiento de su funcionamiento, o bien datos parciales e incompletos– y, por otro, establecer lineamientos generales que armonicen el uso de este recurso.

En 2009, la ONU, a través de la Resolución 63/124, recomendó e instó a los Estados a alcanzar una adecuada gestión de los acuíferos transfronterizos, creando marcos regulatorios entre las legislaciones locales y regionales (ONU, 2009). Entre los 19 artículos, el primero alude a la soberanía de cada Estado por la porción del acuífero que está en su territorio, destacando las conocidas reglas de la ley internacional del agua de utilización equitativa, razonable y sin provocar daño significativo al acuífero transfronterizo. Al respecto, la utilización equitativa y razonable tiene que considerar diferentes aspectos, tales como: la población que depende del recurso; las necesidades sociales, económicas y de otro tipo, presentes y futuras de los Estados; las características naturales del sis-

tema acuífero; así como la función desempeñada por el acuífero o sistema acuífero en el ecosistema con él relacionado, y los efectos potenciales en el uso del acuífero sobre la porción del mismo que pertenezca al otro país. Mientras que la obligación de no causar daño significativo al acuífero se trata de un concepto relativo y flexible, el cual se podría interpretar como no impactar al recurso a través de la implementación de actividades más allá de su utilización, como la práctica de actividades agrícolas o industriales, mineras, de construcción, u otras que afecten los procesos normales de recarga (Zamora *et al.*, 2006).

Otros principios notables que se encuentran en la Resolución incluyen las obligaciones de intercambiar datos e información regularmente, proteger los ecosistemas, así como las zonas de recarga y descarga, prevenir la contaminación, controlar el acuífero y notificar previamente las actividades planificadas (Zamora *et al.*, 2006).

La Agencia Internacional de Manejo de Recursos Acuíferos Compartidos (ISARM, por sus siglas en inglés) identificó 11 acuíferos transfronterizos entre Estados Unidos y México, incluyendo el ubicado en el Valle de Mexicali (International Groundwater Resources Assessment Centre [IGRAC, por sus siglas en inglés], 2015), aunque un estudio más detallado reconoce 36 (Coes *et al.*, 2015). Pese a que en algunos de ellos se han realizado enormes esfuerzos por conocer mejor su funcionamiento, establecer una protección adecuada, mejorar su gestión de uso y minimizar los impactos ante una extracción creciente (Loeltz y Leake, 1979), el sistema acuífero del delta del RC no ha sido abordado de manera explícita como un acuífero transfronterizo con recursos compartidos por ninguno de los dos países.

Como era usual en su momento, el Tratado de 1944 consideró al agua subterránea como un recurso diferente al agua superficial y, por tanto, no fue incluido en un tratado de aguas superficiales. Sin embargo, desde hace algunos años, estos dos recursos son considerados como uno solo, ya que las pérdidas de agua superficial, tanto en los cauces de los ríos como en los canales de conducción, pasan a ser aguas subterráneas, como es el caso del actual sistema geohidrológico del delta. De manera similar ocurre con la descarga de agua subterránea a los lechos de los ríos, drenajes agrícolas y cuerpos de agua superficial, que da lugar a los flujos base en los cauces superficiales y espejos de agua permanentes, en donde el agua subterránea pasa a ser agua superficial. Ejemplos de este proceso en el delta son los humedales de la mesa arenosa de Andrade, los humedales del corredor ribereño y ni qué decir del SS. Finalmente, esta agua en todos los procesos es considerada dentro del balance hidrológico, ya que forma parte de un mismo recurso.

Ha habido importantes avances para abordar la gestión de aguas transfronterizas, los cuales han sido catalizados por diversos factores, entre ellos, la presión de la sequía en

la cuenca del RC, el aumento de la demanda de agua de la cuenca por el crecimiento de las poblaciones ubicadas fuera de la misma, y el aumento de la consideración del medio ambiente bajo los principios de sostenibilidad. Estos esfuerzos han creado conciencia sobre la necesidad de incorporar el agua subterránea al marco normativo de gestión de recursos transfronterizos acompañados de una mejor información técnica, mayor participación ciudadana y mejor coordinación entre países.⁸

No debemos olvidar que no hace mucho tiempo, a principios del siglo XX, antes de que se incrementara la demanda del agua en la cuenca baja del RC, el delta de este río se extendía 780 000 ha en territorio mexicano y estadounidense con un hábitat muy variado, que abarcaba desde la zona estuarina y los humedales hasta vegetación ribereña y áreas desérticas pobladas por muchas especies que ahora están en peligro de extinción (Sykes, 1937). El insuficiente flujo de agua en el río y el uso intensivo de la tierra con fines agrícolas contribuyeron a la degradación de 90 por ciento de los humedales del delta (Luecke *et al.*, 1999). Organizaciones ambientalistas de la sociedad civil, de México y Estados Unidos, han pugnado porque la protección del hábitat remanente del delta del RC debe ser una responsabilidad compartida entre ambas naciones. Estos aspectos ambientales y la forma de afrontarlos han sido incluidos como parte de las discusiones binacionales sobre el agua, en el seno de la CILA-IBWC, desde finales de la década de 1990. En dichas negociaciones participaron, por primera vez, no sólo los gobiernos de los dos países, sino también la sociedad civil organizada; acción que se concretó con el apartado 6 del Acta 319, firmada el 20 de noviembre de 2012.

Descarga de flujos ambientales en el corredor ribereño del río Colorado

No obstante que las actuaciones de forma unilateral en el uso del recurso hídrico en el delta han impactado negativamente el sistema geohidrológico, es preciso anotar que se ha iniciado una cooperación binacional por recuperar parte del ecosistema perdido.

En este apartado se reseña esta incipiente cooperación, con el objeto de mostrar que aún es posible recuperar el sistema geohidrológico desde una visión holística binacional.

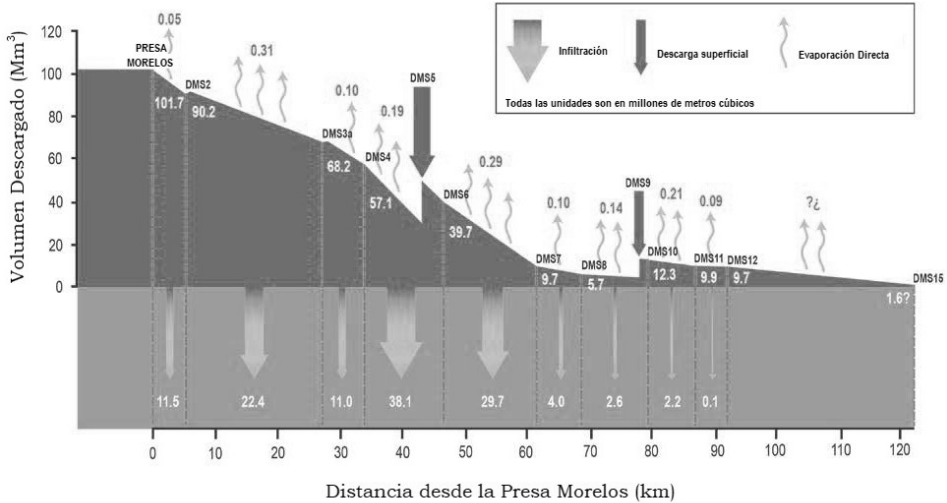
Sin duda, la descarga de los flujos ambientales convenidos en las Actas 319 y 323 ha sido una de las acciones de cooperación entre ambos países con mayor significado e impacto, tanto en la mejora del hábitat ribereño del RC, que es absolutamente dependiente del agua subterránea, como de forma indirecta en la recarga del acuífero (*Acta 319*, 2012; *Acta 323*, 2017).

⁸ Mumme (2005) presenta un análisis de los aspectos legales, político-diplomáticos y económicos que condicionan la cooperación en aspectos binacionales.

En el Acta 319 (2012) se estableció la descarga de 195 hm^3 divididos en dos eventos, uno llamado flujo base y otro denominado flujo pulso, con volúmenes de 65 y 130 hm^3 , respectivamente. Desde una perspectiva hidrológica, se define al flujo base como la parte del flujo que conduce un río por la descarga de agua subterránea que representa la fuente de agua en el cauce durante la época de estiaje, manteniendo la conexión longitudinal (a lo largo del río) y vertical (con el acuífero); éste es permanente, aunque variable en el tiempo. En el caso de ríos regulados, como en el delta del RC, los impactos en el cauce del río son muy evidentes, con tramos de aproximadamente 80 km totalmente secos. Aunque se observan tramos del RC con agua –particularmente a lo largo de 30 km aguas abajo de la presa Morelos y alrededor de ocho kilómetros aguas abajo de la vía del ferrocarril Mexicali-Puerto Peñasco (vado San Felipe), en los que la pérdida de agua por infiltración de los canales y la intensa recarga por la irrigación de aguas agrícolas descargan este retorno de riego en el cauce del RC–, funcionan como un canal de drenaje agrícola. En el intento de reproducir estas descargas continuas al lecho del RC se convino en descargar agua, durante la vigencia del acta, dirigida a los sitios de restauración asistida (Col. Miguel Alemán, Chausse y Sitio CILA) y al canal del RC, propiciando la recarga del acuífero (Ramírez-Hernández *et al.*, 2015). Adicionalmente, con la descarga de un flujo pulso, se pretendió alcanzar una conectividad lateral hacia terrazas medias y altas del río o cauces antiguos abandonados, mejorando la productividad del ecosistema y su diversidad, removiendo y transportando sedimentos finos (limos y arcillas). Aunque era imposible imitar un flujo pulso histórico del RC, considerando la capacidad actual del cauce, la disponibilidad de agua y la infraestructura hidráulica actual (véase línea azul de la figura 1), su efecto fue muy importante por la intensidad de la descarga que alcanzó un flujo máximo de $120 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, con una duración total de la descarga del 23 de marzo al 18 de mayo de 2014. En este evento se simuló un flujo pulso en el que 91.4 por ciento del total del flujo descargado se infiltró en la zona de mayor presión hídrica del acuífero, es decir, 120.6 hm^3 (véase figura 3) (Ramírez-Hernández *et al.*, 2017).

Si bien la descarga de los flujos ambientales ha propiciado la recarga del acuífero, esto ha sido uno de los beneficios colaterales, así como lo fue la creación de un grupo binacional de expertos ambientales –de diversas disciplinas, de los dos gobiernos, la academia y los organismos de la sociedad organizada–, que analizó y definió ambos eventos de descarga (flujo pulso y base) considerando aspectos hidrológicos, geohidrológicos, ambientales, ecológicos, sociales, logísticos y de seguridad. Este grupo, además, concertó la recopilación de información que permitiera evaluar el beneficio de las descargas al medio ambiente de forma sistemática mediante el uso de protocolos consensados, bases de datos y cartográficas unificadas.

Figura 3. Balance de agua descargada en el flujo pulso en el año 2014



Fuente: Modificada, con base en Ramírez-Hernández *et al.* (2017).

Modelo geohidrológico integral

En este apartado se propone la generación de un modelo geohidrológico, que incluya todo el sistema, como herramienta de gestión integral. Se hace una breve descripción de los modelos geohidrológicos individuales de cada uno de los acuíferos y se discute la necesidad de un modelo geohidrológico integral.

La gestión de un recurso natural compartido, como es el sistema geohidrológico del delta del RC, requiere la participación de diversos actores, entre los que podríamos reseñar como esenciales a los gobiernos nacionales de ambos países, los gobiernos estatales y locales, así como a los usuarios del agua, en sus diferentes sectores. Sin embargo, para llevar a cabo esta gestión, es preciso contar con herramientas que consideren al sistema como un ente único que se comporta de forma integral, al que le aporten elementos de análisis, como son los modelos geohidrológicos. Estas herramientas deben tener en cuenta que cualquier estímulo en alguna de las partes del sistema, si bien obtiene una respuesta inmediata de la porción estimulada, tiene efectos en todo el sistema.

El uso de modelos geohidrológicos como parte de los elementos de gestión de recursos hídricos no es nuevo en el mundo ni en esta región, y se ha presentado en los cinco

acuíferos que conforman el sistema geohidrológico, sólo que de forma segmentada, sin considerarse como un recurso integrado y único. Estos modelos han sido utilizados para crear elementos de gestión individual de cada zona administrativa, los cuales son dispares en tiempo, extensión y profundidad.

El acuífero de Coachella fue estudiado antes del Programa de Recarga del Acuífero en 1974 (Tyley, 1974). De hecho, se ha realizado un seguimiento muy continuo de su evolución y su aprovechamiento (Swain, 1978; Thomas y Famiglietti, 2015) e, incluso, se han propuesto sitios adicionales de recarga (CVWD, 2002; Fogg *et al.*, 2000). Por su parte, en el Valle Imperial se han llevado a cabo varios estudios geológicos y geohidrológicos (Loeltz *et al.*, 1975; Tompson *et al.*, 2008), cuyos resultados permiten caracterizar de forma general al sistema; sin embargo, dado que no se hace una extracción intensiva de agua en el acuífero, no se realizan reportes periódicos de niveles freáticos.

En contraposición, en el acuífero de Yuma se generan reportes mensuales y anuales sobre el nivel freático del sistema, que además son publicados por el United States Bureau of Reclamation (USBR) y que, aunados al estudio desarrollado por Dickinson *et al.* (2006), proporcionan la información básica para iniciar la modelación. Por otro lado, el Valle de Mexicali cuenta con el estudio geohidrológico de Ariel Construcciones (1968), además de tener otros estudios en los que se realizaron modelizaciones del sistema acuífero regional (Díaz-Cabrera, 2001; Feirstein *et al.*, 2008; Rodríguez-Burgueño, 2012), los cuales han aportado conocimientos sobre el comportamiento general del acuífero, aunque, a la fecha, sea imperioso contar con información geohidrológica actualizada.

Si se toma en cuenta lo anterior, así como los enormes retos que ya se están presentando y los que se avizoran, no cabe duda de que la gestión de los recursos hídricos subterráneos no puede realizarse de forma aislada. Entre los retos que se distinguen, se encuentran los cambios climáticos globales, reflejados como aumento de la temperatura generalizada con la reducción de nieve y la prolongada sequía en la cuenca; la reducción del almacenamiento del agua por la subsidencia debida a procesos tectónicos dentro de la depresión del Salton y por la extracción de agua; la creciente dependencia de los ecosistemas naturales al agua subterránea inducida por la reducción de agua superficial y el decremento de su calidad (por ejemplo, en el corredor ribereño); la temible intrusión salina que, en la década de 1960, obligó a reducir el bombeo para alcanzar una estabilización del nivel freático por arriba del nivel del mar; la desecación de los cuerpos de agua superficiales y humedales que proveían hábitats a numerosas especies migratorias y en peligro de extinción, que además están generando problemas de salud pública; los procesos de contaminación de origen antropogénico con el ingreso de agua de retorno de riego con contaminantes orgánicos y altas concentraciones de sales, aunado a los procesos de disolución de contaminantes de origen geogénico, como el selenio; así como

la gran vulnerabilidad del abastecimiento de agua que se incrementa con el trasvase de enormes volúmenes de agua.

Ante este escenario, el desarrollo del modelo geohidrológico integral del delta requerirá formar un grupo de investigación binacional compuesto por integrantes de ambos gobiernos, federales y estatales, de la academia y de la sociedad organizada, que aborden tanto los temas geológicos, geofísicos, geohidrológicos y de modelación, como los relacionados con las políticas de uso, abasto, distribución, aprovechamiento, disponibilidad actual y futura del recurso, así como su impacto en las actividades socioeconómicas y en el medio ambiente.

Este grupo deberá compilar, uniformizar y procesar datos de ambos países, considerando diferencias cartográficas, de cobertura espacial y temporal. También deberá integrar las descripciones litológicas de los pozos para determinar la geometría y las propiedades hidráulicas del sistema, es decir, la geometría del sistema. Adicionalmente, necesitará incorporar los volúmenes de agua extraídos históricamente, así como identificar los cambios en los procesos de recarga como los descritos en apartados anteriores.

Una vez construido el modelo geohidrológico, éste permitirá evaluar el efecto de cualquier acción de modificación del sistema sobre la disponibilidad del recurso hídrico en cualquier parte de sistema en corto, mediano y largo plazo. Por ejemplo, tomando en cuenta algunas acciones realizadas por el hombre, se evaluaría el efecto en la disponibilidad del agua subterránea y los humedales del RC por el recubrimiento de canales en el Valle de Mexicali; o bien, el efecto en la hidrodinámica del SS por la reducción de la superficie de cultivo en el Valle Imperial para el trasvase de agua; o el aumento de la disponibilidad de agua ocasionado por la inyección del recurso en la zona de Coachella. Así mismo, considerando acciones de índole más natural, se evaluaría el efecto en los volúmenes de recarga por la variabilidad climática; el aumento de la temperatura o la ocurrencia de eventos tormentosos más frecuentes e intensos; la disminución de la recarga del acuífero por la reducción de los escurrimientos en el RC por la persistencia de la sequía en la cuenca, por sólo mencionar algunas.

Indudablemente, el reto de desarrollar un modelo geohidrológico integral del sistema geohidrológico transfronterizo, que proporcione elementos para la gestión de este recurso tan preciado y además asegure el uso sustentable del agua a largo plazo en la región del delta del RC, aunque sólo es uno de los primeros pasos por dar, es de grandes dimensiones.

Conclusiones

Con base en los aspectos analizados en los apartados anteriores, se concluye que la sectorización del sistema de flujo subterráneo en ambos países ha traído como consecuencia que la administración, el monitoreo y el estudio de estos acuíferos se haya realizado de forma independiente y aislada, valorando únicamente los impactos locales.

El proceso evolutivo del delta desde su formación ha mostrado la continuidad del sistema natural y su interdependencia. La ocurrencia de fenómenos naturales intensos, como la tectónica de la región y la acreción de sedimentos del RC, así como las transgresiones marinas con diferentes intensidades y periodicidades, han jugado un papel fundamental en la configuración del sistema geohidrológico actual. Las modificaciones del régimen geohidrológico natural por acciones antropogénicas, junto con los cambios climáticos globales, están impactando profundamente, tanto en las funciones en el ecosistema del delta –alterando los hábitats de humedales y cuerpos de agua superficiales–, como en el régimen hidráulico del sistema geohidrológico. Estas modificaciones fueron analizadas desde la reducción de los flujos superficiales en los cauces naturales –por la retención y almacenamiento aguas arriba del delta– y desde el aumento de la extracción de agua –por el crecimiento de las actividades agrícolas desde inicios del siglo pasado hasta el trasvase de agua para el abastecimiento de poblaciones fuera de la cuenca desde principios de este siglo–. Ante una perspectiva de escasez, las acciones estructurales realizadas para cubrir los compromisos de uso de agua del RC por el estado de California y el compromiso de conservación del recurso por parte de México deben analizarse holísticamente, incluyendo su impacto en el agua subterránea y en el ambiente. Ejemplo de esta visión holística es la descarga de flujos ambientales al delta incluida en las Actas 319 y 323.

Nuevas y más modernas herramientas de análisis, como los modelos geohidrológicos de nueva generación, deben ser formuladas para incorporarse como elementos de gestión del recurso hídrico, lo que conllevará compartir y homogeneizar los datos geohidrológicos, los volúmenes bombeados, los volúmenes aplicados a los cultivos, las cédulas de cultivo y los modelos climáticos, entre otros.

Al margen de la voluntad política de lograr una gestión común entre países y estados, lo anterior representa un reto de gestión no sólo para los tomadores de decisiones, sino, además, para los grupos de científicos participantes de forma interdisciplinaria y binacional, cuyo objetivo deberá ser alcanzar el uso sustentable del recurso hídrico de la región. Como se observa, un ejercicio de colaboración binacional exitoso se realizó recientemente con los flujos ambientales al delta pactados en las Actas 319 y 323. Dicha acción confirma que el reto es grande, pero no imposible.

Referencias

- Acta 242 Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Solución permanente y definitiva del problema internacional de la salinidad del río Colorado*, Ciudad de México-Washington, D. C., 30 de agosto de 1973. <http://www.cila.gob.mx/actas/242.pdf>
- Acta 319 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Medidas interinas de cooperación internacional en la cuenca del río Colorado hasta el 2017 y ampliación de las medidas de cooperación del Acta 318, para atender los prolongados efectos de los sismos de abril de 2010 en el Valle de Mexicali, Baja California*. Coronado, California, 20 de noviembre de 2012. <http://www.cila.gob.mx/actas/319.pdf>
- Acta 323 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Ampliación de las medidas de cooperación y adopción de un Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua en la cuenca del río Colorado*. Ciudad Juárez, Chihuahua, 21 de septiembre de 2017. <http://www.cila.gob.mx/actas/323.pdf>
- Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 41 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*, Distrito Federal, México, 16 de agosto de 2010. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5155455&fecha=16/08/2010&print=true
- Aguilar, Á. (2009). Áreas para exploración en los alrededores del campo geotérmico de Cerro Prieto, B. C. *Geotermia*, 22(2), 2-9. <https://biblat.unam.mx/hevila/Geotermia/2009/vol22/no2/1.pdf>
- Ariel Construcciones. (1968). *Estudio geohidrológico preliminar de los acuíferos del Valle de Mexicali, B. C. y mesa arenosa de San Luis Sonora*. Conagua.
- Barnum, D. A., Bradley, T., Cohen, M., Wilcox, B. y Yanega, G. (2017). *State of the Salton Sea: A Science and Monitoring Meeting of Scientists for the Salton Sea*. USGS. <https://pubs.usgs.gov/of/2017/1005/ofr20171005.pdf>
- Charlton, D., Dahl, W., Dull, C. y Steele, K. (2010). *Coachella Canal Lining Project: Cost Effective Construction for Large Scale Water Conservation*. United States Committee on Irrigation and Drainage. https://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/210935/113_2010_CA_USCID_Charlton.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coachella Valley Water District (CVWD). (2002). *Coachella Valley Water Management Plan*. Autor. <https://www.cvwd.org/DocumentCenter/View/1193/Final-Coachella-Valley-Water-Management-Plan--September-2002--PDF?bidId=>
- Coes, A. L., Land, M., Densmore, J. N., Landrum, M. T., Beisner, K. R., Kennedy, J. R., Macy, J. P. y Tillman, F. D. (2015). *Initial Characterization of the Groundwater System Near the Lower Colorado Water Supply Project, Imperial Valley, California*.

- (Scientific Investigations Report Series 2015-5102). USGS. <http://dx.doi.org/10.3133/sir20155102>
- Cohen, M. (2013). *Groundwater Dynamics in the Colorado River Limitrophe*. Pacific Institute.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2008). *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero 2601 Valle de San Luis Río Colorado, estado de Sonora*. Autor. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/sonora/DR_2601.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Mexicali (0210) Estado de Baja California*. Autor. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCalifornia/DR_0210.pdf
- Department of Water Resources (DWR). (2018). *Salton Sea Management Program. Phase I: 10-Year Plan*. Department of Water Resources/California Natural Resources Agency/California Fish and Wildlife Service. <https://resources.ca.gov/CNRALegacyFiles/wp-content/uploads/2018/10/SSMP-Phase-1-10-Year-Plan.pdf>
- Díaz-Cabrera, P. (2001). *Simulación numérica del acuífero superior del Valle de Mexicali, Baja California, México* (tesis de maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Dickinson, J. E., Land, M., Faunt, C. C., Leake, S. A., Reichard, E. G., Fleming, J. B. y Pool, D. R. (2006). *Hydrogeologic Framework Refinement, Ground-Water Flow and Storage, Water-Chemistry Analyses, and Water-Budget Components of the Yuma Area, Southwestern Arizona and Southeastern California*. (Scientific Investigation Report 2006-5135). USGS. <http://pubs.usgs.gov/sir/2006/5135/>
- Elders, W. A., Rex, R. W., Meidav, T., Robinson, P. T. y Biehler, S. (1972). Crustal Spreading in Southern California: The Imperial Valley and the Gulf of California Formed by the Rifting Apart of a Continental Plate. *Science*, 178, 15-24.
- Feirstein, E., Zamora-Arroyo, F., Vionnet, L. y Maddock, T. (2008). *Simulation of Groundwater Conditions in the Colorado River Delta, Mexico* (tesis de maestría). University of Arizona, Tucson.
- Fogg, G. E., O'Neill, G. T., LaBolle, E. M. y Ringel, D. J. (2000). Groundwater Flow Model of Coachella Valley, California: An Overview. En M. Watson Harza, *Final Program Environmental Impact Report for Coachella Valley Water Management Plan and State Water Project Entitlement Transfer. 2002*. CVWD.
- García-Saillé, G., López-López, A. y Navarro-Urbina, J. (2006). Lining the All-American Canal: It's Impact on Aquifer Water Quality and Crop Yield in Mexicali Valley. En V. Sánchez-Munguía (edit.), *The U. S. Mexican Border Environment: Lining the All-American Canal: Competition or Cooperation for the Water in the U. S.-Mexican Border?* (pp. 77-100). (Vol. 13). San Diego State University Press.

- Granados, A. R. (2017). Resultados obtenidos en los levantamientos piezométricos en acuíferos que cuentan con red de monitoreo en Baja California. Subgerencia Técnica del Organismo de Cuenca Península de Baja California [ponencia]. En *Octava Sesión Extraordinaria del Consejo de Cuenca Península de Baja California y Municipio de San Luis Río Colorado, Sonora*. Mexicali: Consejo de Cuenca Península de Baja California y Municipio de San Luis Río Colorado.
- Hayes, D. L. (1991). The All-American Canal Lining Project: A Catalyst Rational and Comprehensive Groundwater Management on the United States-Mexico Border. *Natural Resources Journal*, 31(4), 803-827.
- Herrera-Barrientos, J., Norzagaray-Campos, M., García-Saillé, G., Cortez-Lara, A. A. y Jorquera-Flores, D. (2006). Fluctuations in Quality and Levels of Groundwater Near the Mexican-Proximate Portion of the All-American Canal. En V. Sánchez-Munguía (edit.), *The U. S.-Mexican Border Environment. Lining the All-American Canal: Competition or Cooperation for the Water in the U. S.-Mexican Border?* (pp. 59-76). (Vol. 13). San Diego State University Press.
- Imperial Irrigation District (IID). (2002). *Water Conservation and Transfer Project. Draft Habitat Conservation Plan. Draft Environmental Impact Report/Environmental Impact Statement*. Imperial Irrigation District/United States Bureau of Reclamation.
- Imperial Irrigation District (IID). (2018). All-American Canal Lining Project. <https://www.iid.com/water/library/all-american-canal-lining-project>
- Imperial Irrigation District (IID). (2019). Water Conservation. 018. <http://www.iid.com/water/water-conservation>
- Kennedy, J., Rodríguez-Burgueño, J. E. y Ramírez-Hernández, J. (2017). Groundwater Response to the 2014 Pulse Flow in the Colorado River Delta. *Ecological Engineering*, 106(Part B), 715-724. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.072>
- Kibel, P. S. (2008). A Line Drawn in Water: Aquifers Beneath the Mexico-United States Border. *University Denver Water L. Rev.*, 12, 191.
- Loeltz, O. J., Ireland, B., Robinson, J. H. y Olmsted, F. H. (1975). *Geohydrologic Reconnaissance of the Imperial Valley, California*. (Professional Paper 486-K). Water Resources of Lower Colorado River-Salton Sea Area/USGS. <https://doi.org/10.3133/pp486K>
- Loeltz, O. J. y Leake, S. A. (1979). *Relation between Proposed Developments of Water Resources and Seepage from the All-American Canal, Eastern Imperial Valley, California*. (Open-File Report 79-744). USGS. <https://doi.org/10.3133/ofr79744>
- Luecke, D., Pitt, J., Congdon, C., Glenn, E., Valdés-Casillas, C. y Briggs, M. (1999). *A Delta Once More: Restoring Riparian and Wetland Habitat in the Colorado River Delta*. Environmental Defense Fund.

- Meckel, L. D. (1975). Holocene Sand Bodies in the Colorado Delta Area, Northern Gulf of California. En M. C. Broussard (edit.), *Deltas. Models for Exploration* (pp. 239-265). Houston Geological Society.
- Mueller, E. R., Schmidt, J. C., Topping, D. J., Shafroth, P. B., Rodríguez-Burgueño, J. E., Ramírez-Hernández, J. y Grams, P. E. (2017). Geomorphic Change and Sediment Transport During a Small Artificial Flood in a Transformed Post-Dam Delta: The Colorado River Delta, United States and Mexico. *Ecological Engineering*, 106(Part B), 757-775.
- Mumme, S. P. (2005). Advancing Binational Cooperation in Transboundary Aquifer Management on the U. S.-Mexico Border. *Colo. J. Int'l Env'tl. L. & Pol'y*, 16, 77.
- Nelson, S. M., Fielding, E. J., Zamora-Arroyo, F. y Flessa, K. (2013). Delta Dynamics: Effects of a Major Earthquake, Tides, and River Flows on Ciénega de Santa Clara and the Colorado River Delta, Mexico. *Ecological Engineering*, 59, 144-156. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857412003394>
- Olmsted, F. H., Loeltz, O. J. e Irelan, B. (1973). *Geohydrology of the Yuma Area, Arizona and California*. (Professional Paper 486-H). Water Resources of Lower Colorado River-Salton Sea Area/USGS/United States Government Printing Office. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=PYJ8rQKBKCYC&oi=fnd&pg=PP11&dq=Geohydrology+of+the+Yuma+Area,+Arizona+and+California.+Water+Resources+of+Lower+Colorado+River-Salton+Sea+Area&ots=KuAURJNaZw&sig=PnjgVu3h818h8MNVFEYQ6-BgEgM&redir_esc=y#v=onepage&q=Geohydrology%20of%20the%20Yuma%20Area%2C%20Arizona%20and%20California.%20Water%20Resources%20of%20Lower%20Colorado%20River-Salton%20Sea%20Area&f=false
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2009). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 11 de diciembre de 2008 [sobre la base del informe de la Sexta Comisión (A/63/439)] 63/124. El derecho de los acuíferos transfronterizos*. Autor. <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/RES/63/124>
- Qualification Settlement Agreement (SQA)*. California, Estados Unidos, 10 de octubre de 2003. https://www.sdcwa.org/sites/default/files/files/QSA_final.pdf
- Ramírez-Hernández, J. (1997). *Estudio de las relaciones hidrogeológicas del acuífero superior del Valle de Mexicali con aguas geotérmicas superficiales* (tesis doctoral). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España.
- Ramírez-Hernández, J. y Carrera-Villa, E. (2015). El humedal artificial Las Arenitas (Baja California, México): Funcionamiento hidrológico-ecológico y su potencial lúdico. En A. Sastre-Merlín, I. A. Díaz-Carrión y J. Ramírez-Hernández (coords.), *Gestión de humedales españoles y mexicanos. Apuesta conjunta por su futuro* (pp. 201-218). (Vol. 1). Universidad de Alcalá.

- Ramírez-Hernández, J., Hinojosa-Huerta, O., Peregrina-Llanes, M., Calvo-Fonseca, A. y Carrera-Villa, E. (2013). Groundwater Responses to Controlled Water Releases in the Limitrophe Region of the Colorado River: Implications for Management and Restoration. *Ecological Engineering*, 59, 93-103.
- Ramírez-Hernández, J., Rodríguez-Burgueño, J. E., Kendy, E., Salcedo-Peredia, A. y Lomeli, M. A. (2017). Hydrological Response to an Environmental Flood: Pulse Flow 2014 on the Colorado River Delta. *Ecological Engineering*, 106(Part B), 633-644.
- Ramírez-Hernández, J., Rodríguez-Burgueño, J. E., Zamora-Arroyo, F., Carreón-Diazconti, C. y Pérez-González, D. (2015). Mimic Pulse-Base Flows and Groundwater in a Regulated River in Semiarid Land: Riparian Restoration Issues. *Ecological Engineering*, 83, 239-248.
- Ramírez-Hernández, J., Roman-Calleros, J., Reyes-López, J. A. y Lázaro-Mancilla, O. (16 al 19 de noviembre de 2004). Hydraulic Behavior of Drain Mesa and Mexicali Aquifer before All American Channel Lining [ponencia]. En *Second International Symposium on Transboundary Waters Management. Sustainability of Semi-Arid Hydrology and Riparian Areas*, Tucson, Arizona.
- Ramírez-Hernández, J., Roman-Calleros, J., Reyes-López, J. A. y Lázaro-Mancilla, O. (2006). El escenario del agua en el Valle de Mexicali. En J. Ramírez-Hernández (coord.), *Una visión de la problemática ambiental de Mexicali y su valle* (pp. 19-70). UABC.
- Rodríguez-Burgueño, J. (2012). *Modelación geohidrológica transitoria de la relación acuífero-río de la zona FFCC-vado Carranza del río Colorado con propósito de manejo de la zona riparia* (tesis de maestría). UABC, Mexicali.
- Sykes, G. (1937). *The Colorado Delta*. Carnegie Institution/AGS.
- Swain, L. A. (1978). *Predicted Water-Level and Water-Quality Effects of Artificial Recharge in the Upper Coachella Valley, California, Using a Finite-Element Digital Model*. (Water-Resources Investigations Report, 77-29). USGS. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/wri7729>
- Thomas, B. F. y Famiglietti, J. S. (2015). Sustainable Groundwater Management in the Arid Southwestern U. S.: Coachella Valley, California. *Water Resources Management*, 29(12), 4411-4426.
- Tompson, A. F. (2016). Born From a Flood: The Salton Sea and Its Story of Survival. *Journal of Earth Science*, 27(1), 89-97.
- Tompson, A., Demir, Z., Moran, J., Mason, D., Wagoner, J., Kollet, S., McKereghan, P. (2008). *Groundwater Availability Within the Salton Sea Basin. Final Report*. (No. LLNL-TR-400426). Lawrence Livermore National Laboratory. https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc898849/m2/1/high_res_d/932394.pdf

- Tratado de límites entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América. *Diario Oficial*, México, 30 de diciembre de 1853. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1853.pdf>
- Tratado de paz, amistad, límites y arreglo definitivo entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América. *Diario Oficial de la Federación*, Guadalupe, Hidalgo, México, 2 de febrero de 1848. <https://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/ARCHIVOS/EUA-PAZ%20Y%20AMISTAD.pdf>
- Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México*. Washington, Estados Unidos, 3 de febrero de 1944. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- Tyley, S. J. (1974). *Analog Model Study of the Ground-Water Basin of the Upper Coachella Valley, California*. (Water-Supply Paper 2027). USGS. <https://pubs.usgs.gov/wsp/2027/report.pdf>
- Udall, B. y Overpeck, J. (2017). The Twenty-First Century Colorado River Hot Drought and Implications for the Future. *Water Resources Research*, 53(3), 2 404-2 418.
- United States Department of the Interior (USDI). (2000). *Colorado River Interim Surplus Criteria. Final Environmental Impact Statement*. Autor.
- United States Department of the Interior (USDI). (2001). *Record of Decision. Colorado River Interim Surplus Guidelines Final Environmental Impact Statement*. Autor.
- United States Geological Survey (USGS). (2018). USGS 09522200 Colorado River at SIB Near San Luis, AZ. https://waterdata.usgs.gov/nwis/dv?referred_module=sw&site_no=09522200
- Van Andel, T. H. (1964). *Recent Marine Sediments of Gulf of California*. (Vol. 3). American Association of Petroleum Geologists.
- Van De Kamp, P. C. (1973). Holocene Continental Sedimentation in the Salton Basin, California: A Reconnaissance. *Geological Society of America Bulletin*, 84(3), 827-848.
- Zamora, A. F., Culp, P. e Hinojosa, H. O. (2006). Looking Beyond the Border: Environmental Consequences of the All-American Canal Project in Mexico and Potential Binational Solutions. En V. Sánchez-Munguía (edit.), *The U. S.-Mexico Border Environment: Lining the All-American Canal: Competition or Cooperation for Water in the U. S.-Mexican Border?* (pp. 21-57). (Vol. 13). San Diego State University Press.

Drought Assessment Using Remote Sensing in the Allende-Piedras Negras Transboundary Aquifer

Laura Rodríguez Lozada / Rosario Sánchez

Introduction

Recently, a total of 36 potential transboundary aquifers have been identified in the Mexican-U.S. border (Sanchez et al., 2016). Sixteen aquifers were identified and characterized as transboundary with a reasonable level of confidence; however, only 11 aquifers have been recognized officially as transboundary by Mexico and the United States (U.S.). The Allende-Piedras Negras (APN) aquifer between Texas (USA) and the state of Coahuila (Mexico), has been identified as transboundary with a reasonable level of confidence (Sanchez et al., 2016, 2018); however, it has not been recognized officially by both countries or at the international level (Internationally Shared Aquifer Resources Management [ISARM]). The only available studies of the APN focuses merely on the central portion of the aquifer located in the Mexico side (Aguilar, 2013; Boghici, 2002; Castillo Aguiñaga, 2000; CONAGUA, 2014; Grupo Modelo, 2003). These studies excluded the northern portion located in Texas and the southern portion located in Mexico as well.

Because of its location on the political border, the APN has a strategic value to the binational relationship. The depletion of the APN aquifer or even a significant reduction of the water table has the potential of decreasing the volumetric flux of streams into the Rio Grande/Rio Bravo River system, affecting the water allocation set in the bi-national 1944 water treaty (Colorado-Rio Grande, 1944). As of 2011, the APN aquifer was not overexploited, with a positive difference between the recharge and the extraction water volumes of 31.8 m³/year (DOF, 2011). However, the aquifer is located in an arid to semi-arid region where most of the rainfall water evaporates, reducing the runoff and infiltration in the area of interest. Due to climate change predictions in the area as well as the growing groundwater dependency in the region for agriculture, industry and

domestic use (85% of total water supply), the establishment of water restrictions (*veda*) was recommended by CONAGUA (DOF, 2011). More recently, restrictions on water extraction were established for the APN aquifer due to the high risk of overexploitation and the low recharge rates induced by the climate conditions in the area (DOF, 2013).

The APN aquifer in the Texas side resides within Kinney and Maverick counties, and it is managed by the Kinney Groundwater District as “the local Austin Chalk Management Zone and Uvalde gravel”. A management zone is the term assigned to every aquifer in the area which corresponds to published groundwater flow models developed by the Texas Water Development Board (TWDB) (Kinney County Groundwater Conservation District, 2013). Every management zone will have certain drought stage levels (withdrawal levels measured on selected observation wells) used as indicators to set pumping regulations or minimum distances between wells; the purpose of this regulation is minimizing the cone of depression or interference with the boundaries of affected areas in the management zones; however, these measurements have not been implemented yet (Kinney County Groundwater Conservation District, 2013). In contrast, since Maverick County does not have a groundwater conservation district, the rule of capture still prevails for the aquifers in this area (Potter, 2004; TWDB, 2017).

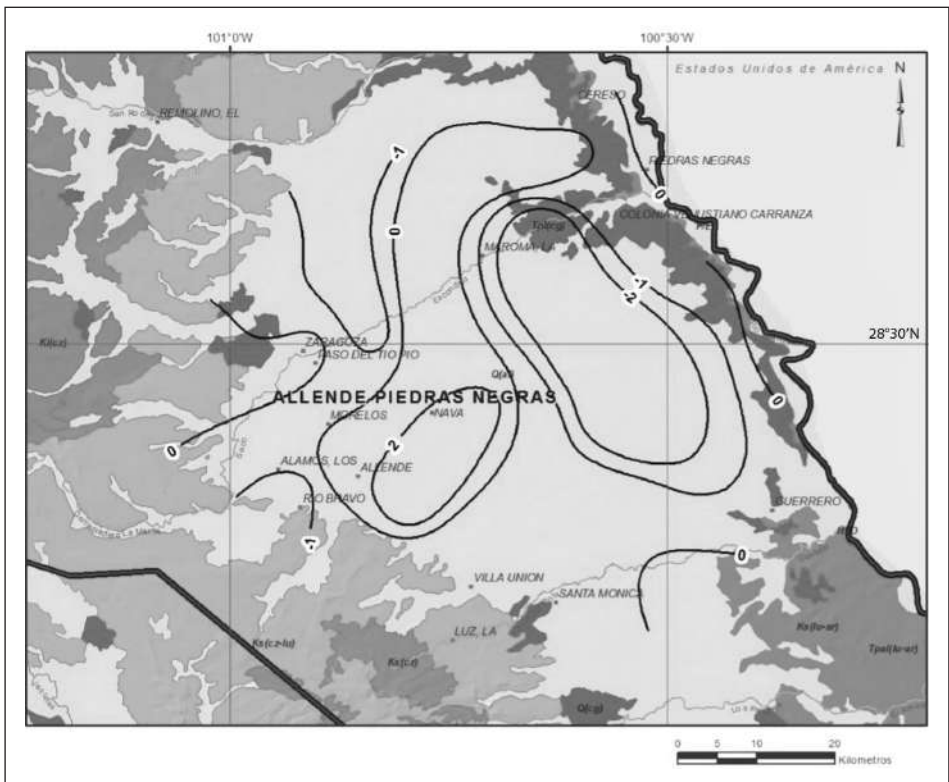
In the Mexico side, the National Water Commission (CONAGUA) is the entity in charge of managing the water resources for the entire country. For groundwater, the country divides the regions by “basin aquifer boundaries” and depending on the aquifer by administrative aquifer boundaries (UNESCO, 2015). CONAGUA provides a water right to users but retain the ownership and management of the resource. The APN aquifer has an administrative boundary, but this study uses a physical delimitation that does not coincide with the official boundaries.

The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) reported a severe drought event that started on 2010, and extended up to 2012; this event is known by official entities as the “2011 Texas Drought” (Nielsen-Gammon, 2012; NOAA, 2011; Revolvly, 2014). Some of the causes of this extreme drought were La Nina event producing dry conditions from 2010 to 2011, in conjunction with a negative North Atlantic Oscillation on winter 2010, creating mean flow moisture divergence and drying over the southeast U.S. (Seager et al., 2014). In southern Texas, the drought ended on 2012 after a wet winter on 2011-2012 (Fernando et al., 2016). According to reports from CONAGUA (2014), the aquifer showed a water table depletion from 0 to 2 meters in the central part of the aquifer between 2008 and 2011, as a consequence of a severe drought event in northern Mexico (Figure 1).

The purpose of this research is to provide a first assessment of potential relationships between drought events in this region and groundwater storage using remote sens-

ing data. The variables used to for this study are precipitation, temperature, change in total water storage (Δ TWS) and lake height variations (Falcon Dam) over the period of July 2008 to July 2016, and are used to identified drought (and wet) periods and their effect on groundwater storage. This assessment provides information related to significant drought impacts over both surface and groundwater interactions providing an additional assessment to the transboundary nature of the aquifer. This was primarily achieved by the extraction and visualization of data using ArcGIS, and the performance of statistical correlation tests between the datasets (Precipitation, temperature, Δ TWS, lake height variations). A final comparison with standardized precipitation index (SPI) was used in conjunction with the satellite datasets to identify the anomalous dry or wet periods over historic data.

Figure 1. Evolution of water levels in m, 2008-2011



Source: CONAGUA (2011).

The APN aquifer is considered an unconfined aquifer, and is comprised of alluvial material with a thickness of no more than 40 m. The aquifer is recharged by precipitation and consequent infiltration from Rio Escondido (Castillo Aguiñaga, 2000). Due to its unconfined nature, it is expected that the water table would be very sensitive to extreme weather events and high pumping rates. To perform the identification of droughts in the region, the data retrieval from satellite products was the first step of this study. Water height reservoir data (Falcon Dam) were obtained from the OSTM/Jason-2 satellite mission. The change of total water storage (ΔTWS) was obtained from GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment). Precipitation products were acquired from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA). For temperature, the data was extracted from MODIS 0.05 degrees product daytime land surface temperature.

The use of data from remote sensors has several advantages, such as the coverage of large regions of land to measure parameters, and the possibility of retrieving data from distant regions that are not accessible with ground stations; but also limitations like low spatial and temporal resolutions are common when using satellite data products (West et al., 2019). A specific limitation inherent to GRACE is the capability of measuring mass variations at spatial scales of around 200000 km² (Yeh et al., 2006), not being reliable at smaller scales. Another limitation related to water height reservoir data from OSTM/Jason-2 satellite mission is the spatial availability. La Amistad Dam is the nearest water reservoir to the APN aquifer; however, the available water height measurements used in the comparison are from Falcon Dam, which is the closest water reservoir covered by OSTM/Jason-2 remote sensing data.

The recent development of a numerical model of the APN aquifer using the software Visual MODFLOW allowed the visualization and evaluation of water flows moving across the political border, the water moving across the Rio Grande/Rio Bravo River system and variations in flow patterns due to the effect of pumping wells or extreme weather events in the region (Rodríguez et al., 2020). However, numerical models are complex to develop, consuming time and research resources, and in some cases the data collection for model development is hard due to ownership rights in hands of private institutions. The comparison of satellite images to identify droughts is a simple technique that relies on public information, easily accessible for research purposes.

Background of the APN

Allende Piedras Negras (APN) Aquifer location

The Allende-Piedras Negras aquifer is located in the southeast state of Texas (Figure 2 [a]), USA and at the north of the state of Coahuila, Mexico. The total area covered by this

aquifer is 7023.8 km², with 5426.8 km² lying in Mexico and the remaining 1597 km² in the USA (Figure 2 [b]). The aquifer boundaries were delineated to follow the distribution of late Neogene and Quaternary deposits on the lower flatlands of the region. These are surrounded by older Paleogene and Cretaceous hard rocks placed as mountain chains and small hills at the Northwest of the APN aquifer (Aguilar, 2013).

Topography and Drainage

The study area is located between two physiographic provinces: the Eastern Sierra Madre comprise the western portion, and the Great Plains of North America comprise the central and eastern portions. The aquifer is bordered by mountain chains known as Serrania del Burro, Lomerio Peyotes and Anacacho Mountains (Figure 2 [b]). In this region Cretaceous rock outcrops are separated by flat, elongated valleys which reflect the calcareous nature of the area; the Cretaceous rocks were covered by alluvial sediments during the late Neogene and Quaternary.

The main drainages in the area are San Antonio, San Rodrigo and Escondido Rivers, flowing from Serrania del Burro Mountains in Mexico, into the Rio Grande/Rio Bravo. Los Morales creek flows through Maverick County in Texas, running into the Rio Grande/Rio Bravo River, which functions as a natural boundary in the region. The flow for these drainage systems is intermittent, forming ponds along their courses or even drying completely during summer. Only Escondido River and Castaño Creek have perennial flows with average discharges of 4 m³/s and 2 m³/s (Aguilar, 2013) (Figure 2 [c]).

Climate, precipitation and evapotranspiration

In the Piedras Negras (Mexico)/Eagle Pass (USA) region, the climate is arid to semi-arid and most of the precipitation occurs as sporadic thunderstorms. According to precipitation records for the period 1960-2007, an average of 446 mm rain falls each year, with the heaviest rainfall occurring from May through September (Aguilar, 2013). The average temperature of the region is 21.2°C, ranging from an averaged minimum of 14.5°C to an averaged maximum of 28°C (Boghici, 2002).

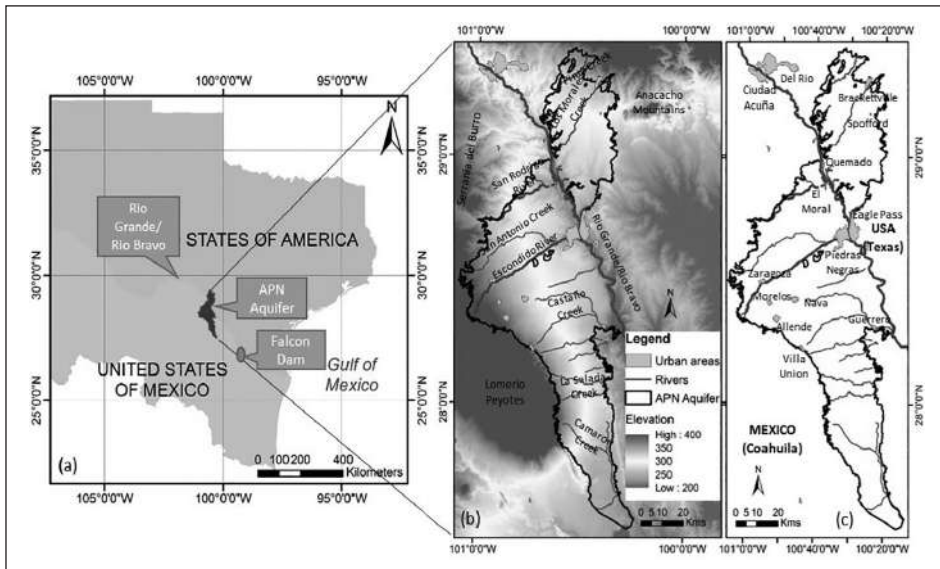
In the surrounding areas of Allende, Guerrero, Morelos, Nava, Piedras Negras, Villa Union, and Zaragoza (Mexico), the average annual temperature ranges from 20°C to 22°C, whereas in the highlands of Serrania del Burro it is 18°C (Aguilar, 2013). The predominant climate in the study area is semi-dry to semi-arid (Boghici, 2002). The maximum monthly precipitation occurs during September while the maximum monthly temperature of 30°C is recorded during July and August (Aguilar, 2013).

Evapotranspiration is the water transfer from the soil into the atmosphere and was estimated for the APN aquifer in 433.2 mm/year, with a potential evapotranspiration ranging from an annual average of 1746 mm in the city of Allende, to an annual average of 1816 mm in the city of Piedras Negras (CONAGUA, 2014).

Geology

The APN Aquifer extends from the northeast part of the state of Coahuila into Texas. It lies within the Río Bravo-Conchos hydrologic watershed of Coahuila (the Río Grande watershed in Texas) and comprises of the sub-basins of the Escondido-San Antonio Rivers and Castaños Creek (Figure 2).

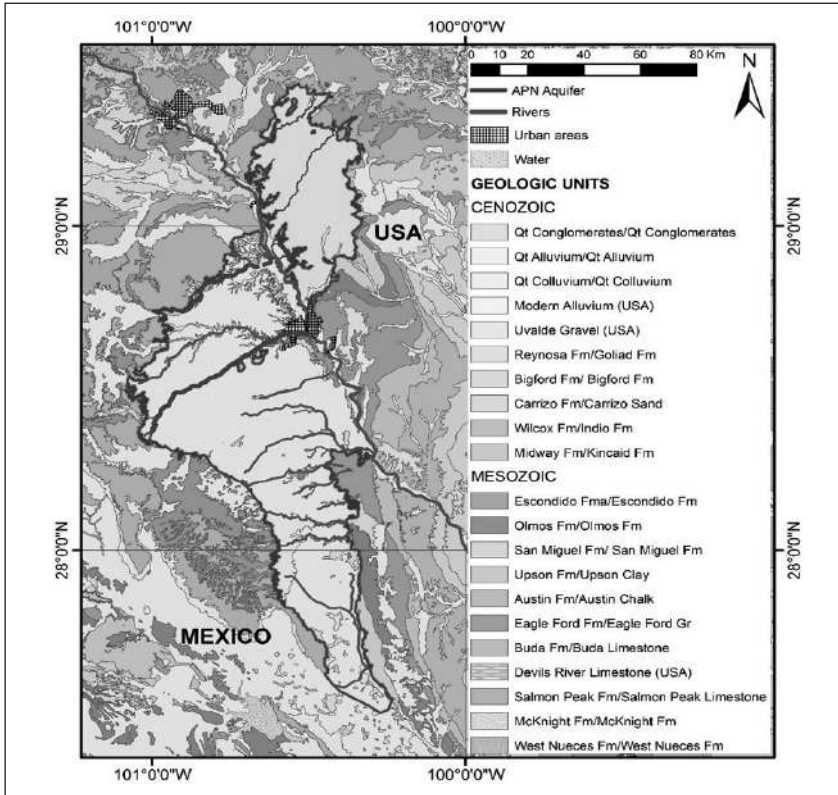
Figure 2. Spatial extent of the APN aquifer with (a) general location, (b) main topographic features and surface drainage, and (c) urban areas



Source: Rodríguez et al. (2020).

Though the aquifer has still not been officially identified as transboundary, Boghici (2002) demonstrates that there is continuity of the Uvalde Gravel Formation on the Texas side with the Quaternary Alluvium on the Mexico side. The APN aquifer is thus composed of thin alluvial terraces, alluvial bolsons, floodplain deposits and alluvial conglomerates with the unconsolidated sedimentary deposits transported from higher topographic elevations after erosion from the carbonaceous rocks (Boghici, 2002) (Figure 3).

Figure 3. Surface outcrops of geological formations within the region surrounding the APN aquifer



Source: Rodriguez et al. (2020).

The McKnight Formation, Buda Formation, Eagle Ford Formation, Austin Chalk, Upton Clay, Olmos Formation, and San Miguel Formation are among some of the older stratigraphic units (Lower and Middle Cretaceous) that are relevant to the APN aquifer. The Uvalde Gravels and the Quaternary deposits are the recently major stratigraphic units that comprise the APN aquifer.

The McKnight Formation (Albian) is represented by thin-bedded limestones in the lower portion. The middle portion is comprised of brown to black, thin bedded clay to calcareous mudstone, and the upper portion are mainly comprised of breccia layers separated by thin layers of mudstones. In Mexico, this unit is comprised of brown clayey mudstones with interbedded claystones and anhydrites (Gypsum and halite) (Clark and Small, 1997).

The Buda Formation (Cenomanian) outcrops along the border of the northern edge of the APN Aquifer and consists of fine-grained, bioclastic and fossiliferous limestones (Boghici, 2002). The Eagle Ford Formation (Cenomanian-Turonian) outcrops in the form of a belt from eastern Val Verde to lower west Nueces River in the Kinney County. It consists of layers of shale, siltstone and flaggy limestone (Bennett and Sayre, 1962).

The Austin Chalk (Coniacian-Santonian) is represented by alternating thin limestone, chalk, and marl and is massive in outcrop. At several locations in Texas the Austin Chalk is very fossiliferous and contains beds composed primarily of shells (Bennett and Sayre, 1962). The Upson Clay (Campanian) outcrops in several spots along the eastern edge of the aquifer (in Mustang and Quemado Creeks and just east of Spofford) and consists of prodeltaic and shelf calcareous gray clays with marine megafossils (Barnes, 1974).

The San Miguel Formation (Campanian-Maastrichtian) conformably overlies the Upson Clay and consists of delta-front gray and greenish hard calcareous sandstone and sandy limestone alternating with clay beds (Caffey, 1978). The Olmos Formation (Maastrichtian) was deposited in a deltaic-front environment and consists of dark gray carbonaceous shales interrupted by sandstone layers, and seams of coal and lignite up to two meters thick are common (Caffey, 1978).

The Escondido Formation (Maastrichtian), the youngest Cretaceous formation in the area, is made of alternating siltstone, sandstone, and mudstone beds that overlay the Olmos Formation (Boghici, 2002).

Coarse Pliocene alluvial deposits blanket the Upper Cretaceous rocks in the study area and, together with the younger, Quaternary deposits, comprise the APN aquifer. In Texas, the Pliocene deposits are described as the Uvalde Gravel, while in Coahuila they are known as Quaternary Alluvium. The formation is composed mainly of well-cemented pebbles and cobbles of limestone, 1 to 5 cm in diameter, chert and fragments of igneous rocks, caliche, clay, and calcareous sandstone. The thickness of the gravel varies from zero to over 50 m. The formation is up to 25 m thick on the Texas side and thickens to an average of 40 m into Coahuila (Boghici, 2002). Quaternary Alluvium is made of unconsolidated Pleistocene and Holocene age deposits. Pleistocene sediments form fluvial terraces that are underlying the modern river floodplains and consist of gravel, sand, silt, and clay. When adjacent to Cretaceous limestone outcrops, these deposits are predominantly gravel, limestone, and chert as the product of weathering and erosion of the highlands.

Socio economic considerations and importance of the aquifer

The principal cities of interest in the region are Zaragoza, Morelos, Allende, Villa Union, Nava, El Moral, Guerrero and Piedras Negras on the Mexico side. The USA side has Quemado, Spofford, Brackettville and Eagle Pass as its principal cities. Piedras

Negras and Eagle Pass stand as the biggest urban centers in the area with a total population of 271410 (CENSUS, 2010). (Table 1).

Table 1. Urban centers and population on the APN aquifer region, being the most important cities Piedras Negras (Mexico) and Eagle Pass (USA), which also are the greatest border towns in the area of interest

<i>Country</i>	<i>Urban Center</i>	<i>Population</i>	<i>%</i>
<i>Mexico</i>	Allende	20,153	6.0
	El Moral	390	0.1
	Guerrero	959	0.3
	Morelos	1,516	0.4
	Nava	22,132	6.6
	Piedras Negras	245,155	72.7
	Villa Union	6,138	1.8
	Zaragoza	12,411	3.7
<i>USA</i>	Eagle Pass	26,255	7.8
	Brackettville	1,876	0.6
	Quemado	230	0.1
	Spofford	94	0.0
<i>Total</i>		<i>337,309</i>	<i>100.0</i>

Source: CENSUS (2010) and INEGI (2010).

Both the USA and Mexico cite agriculture and cattle raising as their main economic activities in the region. However, coal mining and other industries such as beer production are limited to the Mexico side. Several companies including firearms fabrication are manufactured on the USA side.

The APN aquifer is essential to maintain several of the economic activities in the region, as well as the water supply for the population allocated in the area. The APN aquifer supplies 85% of the total water needs in the region. From this percentage of groundwater use, 69.2% is used for agriculture, 17.3% industrial, 4.9% public supply, and the remaining 8.9% is used by rural household (CONAGUA, 2014).

Recently, the development of “Maquiladoras”, or assembly, processing or manufacturing industries, has increased the population growth by 3.7% in the surrounding

Mexican areas of the Mexico — USA border (Terry, 2017). This has added enormous pressure on the natural resources (such as sand and gravel unconsolidated deposits) which are extracted from San Rodrigo River and used as construction material (Olivera et al., 2018). The activities of building material extraction over the course of San Rodrigo River are permitted through concessions from CONAGUA but there also illegal extraction. Overall, the riparian zones have suffered deforestation and water quality degradation in the area (Olivera et al., 2018).

The Escondido River crosses the APN aquifer from West to East on the Mexico side, and receives baseflow from the APN aquifer (Figure 3). The groundwater pumping for irrigation and mining activities between the cities of Allende and Piedras Negras has modified the potentiometric surface which has the potential of affecting the baseflow to the Escondido River (Estudios y Proyectos Moro, 2000).

The APN aquifer has been previously recognized as transboundary by Boghici (2002) and Sanchez et al. (2016, 2018) but it has not been recognized officially by both countries or at an international level. The USA-Mexico transboundary aquifer assessment program (TAAP) reflects the aquifer assessment priorities located along the USA-Mexico border, enacted by the *United States-Mexico Transboundary Aquifer Assessment Act* as public law 109-449 in 2006. This law paved the way to binational negotiations which motivated the 2009 signing of the *Joint Report of the Principal Engineers Regarding the Joint Cooperative Process United States-Mexico for the Transboundary Aquifer Assessment Program*. This document as signed by the principal managers involved in the International Boundary and Water Commission (IBWC), establishing the jurisdiction and structure under which personnel from USA and Mexico would collectively study shared aquifers. Under this act, the TAAP has been authorized to implement methodologies required to develop conservation policies between both countries to set “sustainable development in a cooperative framework” (Milanes Murcia, 2017).

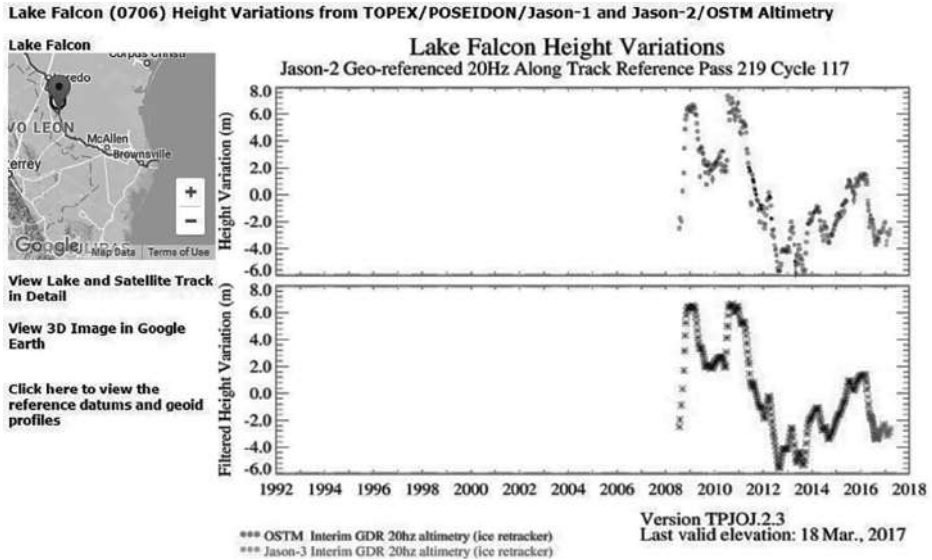
Methodology

Remote sensing data preparation

For this project, the period of study ranges from July 2008 to July 2016, due to the data availability on the reservoir height variation, retrieved from OSTM/Jason-2 altimeter data. The nearest reservoir with available data is Falcon Dam, located at approximately 270 km to the southeast of Piedras Negras (Mex) and Eagle Pass (USA) cities. The res-

ervoir height variation data were downloaded from OSTM/Jason-2 satellites database in meters, with temporal sampling every ten days (U.S. Department of Agriculture, n.d.) (Figure 4). Missing data are reported with values of 999.99, which were not considered for the analysis.

Figure 4. OSTM/Jason-2 data availability for Falcon Dam height variations

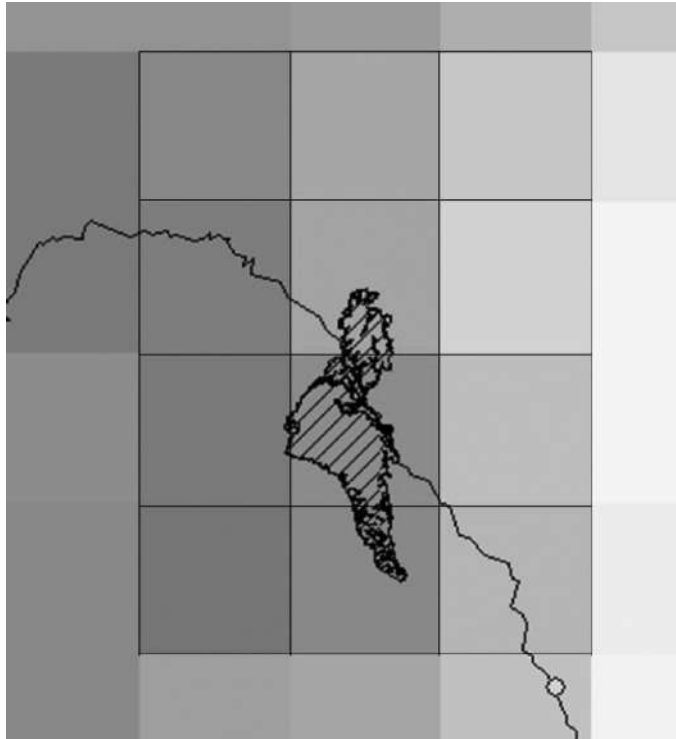


Source: NOAA (2019).

GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) monthly land water mass grids from July 2008 to December 2016 were downloaded from NASA (n.d.-a) (Swenson, 2012). According to Long et al. (2016), the recommended data to use is the latest version of the Earth's gravity field from GRACE CSR RL 05 (Center for Space Research) which reduces uncertainties in total water storage (TWS) change up to 40%. The data was corrected with the CSR scale factor and was extracted only for the central pixel of the area of interest, which is covered by three pixels distributed in a vertical line (Figure 5).

The monthly precipitation values were acquired from TMPA V7 3B43 satellite images at 0.25 X 0.25 degrees from Earthdata website (NASA, (n.d.-a) The data retrieved has a monthly value given in millimeters per hour, and it was transformed into millimeters per month according to the transformations from the TMPA V7 user's manual (MacRitchie, 2017).

Figure 5. GRACE coverage distribution on the study area. The cell size is 1 X 1 degree, which equals a cell size of 111 X 111 km



Source: NASA (n.d.-a).

For temperature, the data was extracted from MODIS 0.05 degrees product daytime land surface temperature (NASA, (n.d.-b)). The data retrieved were from the period of July 2008 to July 2016. The correction applied was multiplying the extracted temperature value by a scale factor of 0.02 to transform them into Kelvin as explained in the MODIS 0.05 degrees user's guide (Wan, 2013), and later expressed in a Celsius scale.

To evaluate abnormal dry and wet seasons in the aquifer area, the Standardized Precipitation Index (SPI) was used to compare and validate the results (High Plains Regional Climate Center [HPRCC], n.d.). The SPI index shows negative values to refer to abnormal droughts and positive values to unusual wet seasons (Heim, 2002). Only the SPI products for the United States are available on the website. The Mexico side is included in global SPI products, but the spatial resolution is poor and the products are not suitable to perform analysis at small scales.

Data processing

As a first step, the datasets were deseasonalized by averaging the data in a 12-month period and subtracting the average of the complete dataset to observe only variations of the parameter per month. This process is necessary to remove any variation in the datasets due to seasons, and exploring only the remaining irregular components (Findley et al., 1998). The plots of deseasonalized data are included in the results and discussion section.

Limitations

The use of data from remote sensors has several advantages, such as the coverage of large regions of land to measure parameters, and the possibility of retrieving data from distant regions that are not accessible with ground stations. However, there are also limitations like low spatial and temporal resolutions, which are common when using satellite data products (West et al., 2019). A specific limitation inherent to GRACE is the capability of measuring mass variations at spatial scales of around 200,000 km² (Yeh et al., 2006), not being reliable at smaller scales. The APN aquifer has an area of around 7,000 km², therefore results of Δ TWS are not very precise, however the trend still significant.

The reservoir levels are restricted to Falcon Dam, which is located 270 km to the southeast of the area of interest. It would be ideal to use La Amistad reservoir due to its closeness of 100 km to the Northwest of Eagle Pass (Texas) but neither Jason-2 /OSTM nor Hydroweb have altimetry data of this site.

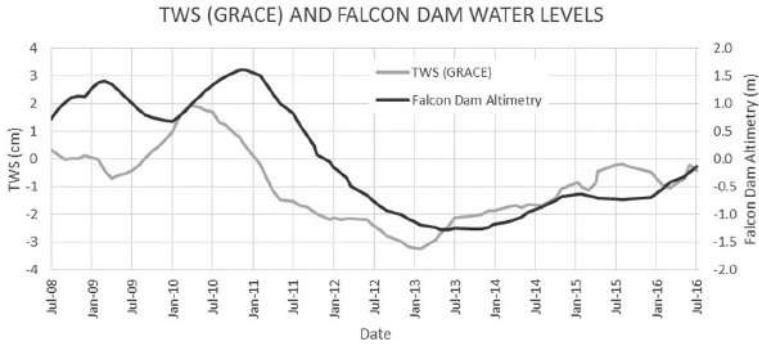
Results and Discussion

After generating the comparison graphs with deseasonalized datasets, the water storage and the reservoir height variations are directly proportional since 2010, with the strongest relationship from 2013 to 2016 (Figure 6). However, before 2010 the correlation between TWS and lake altimetry are inversely proportional, but the authors are not certain about the reasons behind this condition. GRACE datasets output provides total water storage (Δ TWS) in centimeters per month, and the reservoir height variation with respect to OSTM/Jason-2 reference pass level (surface water level reference point) is given in meters.

Precipitation and temperature showed extreme values (for example, hurricanes) during flash events and seasonality. After deseasonalizing the datasets, a strong inverse relationship between precipitation and temperature is noticed along the analyzed record (2008-2016), where the increment in precipitation is associated to a decrease in temperature (Figure 7).

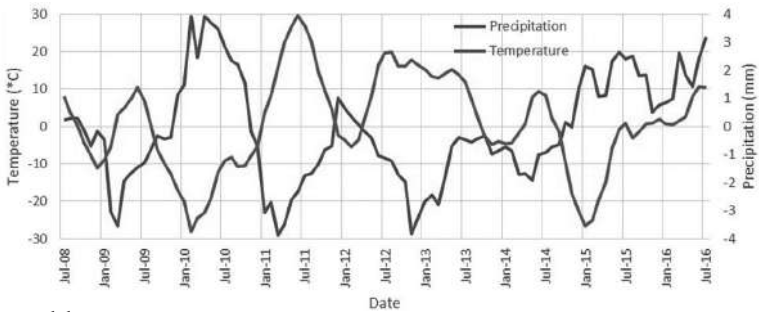
After observing these strong relationships between the compared parameters (Figures 6 and 7), the datasets were normalized to compare them in a compiled plot (Figure 8), as well as correlation calculations between all the parameter datasets (Table 2).

Figure 6. Change in total water storage and Falcon Dam altimetry. Deseasonalized datasets



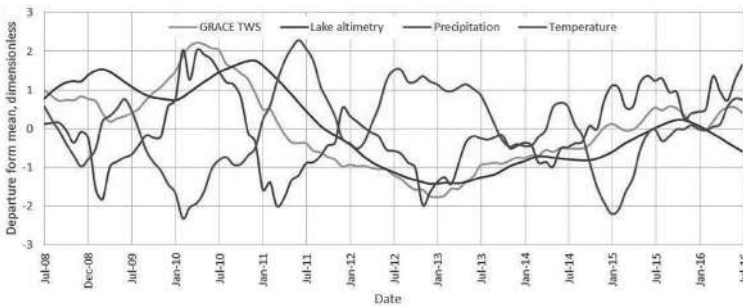
Source: Own elaboration.

Figure 7. Precipitation and temperature APN aquifer region. Deseasonalized datasets



Source: Own elaboration.

Figure 8. Dataset comparisons with normalized data. Grace TWS, Lake altimetry, Precipitation, and Temperature



Source: Own elaboration.

Table 2. Correlation coefficients for normalized TWS, lake altimetry, precipitation and temperature

	<i>GRACE TWS</i>	<i>Lake altimetry</i>	<i>Precipitation</i>	<i>Temperature</i>
<i>GRACE TWS</i>	1			
<i>Lake altimetry</i>	0.83	1		
<i>Precipitation</i>	0.60	0.15	1	
<i>Temperature</i>	-0.60	-0.29	-0.64	1

Source: Own elaboration.

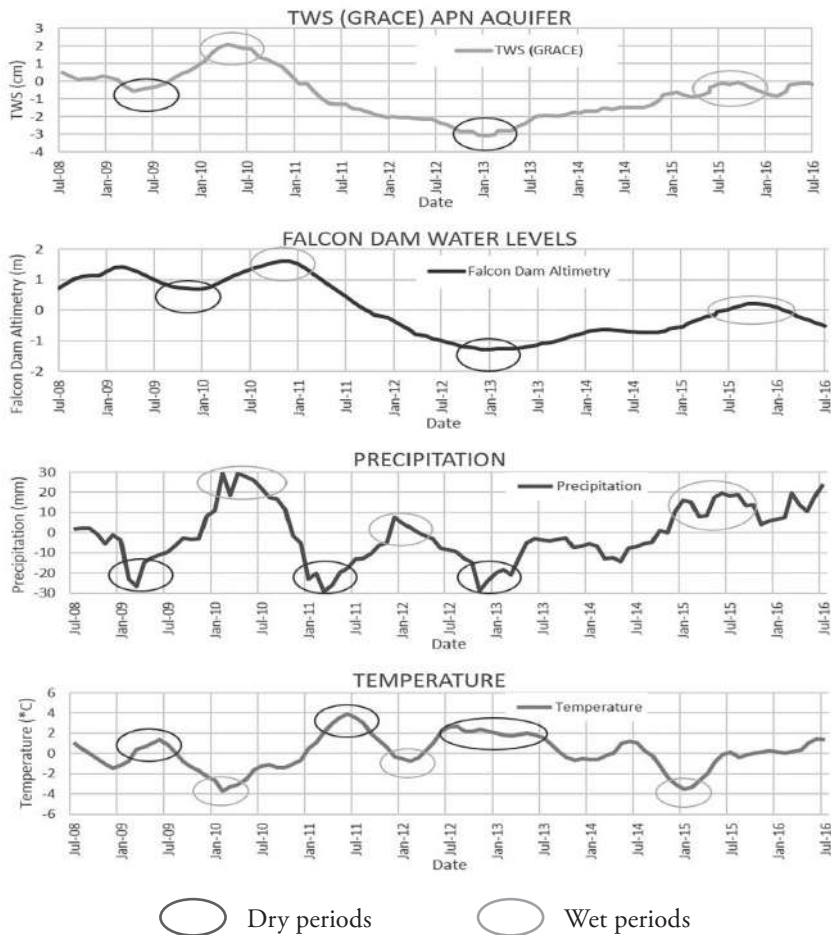
According to Table 2, and figures 6, 7, and 8, the correlations between TWS and lake altimetry are directly proportional, even if Falcon Dam is 280 km to the southwest of the area of interest. This high correlation may be the result of the regional scales at which GRACE performs better, being a representation of TWS for a greater scale that includes Falcon Dam. The correlations between TWS and precipitation are also important, and may imply the strong relationship of water bodies to precipitation in the region. The inverse correlation of TWS and temperature means that the increment of temperature would cause more evaporation of the soil moisture, surface water, and eventually have an impact on the water table as higher temperatures reduces surface and soil moisture and, additionally induces more groundwater extraction at higher temperatures.

The precipitation and temperature retrieved for the APN region have a strong but negative correlation, which is expected because most of the rain falls during spring and fall seasons, rather than summer or winter (Aguilar, 2013). Also, it is noticeable that the drought events preceded warm winters with temperatures slightly below the annual mean (see Figure 9), therefore showing an interesting predictor of droughts for the forthcoming seasons as shown on Dec 2010, 2011 and 2012 winters. The correlation between precipitation and temperature have a very weak relationship with the lake altimetry which is expected, due to the spatial variability of precipitation and temperature values, as well as the distance between the place of data retrieval for these parameters (Piedras Negras) and the location of Falcon Dam which is 270 km to southeast of Piedras Negras.

Another finding was that several anomalies were present across the parameters comparisons. Some dry and wet periods are shown for precipitation, temperature, lake elevation and Δ TWS records. The dry period from 2008 to 2011 mentioned by CONAGUA (2014) was identified on the Δ TWS, precipitation and temperature datasets. Also, an additional and severe decrease in the total water storage, as well as the Falcon Dam low water levels were identified from 2012 to 2013. The causes of this decrease might be

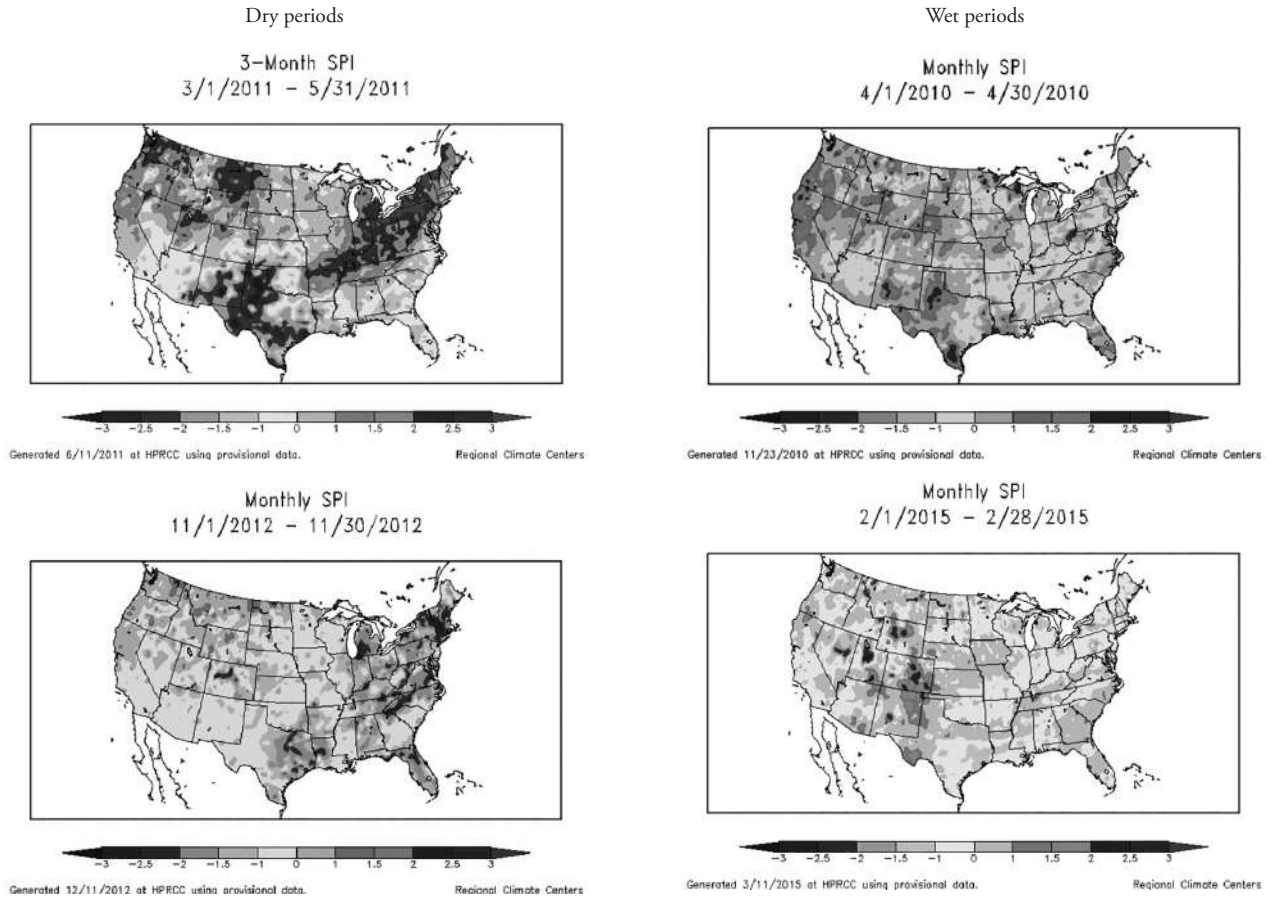
related to a late effect of the most severe months of the “2011 Texas Drought”. Another important observation is that the temperature for December 2012 shows an atypical warm winter which might be related to the following 2013 drought. Finally, low precipitation is commonly associated to warm summers and warm winters, as seen in 2009, 2011 and 2013. This phenomenon has been extensively described by NOAA (McNab and Karl, 1991). The plots comparing the parameters and the identification of anomalies during dry and wet periods are shown in Figure 9.

Figure 9. Dataset comparisons



Source: Own elaboration.

Figure 10. SPI for dry periods and wet periods



Source: HPRCC (n.d.).

After the identification of droughts and wet periods from the remote sensing datasets, the standardized precipitation index products (SPI) were retrieved to evaluate these unusual dry or wet events on historic data (HPRCC, n.d.), where the negative values are equivalent to abnormal droughts and the positive values to unusual wet seasons (Heim., 2002). Only the SPI products for the United States are available on the website. The Mexico side is included in global SPI products, but the spatial resolution is poor and the products are not suitable to perform analysis at small scales. For this case, the months selected for precipitation anomalies are May 2011 and November 2012 for dry periods, and April 2010 and February 2015 for wet periods (Figure 10).

The SPI comparison of dry periods shows that the “2011 Texas Drought” affected the area of the aquifer. However, it shows that May 2011 was the driest month in southern Texas and northern Mexico, even if the precipitation anomalies (Figure 10) are very similar for May 2011 and November 2012. A similar trend is observed for the selected wet months. Whereas the precipitation anomalies seem similar for April 2010 and February 2015, the SPI map shows greater wet conditions for April 2010 over the APN aquifer region.

Conclusions

The use of remote sensing data for precipitation, temperature, ΔTWS , and lake altimetry facilitated the identification of severe droughts described by CONAGUA and NOAA during 2010-2012. Therefore, these accessible and simple techniques can be useful to provide general insights on temperature and precipitation trends on the region and their potential impact on surface water bodies and groundwater. Results show a high inverse relationship between precipitation and temperature. Also, ΔTWS shows an important proportional relationship with lake altimetry which makes sense considering the regional approach of the parameter. Precipitation also has a significant relationship with ΔTWS . However, lake altimetry does not show any correlation with precipitation, though this result is mostly related to spatial differences between the location of the aquifer and the Falcon Dam.

As it has been mentioned, the APN aquifer comprise a small area to perform a ΔTWS analysis using GRACE, which requires a greater resolution. Erroneous estimates for water storage are noticeable for the period 2008-2011. While CONAGUA reports a decrease ranging from 0 m to -2 m, the values from GRACE report -0.35 m for the same period. Other possibility of this important difference might be the fact that GRACE groups into ΔTWS changes in all surface water bodies, soil moisture and groundwater.

During 2010, 2011, and 2012 winters, the temperatures recorded were slightly below the mean, which categorize them as “warm winters”. These warm winters may be used as way to predict possible droughts for the forthcoming seasons. While most governmental entities concerns focus on actions for summers during droughts, the early prediction may work as a tool to start implementing measures during winters to reduce drought effects on summers.

Future Work

In this study GRACE used one parameter that include surface water bodies, groundwater and soil moisture variation (ΔTWS), therefore underestimating the impact on groundwater levels. However, it would be recommended on future research to separate these parameters and isolate the water table change to perform a validation process including observation wells.

The use of groundwater observation wells may be also included to compare the response of the water table to severe droughts and wet periods, finding possible correlations between ground data and remote sensors data.

References

- Aguilar, I. (2013). *Metodología para desarrollar balances de aguas subterráneas: Caso estudio Acuífero Allende-Piedras Negras, Coahuila*. (Especialización en Hidráulica Urbana), Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Barnes, V. (1974). Geologic Atlas of Texas: San Antonio sheet. *University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology*, p. 1.
- Bennett, R., & Sayre, A. N. (1962). *Geology and ground-water resources of Kinney County, Texas*, Texas Water Commission.
- Boghici, R. (2002). *Transboundary Aquifers of the Del Rio/Ciudad Acuña — Laredo/ Nuevo Laredo Region*. Texas Water Development Board.
- Caffey, K. C. (1978). *Depositional Environments of the Olmos, San Miguel and Upson Formations, Upper Cretaceous, Rio Escondido Basin, Coahuila, Mexico*: University of Texas at Austin.
- Castillo Aguiñaga, J. A. (2000). *Características geohidrológicas y estado actual de explotación del acuífero Sabinas-Reynosa en la región noreste del estado de Coahuila*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- CENSUS. (2010). CENSUS. United States Census Bureau. Retrieved from <https://www.census.gov/>

- Clark, A. K., & Small, T. A. (1997). *Geologic framework of the Edwards Aquifer and upper confining unit, and hydrogeologic characteristics of the Edwards Aquifer, south-central Uvalde County, Texas*. U.S. Geological Survey, Austin, Tx.
- Colorado-Rio Grande. (1944). Treaty between the United States of America and Mexico relating to the utilization of the waters of the Colorado and Tijuana Rivers, and of the Rio Grande (Rio Bravo) from Fort Quitman, Texas, to the Gulf of Mexico. *February 3rd, 3 UNTS*, 314.
- CONAGUA. (2014). *Determinacion de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Allende-Piedras Negras, Estado de Coahuila*. Subdirección General Técnica, CONAGUA, Mexico, D. F.
- DOF. (2011). ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Allende-Piedras Negras, clave 0501, Estado de Coahuila. *Diario Oficial de la Federación*.
- DOF. (2013). DECRETO por el que se establece como zona reglamentada aquella que ocupa el acuífero denominado Allende-Piedras Negras, ubicado en el Estado de Coahuila. *Diario Oficial de la Federación*.
- Estudios y Proyectos Moro, S. A. de C. V. (2000). *Estudio de reactivación de redes de monitoreo piezométrico de los acuíferos de los valles de Mexicali-Mesa Arenosa, B.C.-Son. Río Santa Cruz, Son. Tijuana y Tecate, B.C. Y estudio de actualización de mediciones piezométricas del acuífero reactivado en 1998 en el Valle de Allende-Piedras Negras, Coah.* Proyectos FUMEC 99.
- Fernando, D. N., Mo, K. C., Fu, R., Pu, B., Bowerman, A., Scanlon, B. R., . . . Zhang, K. (2016). What caused the spring intensification and winter demise of the 2011 drought over Texas? *Climate Dynamics*, 47(9), 3077-3090. doi:10.1007/s00382-016-3014-x
- Findley, D. F., Monsell, B. C., Bell, W. R., Otto, M. C., & Chen, B.-C. (1998). New capabilities and methods of the X-12-ARIMA seasonal-adjustment program. *Journal of Business & Economic Statistics*, 16(2), 127-152.
- Grupo Modelo. (2003). Estudio para determinar la potencialidad del acuífero del área entre Zaragoza y las Albercas, Coahuila. *Lesser y Asociados*.
- High Plains Regional Climate Center [HPRCC]. (n.d.). ACIS Climate Maps. <https://hprcc.unl.edu/maps.php?map=ACISClimateMaps>
- Heim, R. R. (2002). A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1149-1166. doi:10.1175/1520-0477-83.8.1149
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.

- Kinney County Groundwater Conservation District. (2013). *Groundwater Management Plan - 2013*. Texas Water Development Board.
- Long, D., Chen, X., Scanlon, B. R., Wada, Y., Hong, Y., Singh, V. P., . . . Yang, W. (2016). Have GRACE satellites overestimated groundwater depletion in the North-west India Aquifer? *Scientific reports*, 6, 24398.
- MacRitchie, K. (2017). README Document for the Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) Version 7. *Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC)*.
- McNab, A. L., & Karl, T. R. (1991). Climate and droughts. *National Water Summary 1988—89—Hydrological Events and Floods and Droughts*, 2375, 89-98.
- Milanes Murcia, M. E. (2017). Proposed International Legal And Institutional Framework For Conjunctive Management Of Surface And Groundwater Along The Us—Mexico Border Region. *Management of Transboundary Water Resources under Scarcity: A Multidisciplinary Approach* (pp. 117-157): World Scientific.
- NASA (n.d.-a). Gravity Recovery and Climate Experiment. <http://dx.doi.org/10.5067/TELND-NC005>
- NASA (n.d.-b). Jet Propulsion Laboratory. Caltech. Earth Data. <http://dx.doi.org/10.5067/TELND-NC005>
- NASA (n.d.-c). Earth Data. <https://search.earthdata.nasa.gov/search?m=0!-144!0!1!0!0%2C2&q=tmpa&ok=tmpa>.
- NASA (n.d.-d). Earth Data. <https://search.earthdata.nasa.gov/search?q=MOD11C3>.
- Nielsen-Gammon, J. W. (2012). The 2011 texas drought. *Texas Water Journal*, 3(1), 59-95.
- NOAA. (2011). State of the Climate: Drought for Annual 2011. *National Centers for Environmental Information*. National Centers for Environmental Information.
- NOAA. (2019). NCEI OSTM/Jason-2 and Jason-3 Satellite Products Archive. <https://www.nodc.noaa.gov/SatelliteData/jason/>
- Olivera, B., Fuente, A. d. l., Llano, M., Benumea, I., Sandoval, A., & Terry, W. (2018). *Anuario 2017. Las actividades extractivas en México: minería e hidrocarburos hacia el fin del sexenio*. Fundar, Centro de Análisis e Investigación A.C.
- Potter, H. (2004). *History and Evolution of the Rule of Capture*. Paper presented at the Conference Proceedings.
- Revolv. (2014). 2010—2013 Southern United States and Mexico drought. Revolv.
- Rodriguez, L., Sanchez, R., Zhan, H., & Knappett, P.S.K. (2020). The Transboundary Nature of the Allende—Piedras Negras Aquifer Using a Numerical Model Approach. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 56(3), 387-408.

- Sanchez, R., Lopez, V., & Eckstein, G. (2016). Identifying And Characterizing Transboundary Aquifers Along the Mexico-U. S. Border: An Initial Assessment. *Journal of Hydrology*, 535, 101-119.
- Sanchez, R., Rodriguez, L., & Tortajada, C. (2018). Transboundary aquifers between Chihuahua, Coahuila, Nuevo Leon and Tamaulipas, Mexico, and Texas, USA: Identification and categorization. *Journal of Hydrology: Regional Studies*.
- Seager, R., Goddard, L., Nakamura, J., Henderson, N., & Lee, D. E. (2014). Dynamical Causes of the 2010/11 Texas—Northern Mexico Drought. *Journal of Hydrometeorology*, 15(1), 39-68. doi:10.1175/jhm-d-13-024.1
- Swenson, S. (2012). Grace monthly land water mass grids NETCDF release 5.0. Ver. 5.0. PO. DAAC, CA, USA.
- Terry, W. (2017). El crecimiento urbano ante la destrucción de los ecosistemas ribereños: Caso del Río San Rodrigo en Coahuila. México. <http://amigosdelriosanrodrigo.org/>
- TWDB. (2017). *Conceptual Model Report: Lower Rio Grande Valley Groundwater Transport Model*. Texas Water Development Board.
- UNESCO. (2015). Estrategia regional para la evaluación y gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en las Américas: UNESCO Montevideo, Uruguay.
- United States Department of Agriculture [USDA]. (n.d.). Global Reservoirs and Lakes Monitor (G-REALM). <https://www.pecad.fas.usda.gov/lakes/images/lake0706.TPJOJ.2.smooth.txt>
- Wan, Z. (2013). MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide.
- West, H., Quinn, N., & Horswell, M. (2019). Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111291>
- Yeh, P. J. F., Swenson, S. C., Famiglietti, J. S., & Rodell, M. (2006). Remote sensing of groundwater storage changes in Illinois using the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). *Water Resources Research*, 42(12).

Desafíos para la distribución equitativa de las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos

Gonzalo Hatch Kuri

Introducción

Al margen de los alcances del *Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el golfo de México*, suscrito en 1944, en las últimas dos décadas las aguas subterráneas transfronterizas, también confundidas con los *acuiferos transfronterizos*, han sido apenas objeto de estudio por diversas disciplinas. No obstante, aún estamos lejos de confirmar la existencia de un inventario integral de todos los flujos de agua subterránea transfronteriza situados entre ambos países. Para ello, se requiere fortalecer las evidencias sobre su funcionamiento sistémico, porque impacta en ámbitos como el jurídico (*del ser al deber ser*) y político, elementos clave para generar certidumbre en los derechos de soberanía que, sobre esta agua, le corresponde tutelar a cada país.

El desafío no es sencillo, porque a diferencia de lo que sí está contemplado en el Tratado, es decir, la distribución del volumen de agua superficial que corresponde a México y a Estados Unidos por cada una de las cuencas citadas, no existen todavía las condiciones adecuadas para plantear un acuerdo institucional que supere las asimetrías imperantes en el gobierno del agua subterránea de cada país y, por ende, que se establezca en el futuro una equitativa distribución y un uso de las aguas subterráneas transfronterizas. De esta forma, la distribución de política equitativa deberá ser un proceso de estrecha cooperación internacional, así como el resultado de su previa caracterización y evaluación científica. Este esfuerzo podría iniciar en cuanto ambas naciones concluyan la sistematización cartográfica de todos los flujos de agua subterránea transfronteriza.

A través de cinco apartados, en el presente capítulo se realiza una valoración global sobre el conjunto de cuatro experiencias de investigación, efectuadas en la Universidad

Nacional Autónoma de México (UNAM) en el período de 2012 a 2018, y sus resultados. En estas experiencias, temas como la evaluación científica, la gestión conjunta y el análisis de la política pública que rige al agua subterránea en ambos países fueron objeto de estudio desde un enfoque interdisciplinario (Geografía Política, Derecho, Ciencia Política e Hidrogeología), con el objetivo de construir y plantear una visión integradora en este tema. Los resultados, en su conjunto, condujeron a la redacción de una propuesta regulatoria que busca atender los vacíos científicos y legales que imperan en México sobre el agua subterránea.

En el primer apartado se destacan los aportes del trabajo en Paso del Norte, donde se encontró que el discurso de la *escasez hídrica* fue clave para que la clase política del suroeste estadounidense impulsara un ambicioso programa de caracterización científica binacional de cuatro acuíferos transfronterizos en 2006, mejor conocido por sus siglas en inglés como TAAP. En el segundo apartado se discuten críticamente los resultados oficiales del TAAP para el acuífero transfronterizo río San Pedro, resaltando las asimetrías científicas en las formas de producir e integrar el conocimiento binacional del agua. En el tercer apartado nuevamente resaltan las citadas asimetrías, pero esta vez aquellas que se vinculan con los proyectos de producción de hidrocarburos no convencionales (*fracking*), dentro del contexto de la integración energética regional de América del Norte. En el último apartado se describen las características de la propuesta de regulación para el agua subterránea transfronteriza en el documento *Ley del agua subterránea: Una propuesta* (Carmona *et al.*, 2017), para concluir con una valoración final sobre los aspectos más urgentes que deberán ser atendidos en el proceso de la distribución política de las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos.

Paso del Norte y la competencia por las aguas subterráneas transfronterizas

Paso del Norte es una región situada en la mitad de la frontera México-Estados Unidos y conformada por tres ciudades que se ubican, a su vez, en tres entidades políticas subnacionales distintas: Ciudad Juárez, Chihuahua; El Paso, Texas; y Las Cruces, Nuevo México. Con una población del orden de los 2.3 millones de habitantes en 2015, la pujante industria maquiladora, la industria balística-militar y el sector agrícola (nogales, chile, entre otros) ejercen una fuerte presión sobre las fuentes de aprovisionamiento hídrico, como los flujos de agua subterránea que circulan en dos grandes acuíferos compartidos que constituyen los principales abastecedores de las tres ciudades (más de 85 % en su conjunto), es decir, el Bolsón del Hueco y el Bolsón de la Mesilla.

Las características físicas de Paso del Norte refieren que su precipitación media anual es cercana a los 350 mm y la cobertura vegetal predominante de matorral xerófilo,

de acuerdo con datos del *Atlas Nacional de México* (Instituto de Geografía, 2007); en otras palabras, es un ambiente de extrema aridez. Aunque al desierto como ecosistema se le ha comprendido en algunas ocasiones como sinónimo de pobreza natural, y también como *locus* de exclusión social y subdesarrollo, en la Geografía se ha planteado un debate mucho más profundo para superar las visiones esencialistas que privan sobre el agua, donde el análisis se reduce a lo evidente (las aguas superficiales) y poco se explora una visión de sistema o integral sobre la relación ser humano-agua (Linton, 2010), en donde un elemento clave es el agua subterránea. Lo anterior no evita que otros especialistas insistan en la omisión del papel preponderante del aprovechamiento del agua subterránea en los ambientes áridos como factor real del desarrollo en México (Domínguez y Carrillo-Rivera, 2007).

Visto lo anterior y en función de la elevada dependencia del agua subterránea que tiene dicha región binacional, en el trabajo *Elementos de análisis de la propuesta de Ley General de Aguas en México a partir del derecho humano al agua y sus repercusiones en el quehacer científico, docente y en la investigación* (Hatch et al., 2017), examinamos críticamente el concepto de *escasez hídrica*, a partir de la importancia del agua subterránea.

Un hallazgo crucial en este trabajo es la confusión aviesa que produce el volumen del agua relacionado con su circulación y distribución planetaria, incluso como un componente más del propio ciclo hidrológico (véase cuadro 1). Es bastante común que no se alcance a comprender que 97 por ciento del agua dulce continental es subterránea y sólo tres por ciento es superficial (arroyos, ríos, lagos y lagunas), toda vez que el agua de los glaciares, las nieves perpetuas y el permafrost a la fecha no es aprovechada debido a su baja rentabilidad económica, ocasionada por la distancia que existe entre su localización geográfica y los grandes centros de población que la demandan.

Cuadro 1. Cantidades (x 106) de agua dulce físicamente accesible en el mundo, 2008

Glaciares, nieves perpetuas y permafrost	27 760 km ³	69.40 %
Aguas subterráneas	12 112 km ³	30.28 %
Aguas superficiales	128 km ³	0.31 %
Total agua dulce mundial	40 000 km ³	100 %

Fuente: Elaboración propia con base en Rivera (2008).

Como es evidente, el agua subterránea es el principal reservorio hídrico accesible del planeta, y el fenómeno de la *escasez hídrica* se ha construido e institucionalizado aprovechando su nulo prestigio social. Pero incluso este fenómeno tiene una estrecha

relación con su evaluación física; de hecho, Paso del Norte ilustra esta condición. Las élites y la clase política regional del suroeste de Estados Unidos comprendieron lo anterior; por ello, en el contexto de sus intereses y de la expansión de sus negocios con México en la frontera, promovieron en 2006 una ley-programa gubernamental (Transboundary Aquifer Assessment Program o TAAP) para la evaluación científica de cuatro acuíferos transfronterizos de interés estratégico para ese país. Ese análisis detallado se publicó en dos trabajos: *Agua subterránea y soberanía interdependiente: El caso de los sistemas acuíferos transfronterizos en la región binacional de Paso del Norte* (Hatch, 2017a), y en el libro que lleva el título del presente acápite (Hatch, 2017b). En ambos textos se exploraron, además, los efectos de las políticas públicas asimétricas del agua subterránea de los gobiernos estatales y federales de México y Estados Unidos.

Texas y Nuevo México son estados asimétricos, muestra de ello son sus sectores económicos diferenciados: el primero es más industrializado que el segundo, lo cual sugiere una férrea competencia entre ambos por el uso de recursos clave como el agua,¹ en un contexto en el que se aprovechan los beneficios de la vecindad mexicana y su integración económica regional direccionada por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). En esta integración, el agua subterránea parecería ser de nula importancia, no obstante, el estudio indica que dicho recurso ha jugado un rol estratégico en la acumulación regional de riqueza, y que el desconocimiento de su funcionamiento y del volumen preciso que comparten ambos países fue motivo suficiente para que se impulsara el TAAP.

Empero, por encima de los intereses de clase y de poder regional, son las asimetrías institucionales, jurídicas y financieras las que impiden una gestión adecuada de esta agua, tal y como lo planteamos en *Las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos: Importancia e invisibilidad en contexto del TLCAN* (Hatch e Ibarra, 2015). En ese trabajo se destacó la forma diferenciada que hay de concebir en términos jurídicos el agua subterránea: mientras que en Estados Unidos su gestión y soberanía es un asunto exclusivo de cada uno de los estados que conforman esa nación, en México es el gobierno federal quien controla y dota a los usuarios del recurso. Así mismo, se menciona la asimetría marcada en ambos países en la manera en que definen la unidad de gestión del agua subterránea, ya que mientras en México se establecen los acuíferos administrativos, es decir, unidades de gestión no científicas empleadas para determinar la dotación entre los usuarios que demandan el líquido, en su vecino del norte la definición de los acuíferos parte de su dimensión geológica real (con evidencia científica), aunque esto

¹ Un ejemplo de esta competencia espacial es el clúster binacional San Jerónimo-Santa Teresa, situado entre Chihuahua y Nuevo México. Los preparativos y su puesta en marcha modificaron la configuración de las redes de poder binacionales Chihuahua-Texas, alterando el control tradicional de elementos del espacio, como el agua, para encauzarla a megaproyectos como el citado.

tampoco signifique necesariamente el reconocimiento de una visión sistémica del funcionamiento del agua subterránea.

Otra aportación de este trabajo fue el análisis sobre los aspectos que deberán modificarse para la incorporación de las aguas subterráneas transfronterizas en el marco regulatorio del agua en México, suponiendo la posible aprobación en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) del proyecto de resolución *El derecho a los acuíferos transfronterizos 63/124* (2009) y, a su vez, la posible ratificación de México, tal y como sucedió en su momento con el *Derecho humano al agua y al saneamiento* (ONU, 2010). Es de resaltar que la nula visibilidad política de las aguas subterráneas transfronterizas no sólo se restringe al campo económico, pues en el plano jurídico tampoco figuran en México ni en Estados Unidos. En el primero, la Ley de Aguas Nacionales (LAN, 2004) no posee ninguna referencia a esta agua, tampoco se reconocen como cauces internacionales compartidos y mucho menos se ha desarrollado una política pública para su adecuada gestión conjunta.²

En general, los hallazgos de esta investigación obligan a repensar las implicaciones de la nula visibilidad política del agua subterránea en diversos planos, uno de los cuales es la representación cartográfica,³ pues sólo la Comisión Nacional del Agua (Conagua), autoridad del agua en México, la produce para los acuíferos nacionales.

La representación cartográfica de las aguas subterráneas transfronterizas es estratégica, ya que clarifica el tipo de soberanía y de derechos que los Estados deben ejercer sobre estos cursos de agua. México y Estados Unidos requieren de esta información para negociar en el futuro esquemas de gestión conjuntos, así como responsabilidades bilaterales para proteger y conservar estos recursos compartidos.

El TAAP y la evaluación del acuífero transfronterizo río San Pedro

En el trabajo intitulado *Evaluación crítica del acuífero transfronterizo río San Pedro* (Hatch, Carrillo-Rivera y Huizar, 2019) nos enfocamos en el análisis crítico del impacto

² En el contexto de la todavía pendiente expedición en México de la Ley General de Aguas, destaca que ni la Ley Korenfeld (Dictamen en sentido positivo, 2015), iniciativa considerada oficialista, ni tampoco la opuesta a la misma —es decir, la iniciativa ciudadana de Ley General de Aguas (Iniciativa con proyecto de decreto, 2020) propuesta por Agua para Todos, Agua para la Vida— contemplan a las aguas subterráneas transfronterizas. Incluso, el borrador de iniciativa que dejó la Comisión de Agua Potable y Saneamiento del Congreso de la Unión, Legislatura LXIII, también conocida como Ley Pichardo (Borrador de la Ley General de Aguas, 2018), tampoco abordó el tema.

³ La única cartografía que representa el polígono en el plano horizontal y superficial de las aguas subterráneas transfronterizas es el mapa de los 592 acuíferos transfronterizos, publicado por el International Groundwater Resources Assessment Centre en 2015.

de los resultados del TAAP y sus implicaciones políticas en la relación ambiental México-Estados Unidos. Con rigurosidad científica, se efectuó una revisión pormenorizada del *San Pedro River Aquifer Binational Report/ Estudio binacional sobre el acuífero transfronterizo del río San Pedro* (Callegary *et al.*, 2016), último informe binacional publicado y derivado del TAAP.

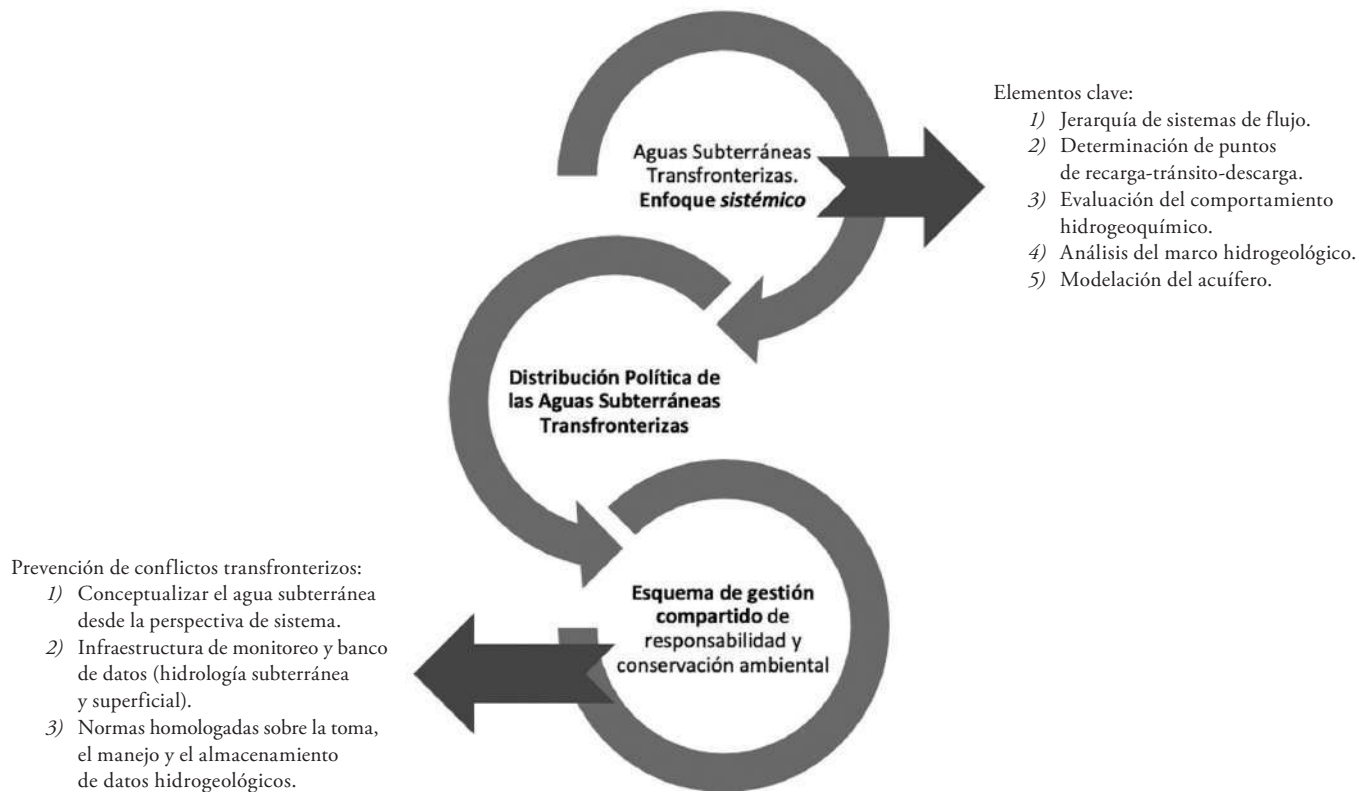
El río San Pedro nace en Cananea, México, y desemboca en el río Gila, tributario del río Colorado, en Estados Unidos. Por debajo del San Pedro, el acuífero transfronterizo del mismo nombre posee una extensión territorial superficial de unos 5 352 km² (2 892 km² en México y 2 460 km² en Estados Unidos). En 2010, se estimó que sobre este acuífero habitaban 90 000 personas; 52 000 residían en Estados Unidos y el resto en su vecino del sur, de acuerdo con el *Estudio binacional* (Callegary *et al.*, 2016). Su evaluación inició en 2010 y concluyó en 2016, con la publicación en línea de sus resultados, tras recolectar información y procesarla entre los dos países. Los objetivos del estudio fueron los siguientes:

- 1) Comprender el estado del arte sobre clima, referente geológico, suelo, cobertura vegetal, uso del suelo e hidrología subterránea del acuífero.
- 2) Compilar y crear una base de datos binacional.
- 3) Identificar vacíos de información y actualizar datos, como el modelo hidrogeológico del acuífero.

En dicha investigación se buscó responder dos preguntas: ¿cuáles son las implicaciones científicas y políticas que se desprenden de la evaluación binacional del acuífero río San Pedro efectuada dentro del contexto del TAAP? Y ¿en qué medida los resultados de esa evaluación podrán coadyuvar al fortalecimiento de un incipiente esquema de gestión binacional de esta agua como mecanismo preventivo de conflictos?

Metodológicamente, partimos de dos premisas. La primera, es que desde el enfoque de la Geografía Política se conceptualiza al agua como una *totalidad híbrida*, en otras palabras, una especie de lubricante que articula las relaciones sociales y que, por su movilidad física y planetaria, configura conflictos multidimensionales que reflejan intereses encontrados por su apropiación, transformación y organización (Linton, 2010). Una dimensión del conflicto precisamente es la falta de una *visión sistémica del agua subterránea* para la prevención de los conflictos transfronterizos, pues a medida que existan mayores datos rigurosos del funcionamiento del agua subterránea, la distribución política del agua entre las naciones podrá ser mucho más equitativa. La segunda premisa corresponde al enfoque hidrogeológico a partir del uso y la incidencia de la metodología de los *sistemas de flujo tothianos* y su vinculación metodológica con aspectos críticos del funcionamiento del agua subterránea (véase figura 1).

Figura 1. Metodología interdisciplinaria de análisis para las aguas subterráneas transfronterizas



Fuente: Elaboración propia con base en Hatch, Carrillo-Rivera y Huizar (2019).

Los *sistemas de flujo*, según la metodología propuesta por Tóth (1970), se definen en un análisis tridimensional como local, intermedio y regional para establecer su posición relativa (espacio/tiempo) dentro del acuífero. La situación de los sistemas de flujo dentro del análisis del agua subterránea es muy favorable, en especial en casos de controversia diplomática sobre cuál es el sitio origen del agua de un manantial o pozo, ya que ésta es una técnica que ofrece ventajas por los elementos que involucra, por ejemplo, la hidrogeoquímica, empleada para verificar si el agua circuló por determinado material geológico, o la edad del agua, que comprueba si el camino recorrido es el establecido por el referente de hidráulica subterránea, lo que demuestra que el agua subterránea extraída se infiltró o recargó en tal o cual elevación topográfica situada en alguno de los países que comparten estos flujos de agua internacionales. En esencia, los sistemas de flujo permiten establecer cómo es el funcionamiento del agua y los procesos involucrados en su movimiento, lo que es extremadamente ventajoso con el balance hídrico usado. Es de anotar que en Canadá (Rivera, 2018) se usan los sistemas de flujo para definir el funcionamiento de su agua subterránea de la escala local a la regional, metodología que también se está aplicando en los acuíferos transfronterizos de la gran cuenca del río Mekong (Zai-sheng *et al.*, 2010).

Considerando la coherencia entre los objetivos planteados y la metodología empleada en el *Estudio binacional* (Callegary *et al.*, 2016), se hallaron resultados muy valiosos, pero al mismo tiempo aspectos que revelan asimetrías significativas en la generación del trabajo entre ambos países, lo que conlleva diversas áreas de oportunidad.

En primera instancia, se debe resaltar la confusión de los conceptos, pues en el *Estudio binacional* (Callegary *et al.*, 2016) se detectó poca claridad en el significado de *acuífero*, ya que se empleó como sinónimo de *sistema acuífero*, *acuífero regional* y *acuíferos*, a pesar de que esos términos implican conceptos diferentes. Así, en dicha investigación se trata sólo al material granular como *acuífero* y, si bien se proporciona información sobre las rocas fracturadas *acuíferas*, esto no se incluye claramente en las consideraciones hidrogeológicas. Otros ejemplos semejantes, donde se alude a una serie de términos que parecen distintos y que no se encuentran debidamente definidos al inicio del documento, son *acuífero aluvial*, *acuífero en roca fracturada*, *acuífero para ambos poros y fracturas*, *acuífero aluvial regional*. Aquí cabe resaltar que en el informe correspondiente a la primera etapa de este acuífero (documento elaborado en México) impera una falta de precisión porque el acuífero río San Pedro es un sitio definido en forma administrativa, no hidrogeológica, lo cual contrasta con la forma en que se concibe en Estados Unidos.

La definición de cada uno de estos conceptos es imprescindible. Es evidente la carencia de una descripción clara del espesor geológico del acuífero, de la totalidad de

sus materiales y de la naturaleza de sus límites laterales, sobre todo si lo que se perseguía era una exposición nítida de su geometría (visión 3D), de acuerdo con lo que sugieren la metodología de los *sistemas de flujo tothianos* y los instrumentos o guías internacionales, como la *Estrategia regional para la evaluación y gestión de los sistemas acuíferos transfronterizos en las Américas* (Unesco, 2015) y hasta el propio significado de *acuífero transfronterizo* plasmado en la Resolución de la ONU 63/124 (2009).⁴

De forma similar, el *Estudio binacional* (Callegary *et al.*, 2016) presenta problemas de inconsistencia con las unidades de medición usadas, es decir, en su empleo no existe una homologación. Así, se habla de metros cúbicos por segundo y, en otras ocasiones, de litros por segundo. Un error semejante se presenta también en la clasificación edafológica del acuífero, representada en el mapa de suelos situado en la página 20 del mencionado estudio, porque mientras la clasificación mexicana es la relativa a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en Estados Unidos ocupan la del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de ese país, siendo ambas incompatibles. Lo anterior está en plena contradicción con lo que sugieren e indican tanto el *Convenio sobre la protección y uso de los cursos de agua transfronterizos y los lagos internacionales* (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa [CEPE], 1992) (también conocido como Convenio de Helsinki) como la *Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación* (ONU, 1997) (también conocida como Convención de Nueva York) en materia de homologación de información. Resta notar que, en este apartado, no se consideró al agua subterránea como un elemento que incida en la formación del suelo.

Por otra parte, aunque se busca enriquecer la definición del referente hidrológico general del *sistema acuífero*, no se aprecia un análisis de las diversas variables de hidrología subterránea involucradas que facilite, por lo menos, la identificación de la interrelación entre agua superficial y los flujos de agua subterránea. Cabe destacar que, si bien el estudio sugiere la actualización del modelo conceptual del agua subterránea y su balance hídrico, para que esto pueda realizarse es necesario especificar debidamente las estaciones de medición de escurrimiento en México y en Estados Unidos, incluyendo gráficos escurrimiento-tiempo y, con ello, la determinación del flujo base, de lo contrario no es posible apreciar en su conjunto el referente hidrológico general del *sistema acuífero*. De esta manera, el *balance hídrico* presentado es una versión resumida de otro trabajo más

⁴ El artículo 2 refiere que un acuífero transfronterizo es la formación geológica permeable portadora de agua, situada sobre una capa menos permeable, y el agua contenida en la zona saturada de la formación. Esta formación geológica puede, además, estar vinculada hidráulicamente entre sí con otros acuíferos para formar un sistema acuífero transfronterizo, el cual, por su extensión geológica, puede tener diferentes partes situadas en distintos estados.

amplio, contenido en el reporte y elaborado 10 años antes. Quizás éste sea el motivo que explica la falta de precisión respecto a la estimación de los indicadores climatológicos, pues del lado mexicano apenas se utilizaron cuatro estaciones meteorológicas para el análisis del comportamiento atmosférico en una superficie que alcanza los 1 735 km². Lo deseable hubiera sido la generación de un modelo conceptual del agua que incluyera un modelo numérico y se complementara con la interpretación de análisis químicos e isotópicos (edad del agua) del agua superficial y subterránea, así como de los resultados de los estudios de la vegetación y del tipo de suelo (naturales) que se obtuvieron previamente en campo.

En relación con la información geológica y su representación cartográfica, aunque se presenta un mapa de las unidades estratigráficas que afloran (pero no de la Geología), hubiera sido ideal incorporar conceptos como *estructuras, fracturamiento, echados, discontinuidades, mineralogía*, entre otros. Así como incluir, al menos, un par de secciones geológicas que se crucen, aportando una visión espacial en explicativa 3D del referente geológico del caso.

En lo que se refiere al análisis hidrogeoquímico, no se especificó la metodología (manejo de información e interpretación) empleada para la toma de las muestras de agua. Desde el punto de vista de los *sistemas de flujo tothianos*, indicadores como la temperatura del agua permiten inferir profundidad de circulación del agua en el acuífero, elemento que, a su vez, sirve para la caracterización propia de los flujos de agua subterráneos. Finalmente, si bien aspectos como la localización georreferenciada de pozos, los propietarios y concesionarios de pozos, los volúmenes y la calidad de agua extraída en tiempo real no estuvieron contemplados en el TAAP, estos datos indican la forma en cómo se distribuye políticamente el agua en ambos países y pueden constituir una segunda fase para la evaluación integral de todas las aguas subterráneas transfronterizas.

Se concluyó entonces que datos fundamentales, como la definición conceptual de carácter transfronterizo y con un referente 3D del acuífero transfronterizo río San Pedro, la determinación de los *sistemas de flujo tothianos* y sus componentes, son elementos que no se encontraron en su totalidad en el *Estudio binacional* (Callegary *et al.*, 2016), por lo que quedaron dudas sobre dichos aspectos y la homologación de los resultados. Desde esta perspectiva, el estudio refleja que cada país efectuó una evaluación determinada, con estándares o referentes distintos, lo que en algunos casos dificulta la comprensión de la información procesada, lo cual, a su vez, revela falta de coordinación y asimetrías que podrían fomentar conflictos en la formulación de esquemas de gestión conjunta para los acuíferos transfronterizos, impidiendo una cooperación que garantice una distribución política equitativa de estos cursos de agua compartidos.

*Agua subterránea transfronteriza y fracking: el acuífero transfronterizo
Edwards-Trinity-El Burro*

Durante el período de 2016 a 2018, se llevó a cabo, en el Centro de Investigaciones Sobre América del Norte (CISAN), el proyecto de investigación intitulado «Implicaciones políticas en la competencia espacial por el aseguramiento hídrico y energético México-Estados Unidos: El papel de las aguas subterráneas transfronterizas en el *fracking*». Los resultados quedaron plasmados, fundamentalmente, en dos artículos.⁵ Esta investigación buscó develar la importancia de la relación de las aguas subterráneas transfronterizas con el *fracking* (binomio agua-energía) en la frontera México-Estados Unidos, tomando como referencia las inminentes licitaciones (rondas) que el gobierno mexicano ha facilitado para que el sector privado sea partícipe del aprovechamiento de hidrocarburos no convencionales (petróleo y gas de lutitas), sobre todo en aquellas áreas situadas al margen del río Bravo.

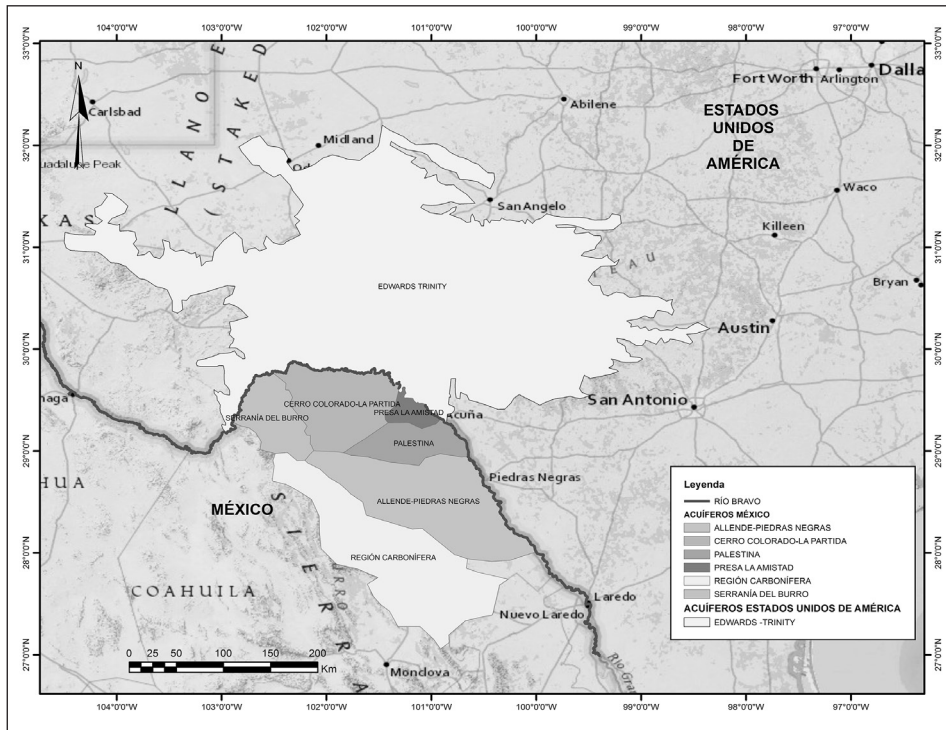
Este proyecto se dividió en dos etapas, en la primera se efectuó un diagnóstico exploratorio al conjunto de información oficial relativa al acuífero transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro, situado entre Coahuila-Texas (véase mapa 1), para demostrar que la perspectiva de manejo transfronterizo del agua subterránea en su relación con el *fracking* es nula. En la segunda etapa se amplió la escala de análisis del binomio agua-energía para analizar América del Norte en su conjunto y responder así las siguientes interrogantes: ¿cuáles son los elementos de análisis que contribuyen a la invisibilidad política de la relación agua subterránea transfronteriza-*fracking* en el contexto de la integración energética de América del Norte?; de esos elementos, ¿cuáles son críticos para la preservación ambiental del agua subterránea transfronteriza bajo un escenario de extracción irracional y contaminación derivado del *fracking* en la región? Se debe aclarar que el resultado de la segunda fase del proyecto todavía se encuentra en proceso de evaluación final, por lo que no se incorporará su análisis en el presente trabajo.

Los hallazgos de este proyecto en su primera fase sugieren, por una parte, que la falta de una evaluación sistémica del agua subterránea obstaculiza la comprensión puntual de los efectos dañinos ambientales del *fracking* en el agua subterránea, toda vez que es un error considerar que esta técnica comporta únicamente daños ambientales

⁵ También se organizó el Foro Internacional Las asimetrías en la gestión y regulación del agua subterránea en América del Norte: Hacia un esquema integral en México, efectuado el 10 de agosto de 2017, en el que se discutieron (con presencia de especialistas de Canadá, Estados Unidos y México) los desafíos y asimetrías imperantes en la gestión del agua subterránea en esa región. Así mismo, se llevó a cabo el taller internacional Estrategias regionales para la gestión de los acuíferos transfronterizos, impartido por el Dr. Alfonso Rivera, jefe hidrogeólogo del Servicio Geológico de Canadá.

locales y, por otra, desde una perspectiva de la Geografía Política, indican que los yacimientos transfronterizos de gas de lutitas de Estados Unidos han sido una pieza fundamental para la expansión de los intereses económicos de ese país en la conformación de un bloque económico y energético regional de América del Norte, en el que se incluye a México y Canadá.

Mapa 1. Sistema acuífero transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro



Fuente: Elaboración propia para el estudio de Hatch (2018b).

En la publicación *Fracking en el acuífero transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro: Implicaciones y daños ambientales transfronterizos* (Hatch, 2018b) comprobamos que la visión sistémica del agua subterránea transfronteriza está ausente en su relación con el *fracking*. Esta técnica es polémica por varias razones, entre ellas la demanda del agua –pues se estima que asciende entre 9 y 20 millones de litros por cada pozo– y el agua inyectada en el subsuelo –la cual se mezcla con químicos que facilitan la fractura de la roca, pero contaminan el agua y el acuífero–. Tampoco existe la certeza sobre el volumen de agua que regresa del pozo (flujo de retorno) ni acerca de su disposición final.

En el caso del acuífero transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro, situado en el norte de Coahuila y en el sur-centro de Texas, la información y los estudios elaborados previamente, sobre todo para el área mexicana, son limitados. Por ello, de acuerdo con la información geológica e hídrica disponible, estimamos (véase mapa 1) la dimensión poligonal (sólo en su plano horizontal) de este acuífero transfronterizo en México, incluyendo las unidades acuíferas administrativas siguientes: Cerro Colorado-La Partida, Presa la Amistad, Palestina, Allende-Piedras Negras y Región Carbonífera. De esta manera, su extensión territorial alcanzó el orden de 44 434.20 km², aunque su mayor extensión territorial sigue situándose en Estados Unidos.⁶ Otros hallazgos relevantes fueron la discrepancia en los datos oficiales referidos al volumen disponible de agua subterránea en los acuíferos administrativos mexicanos, así como las asimetrías existentes entre México y Texas en el gobierno del agua subterránea y su regulación en la fracturación hidráulica.

La Conagua estimó para 2015 que el volumen disponible de agua subterránea en la región hidrológica de la cuenca del río Bravo ascendía a 1 604.54 hm³/año, pero esa cifra se reducía drásticamente por estados. Así, en Coahuila se reducía a 47.53 hm³/año, pero en el caso de los seis acuíferos administrativos pertenecientes al acuífero transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro y situados en Coahuila se reportaban volúmenes suficientes de disponibilidad de agua subterránea con un orden de 118.48 hm³/año, superando con ello la cantidad disponible de este recurso en todo Coahuila (hipotéticamente distribuido en 28 acuíferos administrativos del orden de 47.53 hm³/año). Lo preocupante de estas estimaciones es que, si éstas se emplean para el otorgamiento de concesiones de agua para *fracking*, se podría desencadenar el descontento social. Baste recordar la denuncia pública que efectuaron los ejidatarios de Jiménez, Coahuila, en 2016,⁷ y considerar que, en razón de la disponibilidad del agua subterránea, los resultados indican que, hipotéticamente, en tan sólo un par de días, la industria del *fracking* podría extraer toda el agua disponible (10.89 hm³/año) del acuífero administrativo Serranía del Burro.

Por lo que respecta al gobierno y a la regulación del agua subterránea en su uso con el *fracking* entre México y Texas, las asimetrías son significativas. La ley de agua texana (Texas Water Code) regula este recurso por medio del auxilio de Comités de Protección

⁶ Se trata de una veta de investigación importante que deberá ser estudiada posteriormente por otros especialistas.

⁷ En la IX Audiencia Pública del Tribunal Latinoamericano del Agua (2016), en México, los ejidatarios de Zapata, Palmira y Jiménez, Coahuila, presentaron evidencias sobre la concesión de agua que otorgó la Conagua (3.6 hm³/día) a dos compañías canadienses dedicadas a la venta de este recurso para el negocio de la industria del *fracking* (Highmark Marketing Inc. y Lightning Inc.), además, denunciaron la posible concesión de 7.2 hm³/día adicionales para expandir su negocio.

que operan por condado (Texas Groundwater Protection Committee), los cuales poseen facultades para gestionar y proteger el agua. En contraste, en México, la Conagua hace lo propio por medio de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas) que, con un carácter únicamente consultivo, emiten recomendaciones al Ejecutivo Federal para mejorar la gestión del agua subterránea. En la comparación efectuada entre los Comités de Conservación de Agua Subterránea texanos situados en el sistema acuífero transfronterizo Edwards-Trinity, de los 37 que deberían operar en cada condado, funcionan 31 (84 %), frente a un nulo número de Cotas sin operación en la porción mexicana de dicho sistema. Por otra parte, en agosto de 2017, se publicaron en México los Lineamientos para la protección y la conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, en donde se establece un marco regulatorio de protección para el agua que se empleará para el *fracking*; sin embargo, no se hace mención alguna a las aguas subterráneas transfronterizas.

Como es evidente, la falta de datos sobre el agua subterránea y la carencia de un enfoque de manejo transfronterizo generan tensiones políticas entre los diferentes sectores involucrados. A la fecha, Petróleos Mexicanos (Pemex) concluyó la fase de exploración de reservas de gas de lutitas en la cuenca Sabinos-Burro-Picachos, a fin de comprobar la existencia de los recursos prospectivos que se habían proyectado previamente en 2015 (13.9 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente) por parte de la Comisión Nacional de Hidrocarburos. De 28 pozos perforados, apenas en tres de ellos se encontraron reservas rentables; no obstante, la controversia sigue latente, porque trabajos de geofísica –como los de Martínez (2018)– evidencian que la fase de exploración efectuada por Pemex provocó microsismicidad inducida y afectaciones a la infraestructura de las poblaciones del norte de Nuevo León y Coahuila.

Esto último se discutió en el Foro sobre Gobernanza del Agua en el Consejo de Cuenca del Río Bravo «Hacia una visión compartida», convocado por ese Consejo y celebrado en Monterrey, Nuevo León, el 18 y 19 de noviembre de 2018. En él se pudieron apreciar al menos tres posturas encontradas. Por una parte, el representante de la Secretaría de Energía defendió la viabilidad y rentabilidad del aprovechamiento del gas de lutitas en México, mientras que, por otra, los académicos mostraron su preocupación por la falta de estudios en el país sobre la determinación puntual de los impactos ambientales y sociales del *fracking*. Finalmente, el empresariado regional (del norte de México), aunque preocupado de manera legítima por estos impactos, coincidió en intereses con la administración federal. En suma, esto indicó que el avance del *fracking* corresponde más a un proyecto de clase que a uno de nación. Por ello, lo más indicado para la resolución de este conflicto es invocar la aplicación del *principio precautorio*

como medio efectivo de suspensión temporal de esta actividad. Lo anterior hasta no poseer la información suficiente que permita una toma de decisión benéfica para todos los sectores involucrados.

*Los desafíos para la distribución equitativa de las aguas subterráneas transfronterizas
México-Estados Unidos*

En su conjunto, los hallazgos anteriores sugieren la necesidad de plantear un cambio radical en la forma de concebir, evaluar y gobernar el agua subterránea, al menos en México. La falta de su visión sistémica, los vacíos legales en las aguas subterráneas transfronterizas y la peligrosa apuesta que representa el *fracking* fueron motivos suficientes para redactar una propuesta rigurosa para la regulación del agua subterránea. En *Ley del agua subterránea: Una propuesta* (Carmona *et al.*, 2017) se formula la evaluación sistémica del agua subterránea por medio de la aplicación de los *sistemas de flujo tothianos*, así como la vigilancia y el monitoreo permanentes de la calidad del agua, y la aplicación de la alerta temprana (derivada del *principio precautorio*) para todas aquellas actividades que comprometan el equilibrio ecológico del agua. En esta propuesta se incluyó un apartado específico de regulación para las aguas subterráneas transfronterizas (Capítulo VII «De los Acuíferos Transfronterizos»), el cual tiene por objetivo la protección, preservación y gestión soberana de estos cursos de agua internacionales, considerando a los acuíferos como *unidad geológica transfronteriza de gestión*,⁸ por lo que se establecen medidas en el control de la extracción, distribución y utilización del agua, a partir de su uso equitativo y razonable, atendiendo los principios de soberanía, integridad territorial y desarrollo sustentable, así como el relativo a elevar al máximo los beneficios mutuos derivados de su uso, de acuerdo con los instrumentos internacionales y los antecedentes en la materia.

Precisamente, este apartado se desarrolló considerando los trabajos previos efectuados por Robert D. Hayton y Albert E. Utton en 1989, pero también el contenido del *Convenio sobre la protección y uso de los cursos de agua transfronterizos y los lagos internacionales* (CEPE, 1992) y de la *Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación* (ONU, 1997). Huelga decir que se recuperó también de los lineamientos para la gestión de los acuíferos transfronterizos publicados por la Unesco en 2015.

En la publicación «A Joint Management of Transboundary Aquifers: From Asymmetries to Environmental Protection» (Hatch, 2018a) efectuamos un análisis profundo sobre la

⁸ El concepto de acuífero transfronterizo de esta propuesta, localizado en el artículo 3 del capítulo I, está en concordancia con la definición del proyecto de Resolución 63/124 (ONU, 2009).

diferencia y las implicaciones de la *soberanía permanente sobre los recursos naturales* y los efectos del reconocimiento internacional en relación con la *soberanía compartida sobre los recursos naturales*, para sustentar la formulación del apartado de regulación de los acuíferos transfronterizos a partir de una visión de *soberanía compartida o interdependiente*.

En síntesis, el trabajo plantea la coordinación entre un ente técnico-administrativo (Servicio Hidrogeológico Nacional [SHNI]) y la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) para: *a)* definir y evaluar los sistemas de flujo transfronterizos; *b)* conocer los volúmenes de recarga y descarga natural de cada uno de los acuíferos; *c)* evaluar el rendimiento sostenible y sustentable del agua subterránea; *d)* supervisar la distribución y el reparto de agua, es decir, establecer un registro preciso de las concesiones del lado mexicano y crear una base de datos confiable que sea susceptible de ser intercambiada con las naciones vecinas; *e)* proponer los caudales de extracción; *f)* monitorear permanentemente la calidad del agua extraída; *g)* establecer procedimientos de alerta temprana; *h)* reducir las cargas de contaminación procedentes tanto de fuentes puntuales como difusas; *i)* servir de foro binacional para el intercambio diplomático de información sobre los usos del agua subterránea existentes y previstos sobre instalaciones y actividades que puedan causar un impacto transfronterizo; *j)* almacenar, resguardar, definir, validar y aprobar todos los datos e información que sean objeto de intercambio diplomático bajo criterios de accesibilidad, transparencia y rendición de cuentas; *k)* calcular y revisar los requerimientos presentes y futuros de agua subterránea, entre los más importantes.

Así mismo, se contempla la entrega de un informe trimestral al Congreso de la Unión, el cual refleje los avances en la gestión de los acuíferos transfronterizos, contemplando los siguientes aspectos: *a)* el marco jurídico transfronterizo aplicable; *b)* los planes, programas y cualquier otro instrumento de planeación sectorial, regional y fronterizo, aplicables en cada país; *c)* la identificación de los responsables de cada país; *d)* la identificación de los recursos económicos y financieros para la ejecución de cada programa; *e)* los mecanismos para la homologación, la comparación, la validación y el intercambio de información, y *f)* las formas, los mecanismos y los procedimientos de participación pública en la elaboración del programa, su evaluación, monitoreo, seguimiento y contraloría social. Cabe mencionar que, si bien México no puede obligar a las naciones vecinas a cooperar en el rubro, el TAAP ya sentó un precedente de cooperación con Estados Unidos. Faltaría examinar las implicaciones de esta política en relación con Guatemala y Belice.

Con esta propuesta se trata de atender los desafíos que corresponden a las asimetrías existentes enmarcadas en los diferentes tratados y programas institucionales y ambientales México-Estados Unidos. Al mismo tiempo, se intenta visibilizar la importancia de la regulación soberana de estos cursos de agua, la cual ha estado ausente en el contexto

de las negociaciones políticas que sostienen los diferentes actores del sector hídrico en México en el proceso de la expedición de la Ley General de Aguas, que deberá hacer en su momento el Poder Legislativo Federal.

En ese marco, ciertos actores, como los ambientalistas, los empresarios del ramo, las autoridades del sector y algunos académicos consideran erróneamente que este tema es exclusivo del ámbito de la política exterior mexicana o, mejor dicho, que institucionalmente correspondería a la CILA el tratamiento del mismo, cuando se ha demostrado que esta última posee facultades limitadas en el tema. Por esa razón, es necesario su reconocimiento legal en el contexto de las posibilidades institucionales actuales en México, como la base de un planteamiento a futuro mucho más sólido en el *corpus* de la relación bilateral y la gestión conjunta del agua.

Conclusiones

A lo largo de seis años de estudio de las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos, es posible afirmar que el poco prestigio social que goza el agua subterránea en términos generales ha ensombrecido su importancia y su presencia estratégica en el núcleo duro de la política hídrica en México. Al contrario, en Estados Unidos, su conocimiento y funcionamiento, así como la cuantificación de su cantidad y calidad son objeto de interés de los estados fronterizos, lo cual quedó en evidencia con la iniciativa de ley impulsada en 2006 por los exsenadores de Nuevo México (Jeff Bingaman y Pete Domenici) y de Arizona (senador Jon Kyl y excongresista James Thomas Kolbe) para poner en funcionamiento el TAAP.

Este programa ha sentado un precedente histórico en la evaluación binacional de los acuíferos transfronterizos, que bien pudiera extenderse hacia el resto de los acuíferos sin evaluarse, aunque para ello sea necesario considerar, al menos, dos puntos. Lo primero, como se demostró en los hallazgos de las investigaciones, es que no se puede prescindir del empleo de un enfoque de evaluación sistémica del agua subterránea (determinación de *sistemas de flujo tothianos*), lo que implica, a su vez, el reconocimiento del funcionamiento transfronterizo del agua y, en consecuencia, la aplicación de modelos conjuntos de medición, evaluación y estandarización de resultados (*el ser*). Lo segundo es que, en el caso estadounidense, todo parece indicar que la continuación de un programa de evaluación de naturaleza similar al TAAP seguirá dependiendo de los intereses existentes de carácter regional o de cada uno de los estados fronterizos con México, con el fin de obtener más información sobre el funcionamiento de las aguas subterráneas transfronterizas, como es posiblemente el caso texano, en donde recientemente la Universidad Texas A&M ha hecho aportaciones valiosas en el conocimiento de los

acuíferos transfronterizos. Por ello, parece que el tema pasa todavía inadvertido en Washington, D. C., lo que pudiera incluso ser benéfico para el estado actual y de corto plazo de la relación bilateral con México.

Frente a esto, valdría la pena preguntarse entonces: ¿qué medidas similares se están llevando a cabo en México para compensar la falta de información del comportamiento sistémico del agua subterránea transfronteriza?, ¿hay certeza de quiénes son los usuarios de estos cauces compartidos?, ¿cuáles son los volúmenes de agua que se han otorgado a cada uno de los usuarios?, ¿en dónde se localizan físicamente sus aprovechamientos?, por citar algunas cuantas dudas. Ciertamente, no será posible responder a cabalidad estos y otros cuestionamientos hasta que en México no se superen los obstáculos o desafíos sociales, institucionales, jurídicos y financieros que, en suma, son parte misma de las asimetrías que se enfrentan con Estados Unidos en este tema.

En la presente contribución se ha aludido a algunos de esos desafíos, como la errónea idea de que la gestión de las aguas subterráneas transfronterizas está resuelta con la presencia *per se* de la CILA, olvidando que en el Tratado de Aguas de 1944 éstas no fueron objeto de acuerdo y que tampoco existen jurídicamente en la legislación nacional del agua, por lo que, en consecuencia, no existen los elementos necesarios para su reconocimiento legal (*el deber ser*) y mucho menos para plantear una distribución política equitativa entre ambos países. A esto debe agregarse que tampoco los actores o partes interesadas en la gestión del agua en México han hecho un esfuerzo suficiente para incorporarlas de lleno en los borradores de las diversas propuestas de la Ley General de Aguas. Por esa razón, un paso inicial para solucionar estos desafíos es su definición legal y la creación de un andamiaje institucional adecuado, así como del presupuesto necesario, para efectuar trabajos –similares al TAAP– que permitan poseer la información base de las aguas subterráneas transfronterizas. Esto facilitaría, en un futuro, la creación de programas de gestión binacional o local para su efectiva protección y conservación ambiental.

Referencias

- Borrador de la Ley General de Aguas de la Comisión de Agua Potable y Saneamiento [sin publicar], Ciudad de México, 2018.
- Callegary, J. B., Minjárez-Sosa, I., Tapia-Villaseñor, E. M., Dos Santos, P., Monreal-Saavedra, R., Grijalva-Noriega, F. J., Huth, A. K., Gray, F., Scott, C. A., Oroz-Ramos, L. A., Megdal, S. B., Rangel-Medina, M. y Leenhouts, J. M. (2016). *Estudio binacional sobre el acuífero transfronterizo del río San Pedro*. CILA. <http://www.cila.gob.mx/as/ebstrsp2016.pdf>

- Carmona, C., Carrillo-Rivera, J., Hatch, G., Huizar, R. y Ortega, M. (2017). *Ley del agua subterránea: Una propuesta*. UNAM.
- Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). (1992). *Convenio sobre la protección y uso de los cursos de agua transfronterizos y los lagos internacionales en su forma enmendada, junto con la decisión VII/3, en la que se aclara el procedimiento de adhesión*. Autor. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_Text/Convention_text_SPA.pdf
- Dictamen en sentido positivo que presentan las Comisiones Unidas de Agua Potable y Saneamiento y de Recursos Hidráulicos de la Cámara de Diputados, con proyecto de decreto por el que se expide la Ley General de Aguas. *Gaceta Parlamentaria (4228-II)*, Ciudad de México, 5 de marzo de 2015. https://www.senado.gob.mx/comisiones/cambio_climatico/reu/docs/Dictamen_LGA_070415.pdf
- Domínguez, J. y Carrillo-Rivera, J. (2007). El agua subterránea como elemento de debate en la historia de México. En A. Mayer, *México en tres momentos: 1810-1910-2010* (pp. 1-29). UNAM.
- Hatch, G. (2017a). Agua subterránea y soberanía interdependiente: El caso de los sistemas acuíferos transfronterizos en la región binacional de Paso del Norte. *Norteamérica*, 12(2), 113-145.
- Hatch, G. (2017b). *Paso del Norte: La competencia por las aguas subterráneas transfronterizas*. El Colegio de Chihuahua/Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Hatch, G. (2018a). A Joint Management of Transboundary Aquifers: From Asymmetries to Environmental Protection. *Frontera Norte*, 30(59), 129-154.
- Hatch, G. (2018b). *Fracking* en el acuífero transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro: Implicaciones y daños ambientales transfronterizos. *Investigaciones Geográficas*, 96, 1-20.
- Hatch, G., Carrillo-Rivera, J. y Huizar, R. (2019). Evaluación crítica del Acuífero Transfronterizo Río San Pedro. *Regions & Cohesion*, 9(1), 61-85. doi: <http://dx.doi.org/10.3167/reco.2019.090106>
- Hatch, G. e Ibarra, V. (2015). Las aguas subterráneas transfronterizas México-Estados Unidos: Importancia e invisibilidad dentro del contexto del TLCAN. *América Latina Hoy. Revista de Ciencias Sociales*, 69(1), 75-93.
- Hatch, G., Schmidt, S. y Carrillo-Rivera, J. (2017). Elementos de análisis de la propuesta de Ley General de Aguas en México a partir del derecho humano al agua y sus repercusiones en el quehacer científico, docente y en la investigación. *Revista de El Colegio de San Luis*, VII(13), 30-61.
- Instituto de Geografía. (2007). *Atlas Nacional de México 2007*. Instituto de Geografía-UNAM. <http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-2007/anm-2007.php>

- Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley General de Aguas [sin publicar, versión actualizada], Ciudad de México, 4 de febrero de 2020. <https://aguaparatodos.org.mx/la-iniciativa-ciudadana-de-ley-general-de-aguas-2/>
- International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). (2015). *Transboundary Aquifers of the World* [mapa]. (1:50 000 000). International Hydrological Programme-Unesco.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN). *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 11 de agosto de 2004. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>
- Lineamientos para la protección y la conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 30 de agosto de 2017. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5495543&fecha=30/08/2017
- Linton, J. (2010). *What is Water? The History of a Modern Abstraction*. University of British Columbia Press.
- Martínez, J. M. R. (2018). Shallow Seismicity and Fluid Exploitation in the Northern Burgos Basin (Nuevo León, México). *EPH-International Journal of Science And Engineering*, 4(9), 01-25.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1997). *Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación* (Quincuagésimo primer período de sesiones Tema 144). Autor. <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/RES/51/229>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2009). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 11 de diciembre de 2008 [sobre la base del informe de la Sexta Comisión (A/63/439)] 63/124. El derecho de los acuíferos transfronterizos*. Autor. <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/RES/63/124>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2010). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010 [sin remisión previa a una Comisión Principal (A/64/L.63/Rev. 1 y Add. 1)] 64/292. El derecho humano al agua y al saneamiento*. Autor. https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2015). *Estrategia regional para la evaluación y gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en las Américas*. Autor.
- Rivera, A. (2008). Groundwater Sustainable Development in Canada. *Emerging Issues. Geoscience Canada*, 35(2), 73-87.
- Rivera, A. (2018). Modelos hidrológicos a multiescala combinados con sistemas de flujo de agua subterránea para evaluar cambios en el almacenamiento del agua subterránea a escala de Canadá utilizando modelado y sensores remotos. En S. Garza-Galván, J.

- Carrillo-Rivera y R. Huizar (coords.), *Coloquios sobre el agua subterránea en México* (pp. 125-133). Senado de la República, LVIII Legislatura.
- Tóth, J. (1970). A Conceptual Model of the Groundwater Regime and the Hydrogeologic Environment. *Journal of Hydrology*, 10(2), 164-176.
- Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México.* Washington, Estados Unidos, 3 de febrero de 1944. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- Zai-sheng, H., Jing, H. y Lei, N. (2010). Transboundary Aquifers in Great Mekong River Basin. En *International Conference «Transboundary Aquifers: Challenges and New Directions»* (pp. 1-6). ISARM.

SECCIÓN IV
ESPACIOS LOCALES, GOBERNANZA
DEL AGUA Y COOPERACIÓN

La gobernanza del agua en zonas áridas: Una reflexión para el caso de Baja California

Mariana Villada Canela

Introducción

El primer objetivo de este capítulo es analizar los términos gobernanza en general y gobernanza del agua en la literatura académica de México, para así contrastarlos con los preceptos internacionales que guían la política hídrica de este país. La razón de ello es argumentar que, en la visión de las agencias de gobierno o las internacionales –tales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) o la Organización de las Naciones Unidas (ONU)–, la gobernanza suele entenderse más como una *meta* o *fin* del modelo de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) (conseguir un *buen gobierno del agua*), con roles de políticas y herramientas formales centradas principalmente en el Estado. En cambio, en la literatura nacional se apela a una gobernanza más como un *proceso* que cuestiona la visión anterior y busca crear nuevas relaciones entre el Estado y la sociedad. La finalidad de esta segunda visión de la gobernanza también es cuestionar uno de los cinco objetivos de la política hídrica actual: mejorar las condiciones para la gobernanza del agua, a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2020). Lo anterior considerando diferentes métodos y enfoques no sólo centrados en el Estado, sino asignando responsabilidades a la ciudadanía, tales como garantizar su acceso a la información y promover su participación, lo que no necesariamente implica otros modos de acción colectiva que le cedan cierto poder (autogestión, comanejo, manejo adaptativo).

El segundo objetivo es efectuar una descripción del escenario de la práctica de la gobernanza hídrica para el caso de Baja California, donde, al igual que en otros estados de la República Mexicana, se enfrenta una disminución constante del aprovisionamiento de agua en la cantidad y la calidad con que es requerida para satisfacer las necesidades

de los sistemas bióticos, así como de distintas actividades económicas. No obstante, en este capítulo se sostiene que el caso de Baja California es particular porque se localiza en la región más árida del país, donde a pesar de recibir agua de la cuenca del río Colorado, frontera con Estados Unidos (una de tres cuencas transfronterizas), el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento. Así mismo, en el estado ya se han registrado eventos de sequía extrema en 2016, debido a la variabilidad climática que condiciona el bienestar social y el desarrollo económico. Con estos y otros elementos se lleva a cabo una reflexión de las implicaciones de la teoría y la práctica de la gobernanza hídrica en esta entidad.

Con los resultados de los dos objetivos precedentes se pretende, en tercer lugar, discutir que, a pesar del modelo de gobernanza y de gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos en el que se basa la política hídrica mexicana, persiste una mayor presión por el uso de tecnologías alternas y por dinámicas socioeconómicas respecto al uso, la planeación y la operación de los servicios del agua en Baja California, así como tensiones sociopolíticas en su manejo. Como consecuencia, se puede encontrar una variedad de intervenciones gubernamentales y propuestas de acuerdos cooperativos para la gestión de la demanda del agua, así como soluciones técnicas y evidencia científica para incrementar la oferta. Por ello, se describen las implicaciones de la gobernanza respecto a la gestión del agua en esta región árida, con unas recomendaciones adicionales, a fin de que constituya una verdadera perspectiva integral, que incluya no sólo medidas técnico-ingenieriles para incrementar la oferta, sino además intervenciones para la gestión de la demanda, tomando en cuenta el concepto de gobernanza hídrica.

En este contexto, la gobernanza hídrica se percibe como el enfoque que podría ayudar a superar los problemas de la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. La GIRH es un modelo global mediante el cual se procuran la descentralización administrativa, la democracia en la toma de decisiones y la privatización como elementos que permiten atenuar los problemas asociados a la escasez y al deterioro del agua (Conagua, 2020). En el caso de México, bajo este modelo de gestión se modificaron la legislación, los arreglos institucionales y los instrumentos de política hídrica a principios de la década de 1990 (Ley de Aguas Nacionales [LAN], 2004). Todo esto significó una alternativa institucional y una oportunidad para fomentar la participación de diversos actores e instituciones en la toma de decisiones gubernamentales, es decir, el cambio de un modelo de gestión centralista del agua a otro descentralizado por cuencas (Rolland y Vega-Cárdenas, 2010).

En el caso de Baja California existe una polémica porque en la práctica se siguen encontrando evidencias de la dificultad de aplicar la GIRH: el constante deterioro del agua subterránea, la persistencia de la cultura política clientelar, las manifestaciones y las

disputas por la demanda del agua entre municipios o sectores económicos y con Estados Unidos. Como consecuencia, los representantes de gobierno, academia, iniciativa privada y sociedad civil ponen a prueba soluciones técnicas o debaten respecto a los arreglos jurídicos e institucionales que atenúen los efectos no previstos del actual modelo de gestión mediante el concepto de gobernanza hídrica.

El concepto polisémico de la gobernanza

La gobernanza implica un cambio en el significado convencional de gobierno (Mayntz, 2005; Rhodes, 2005), pero —a diferencia de este último— se trata de un concepto que exhibe varios elementos, dimensiones y preceptos. Así, la gobernanza está constituida por *principios* (información, participación, rendición de cuentas, eficacia, eficiencia y coherencia), *normas, valores y reglas* que pautan la *interacción*, las *relaciones horizontales* o los *procesos* en el marco de *redes de actores públicos, privados y sociales interdependientes* (con canales de comunicación y de intercambio de información, experiencias y otros recursos), en la definición del interés general (suma de *problemas* particulares), en *puntos de encuentro* y en entornos *diversos, complejos, inciertos y dinámicos* (Cerrillo i Martínez, 2005; Hernández-Quñones, 2018; Hufty, 2009; Kooiman, 1993). Esta definición es un esfuerzo de síntesis derivado de la revisión de la literatura especializada y de hacer operativo el concepto de gobernanza, pero tiene al menos tres décadas discutiéndose en diversas disciplinas de las ciencias sociales (Kooiman, 1993) y en la gestión de los recursos naturales (Ostrom, 1990), por lo que exhibe acepciones y connotaciones variadas.

Los primeros trabajos teóricos de la gobernanza tienen lugar en la década de 1990, con las aportaciones de investigadores del Instituto Max Planck, quienes señalaron que la gobernanza debía consistir en una nueva manera de gobernar y de resolver los problemas públicos que, si bien fuera diferente, no fuese excluyente del modelo de control jerárquico ejercido por el Estado hasta entonces. Esto significó la propuesta de una visión de la relación ideal entre la sociedad y el Estado, en donde la gobernanza debía constituir un modo más cooperativo en el que los actores estatales y no estatales participaran en redes mixtas público-privadas (Cerrillo i Martínez, 2005; Zurbriggen, 2014).

Dado que la gobernanza se refiere a nuevos modos y redes de interacción entre gobierno y sociedad que difieren de los tradicionales entre el sector público y el privado (Rhodes, 2005), deben diseñarse mecanismos para dar una dirección coherente a la sociedad y a las políticas públicas. En este sentido, Kooiman (1993) desarrolla propuestas de gobernanza donde hay una mezcla de todo tipo de esfuerzos de gobierno con actores tanto públicos como privados, con diferentes normas y espacios de diálogo (autogobernanza, cogobernanza, gobernanza jerárquica y gobernanza mixta). Se trata

entonces de un cambio de rol del Estado que considera que, actuando en conjunto con otros actores y en distintos ámbitos, se pueden reducir las limitaciones de las formas de gobierno tradicional, para que el Estado no sea visto como el único decisor y ejecutor.

En virtud de ello, Peters y Pierre (2005) discuten que la gobernanza: *a*) cuestiona la crisis financiera de las décadas de 1970 y 1980, la globalización, los cambios en la sociedad y su complejidad, los fallos del mercado y la crisis fiscal del Estado, la responsabilidad política tradicional, la emergencia de nuevos modos de gestión y el cambio de la administración pública hacia un enfoque de mercado; *b*) introduce actores no gubernamentales (empresas económicas, organizaciones sociales, organismos financieros) en la toma de decisiones de políticas públicas o en la prestación de servicios públicos; y *c*) fomenta la participación diferenciada entre ellos.

Con el trabajo de estos teóricos se cuestionó el papel del gobierno en la resolución de los problemas públicos y se esbozaron enfoques alternativos. La gobernabilidad y la Nueva Gestión Pública (o administración) (NGP) son dos de estos enfoques —y con los que suele asociarse el estudio de la gobernanza—, los cuales se centran más en la capacidad de gobierno y los cambios administrativos (de tipo empresarial) y gerenciales de la intervención gubernamental (Aguilar-Villanueva, 2006; Pardo, 2004). Sin embargo, la gobernanza además se vincula a un equilibrio de poder entre la sociedad y el Estado, a una mayor cooperación e implicación de actores no gubernamentales en la formulación, diseño e implementación de las políticas públicas y en la definición del interés general (Cerrillo i Martínez, 2005; Hufty, 2009).

Lo que sí comparten las nociones de gobernanza y gobernabilidad, así como la NGP, es que surgieron como una manera de cuestionar y poner a prueba: *a*) la actuación de los gobiernos tradicionales, basados en la jerarquía y la unilateralidad, altamente estado-céntricos, para hacer frente a los problemas sociales en un mundo complejo, dinámico y diverso; y *b*) las aproximaciones y mecanismos del mercado, a través de la privatización y la desregulación, como una solución para superar los problemas públicos (Cerrillo i Martínez, 2005; Pardo, 2004).

Como una crítica a la gobernabilidad y a la NGP, resalta la teoría de los bienes comunes de Elinor Ostrom, quien explica la coproducción como un proceso a través del cual se puede producir un bien o servicio (en este caso, público) con los aportes de personas que no pertenecen a una agencia gubernamental o que no funcionan bajo una lógica mercantilista. Así, la coproducción implica que los ciudadanos pueden desempeñar un papel activo en la producción de bienes públicos y servicios de importancia para ellos bajo un esquema de gobernanza (Ostrom, 1990, 1996). No obstante, estos actores gubernamentales y no gubernamentales deben atenerse a ocho condiciones (Pacheco-Vega, 2014), la última de las cuales dio pauta al concepto de gobernanza policéntrica o

multinivel como una forma de crear esquemas de gobernanza que consideren diferentes arreglos institucionales, actores, espacios, escalas y ámbitos de gobierno.

Los gobiernos, los organismos no gubernamentales y las agencias internacionales, así como los especialistas en la teoría y la práctica de la administración pública, la ciencia política y las políticas públicas, son quienes especulan con una nueva relación (más cooperativa) sociedad-Estado o entre lo público y lo privado, y las capacidades de estos grupos para resolver problemas de interés general. Sin embargo, entre distintas regiones, autores e instituciones siguen existiendo diferencias respecto a qué se entiende por gobernanza, en qué ámbitos se aplica, bajo qué normas o arreglos, qué objetivos persigue, a quiénes y cómo los involucra, en qué momentos y tipos de espacios se implementa, y cómo se traduce, se interpreta o se mide.

Así, mientras en Europa la gobernanza se refiere más a una implicación de la sociedad en los procesos de gobierno (*governing*), en Estados Unidos se inclina más hacia en quién(es) recae la dirección de la sociedad (*steering*) (Cerrillo i Martínez, 2005). El Libro Blanco de la gobernanza de la Unión Europea señala que la gobernanza incluye las normas, los procesos y los comportamientos que influyen en el ejercicio de los poderes a nivel europeo, especialmente desde el punto de vista de la apertura, la participación, la responsabilidad, la eficacia y la coherencia (CCE, 2001) y, por tanto, busca reconciliar las relaciones de los ciudadanos con el aparato gubernamental mediante mecanismos de participación.

Agencias internacionales, como el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Banco Mundial, están centradas en «el buen gobierno» como objetivo para crear instituciones competentes, eficientes, abiertas, inclusivas y responsables que promuevan una prestación de servicios también eficiente, faciliten el crecimiento del sector privado y fomenten la confianza de los ciudadanos en el gobierno (Banco Mundial, 2018; Rondinelli y Blunt, 1997). Para ello, el Banco Mundial desarrolló una metodología derivada del proyecto de Indicadores de la Gobernanza Mundial (WGI, por sus siglas en inglés) y los problemas analíticos relacionados, en donde se define a la gobernanza como las tradiciones e instituciones mediante las cuales se ejerce la autoridad en un país. Esto incluye: *a*) el proceso por el cual los gobiernos son seleccionados, monitoreados y reemplazados; *b*) la capacidad del gobierno para formular e implementar efectivamente políticas sólidas; y *c*) el respeto de los ciudadanos y el Estado por las instituciones que gobiernan las interacciones económicas y sociales entre ellos. En este proyecto se analizaron más de 200 países y territorios, midiendo seis dimensiones de gobernanza, a partir de 1996: 1) voz y rendición de cuentas, 2) estabilidad política y ausencia de violencia/terrorismo, 3) eficacia del gobierno, 4) calidad regulatoria, 5) Estado de Derecho y 6) control de la corrupción (Kaufmann *et al.*, 2011).

Por su parte, la OCDE (2011) indica que la gobernanza se refiere, en general, al poder y la autoridad y a cómo un país maneja sus asuntos, y se considera que abarca todos los mecanismos, procesos, relaciones e instituciones que los ciudadanos y grupos utilizan para articular sus intereses y ejercer sus derechos y obligaciones.

Así, mientras que para agencias internacionales, como el Banco Mundial, la OCDE, el BID y los programas de la ONU, la *buena gobernanza* se centra más en la autoridad política, económica y administrativa, las instituciones, la jerarquía, la competitividad (eficacia, eficiencia) y la legalidad (cumplir leyes, definir reglas y mecanismos de vigilancia), para la Unión Europea, que opera en el ámbito regional y se basó en los aportes de los teóricos europeos, se sitúa más en la legitimidad y los vínculos entre el gobierno y la sociedad, a través de espacios de participación efectiva (Murillo-Licea, 2012a; Rondinelli y Blunt, 1997).

Como se ha visto hasta aquí, la gobernanza no se desarrolló como una *meta* en sí misma, sino como un *medio* para gestionar y equilibrar el poder, así como para conseguir una variedad de objetivos que derivan del quehacer gubernamental y de los fines propios de los actores no gubernamentales afectados por las decisiones de gobierno, con el fin de administrar los recursos naturales de su interés, mediante la cooperación, la negociación y el diálogo, evitando conflictos.

Si bien es difícil resumir todos los aportes teóricos en torno a la gobernanza, estos párrafos permiten entender la historia y, con ello, bajo qué dimensiones, elementos y preceptos se ha abordado este concepto y su aplicación en materia de agua. De esta breve revisión crítica se advierte que no puede haber *gobernanza* si los gobiernos no actúan de acuerdo con los preceptos descritos, pues, de otro modo, ésta se convierte en un mero discurso sin efectos reales en la política hídrica.

Por lo anterior, la gobernanza del agua en México implica, de acuerdo con el análisis del concepto, que deben existir los principios (como los de acceso a la información, la participación ciudadana y la rendición de cuentas), los espacios y las reglas entre el gobierno, la sociedad civil y el sector privado, a fin de tomar decisiones de interés general.

El alcance de la gobernanza hídrica

Para determinar de qué forma se ha planteado la gobernanza del agua en México, se revisó la literatura académica disponible en bases de datos especializadas como Web of Science, de la plataforma ISI Web of Knowledge; Scopus y ScienceDirect, de la plataforma Elsevier; Ebsco Host, de Ebsco Industries Inc.; Scientific Electronic Library Online (SCIELO); Google Scholar, de la plataforma de Google, y Springer Link, de la plataforma de Springer Nature. Se hizo la búsqueda con palabras clave: *gobernanza del*

agua o hídrica y México, que incluyeran otras de contexto como *política, manejo y gestión de recursos hídricos*, tanto en inglés como en español. Con ello se encontraron 12 artículos y 18 capítulos de libro producidos entre 2004 y 2018.

De esta literatura se revisaron: *a)* el concepto de gobernanza hídrica; y *b)* qué método y/o componentes se consideran en su análisis, a fin de entender *c)* en qué dimensiones de la gobernanza se sitúan. Como una manera de contrastar estos tres aspectos de la literatura académica, también se revisaron los reportes de las agencias que suelen guiar la forma en que los gobiernos asumen la práctica de la gobernanza hídrica, particularmente en México.

En primer lugar, la definición de gobernanza hídrica depende de los referentes de cada autor, porque no todos elaboran una definición propia. Para aquellos que simpatizan con el punto de vista del BID, la gobernanza se refiere a los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que existen para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y la prestación de servicios de agua para una sociedad, siguiendo 12 principios (apertura, transparencia, participación, rendición de cuentas, efectividad, coherencia, eficiencia, integración, comunicatividad, equidad, sustentabilidad y ética) (Rogers, 2002). Esta definición fue retomada por la Asociación Mundial del Agua (Rogers y Hall, 2003), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (Cepal, 2006; Peña y Solanes, 2003) y la OCDE (2011, 2012, 2013).

La OCDE (2018) amplió esa visión con tres dimensiones y reformó los 12 principios: *a)* efectividad: roles y responsabilidades claras, escalas apropiadas dentro de los sistemas de cuenca, coherencia de políticas, capacitación; *b)* eficiencia: datos e información, financiación, marcos regulatorios, gobernanza innovadora; y *c)* confianza y participación: monitoreo y evaluación, arbitrajes entre usuarios, áreas urbanas y rurales y generaciones, involucramiento de las partes interesadas, integridad y transparencia.

Todos los preceptos de estas agencias internacionales se han llevado al ámbito mexicano, pero han cumplido mínimamente el objetivo de establecer una nueva relación entre el Estado y los ciudadanos en torno a la política del agua (Wilder, 2010).

Por otro lado, los autores que refieren al trabajo de Ostrom, señalan que la gobernanza hídrica es la capacidad de un sistema social de lograr acuerdos para hacer un uso común de los recursos hídricos, a través de la acción colectiva. Debido a las diferencias entre estas dos concepciones, Murillo-Licea (2012b) revisa varias definiciones y concluye que las nociones de la gobernanza del agua variarán entre las que procuran los *medios* de participación social y los mecanismos de negociación en proyectos sociales e institucionales-gubernamentales, y aquellas que fomentan el cumplimiento de *metas* (desempeño institucional), las normas y reglas desde la institucionalidad.

Por ello, y en segundo lugar, la gobernanza hídrica se ha estudiado considerando diferentes elementos. El análisis de la gobernanza adaptativa incluye cuatro de ellos:

los *conflictos* definidos geográficamente e integrados a un *sistema natural*, así como una multiplicidad de *problemas* y de *actores* (Caldera-Ortega y Suárez-Paniagua, 2015). En el Marco Analítico de la Gobernanza (MAG) (Hufty, 2009) se examinan cinco categorías: el *problema* (resultado de una construcción social), los *actores* (sus vínculos y percepciones), los *puntos nodales* (espacios donde los actores toman decisiones), las *normas* (que determinan el comportamiento de los actores) y los *procesos* (sucesión de etapas). También se hace a través de indicadores derivados de los *principios* de la gobernanza, los *actores* y el *entorno* de estudio (Juárez-Aguilar, 2013). En suma, los autores analizan la gobernanza hídrica mediante los problemas o conflictos, los principios, las reglas o normas, los puntos nodales, los procesos y los tipos de actores y redes que inciden en un entorno particular.

Con todo esto se identifica, en tercer lugar, que existen diferentes marcos de análisis de la gobernanza hídrica que buscan integrar varios elementos y posturas, derivados de la herencia teórica de la gobernanza que se revisó en la sección anterior, y que pueden agruparse en tres dimensiones: la política (*politics*), la institucional (*polity*) y la de políticas públicas y sus instrumentos (*policy*). Esta propuesta de dimensiones está basada en: *a*) los procesos políticos e interacciones entre actores estatales y no estatales para tratar de incidir en las políticas públicas; *b*) las reglas del juego, las normas e instituciones que restringen o incentivan y moldean el comportamiento; y *c*) los instrumentos que se emplean para medir el desempeño de las agencias e instituciones (Hernández-Quiñones, 2018). Estas dimensiones constituyen una base para el análisis de la diversidad de los enfoques de la gobernanza hídrica que se encuentran en literatura teórica y de casos empíricos en México, y puede ir desde las formas de intervención total del Estado y los modos de interacción mixta entre actores públicos y privados, hasta formas más cooperativas entre el Estado y la sociedad.

Los productos académicos revisados suelen situar sus análisis en el hecho de que, en México, el sector hídrico fue sujeto de varias transformaciones en la manera en que las instituciones del Estado gestionaban el agua antes de la LAN de 1992, a causa de tres condiciones: 1) el contexto socioeconómico resultante de la crisis económica de 1982; 2) un continuo deterioro de la cantidad y la calidad del agua; y 3) la falta de infraestructura hidráulica e hidroagrícola en algunas regiones del país (Rolland y Vega-Cárdenas, 2010). No obstante, la literatura también es crítica de los problemas de la descentralización administrativa, de los efectos no previstos de la privatización de los servicios públicos y, sobre todo, de la dificultad de instaurar formas comunitarias o colectivas de acceso al agua, los modos de gobernanza, la democracia participativa y la transferencia del poder de la decisión a los ciudadanos bajo el modelo de la GIRH, aún con las modificaciones a la LAN de 2004.

En la dimensión política de la gobernanza hídrica se encuentran trabajos que refieren a acuerdos, coaliciones, arreglos, negociaciones, al igual que conflictos y tensiones entre actores estatales y no estatales en la toma de decisiones, así como a los espacios de concertación entre ellos. Aquí se priorizan la posición y el poder para incidir en las políticas hídricas de distintos tipos de actores, las fuentes de su poder, sus intereses y sus capacidades para incidir en las decisiones finales.

Así mismo, en la dimensión política se encuentra el mayor número de trabajos que indican que, a pesar de existir mecanismos de participación pública descritos en la LAN, los procesos de gobernanza del agua a nivel local no han alcanzado los preceptos de la gobernanza, pues no han sabido incluir a todos los actores afectados y beneficiados, sus prioridades, diferencias (étnicas, de género, sociodemográficas) y responsabilidades. Además, sus capacidades técnicas y recursos de negociación son limitados y lo que deciden en esos espacios no es vinculante, lo que refleja que las instancias de los distintos ámbitos de gobierno aún no muestran apertura a la toma de decisiones y no han sabido coordinar sus esfuerzos, lo que a su vez recrea conflictos sociales y mantiene los problemas ambientales (Chávez-Zárate, 2004; Eakin *et al.*, 2011; Flores, 2012; Funes, 2012; Guerrero-de León *et al.*, 2010; Herrera, 2017; López-Mera y Chávez-Hernández, 2012; Martínez, 2012; Millán, 2012; Mussetta, 2009; Romero-Pérez, 2012; Salcido-Ruiz *et al.*, 2010; Soares-Moraes y Red de Género y Medio Ambiente [RGEMA], 2012).

Respecto a la dimensión institucional, se incluyen los arreglos (reglas, normas y procedimientos) que enmarcan las interacciones entre actores estatales y no estatales (reglas formales y no formales), procesos de cambio institucional, conflictos entre instituciones, espacios formales e informales de concertación y asimetrías de poder, formas de intermediación de intereses, innovación y grado de institucionalización.

Los trabajos situados en dicha dimensión aluden a la importancia del marco institucional de la gestión del agua para facilitar y promover la participación de todos los actores sociales (Domínguez, 2011, 2012); a nuevas formas institucionales de la gobernanza, capaces de superar las limitaciones de otros modelos, tales como la gobernanza adaptativa (Caldera-Ortega y Suárez-Paniagua, 2015); o se enfocan en aspectos sociopolíticos e institucionales transversales (Ochoa-García y Rist, 2018) que proponen otros marcos analíticos de la gobernanza (Pacheco-Vega y Vega, 2008), cuestionan la variedad de definiciones en torno a la gobernanza hídrica (Murillo-Licea, 2012a) y su aplicación en la GIRH (Martínez y Reyna, 2012; Murillo-Licea, 2012b), o bien, consideran las contribuciones de Elinor Ostrom: la gobernanza multinivel y la gobernanza mediante la acción colectiva (Pacheco-Vega, 2014; Valdovinos, 2011; Zurbruggen, 2014).

En la dimensión de las políticas se analizan los tipos y objetivos de políticas e instrumentos (ordenamientos, normatividad sectorial, comando-control, instrumentos

económicos, educativos, información, seguimiento y evaluación), los niveles de integralidad y la capacidad de las agencias públicas para proveer bienes públicos y atender las demandas de la población. En esta dimensión se encuentran trabajos que analizan la gestión del agua potable con base en las determinantes que propone el BID para la calidad de la gobernanza (Peniche-Camps y Guzmán-Arroyo, 2012) y el diagnóstico del Manejo Integral de Cuencas y Cuerpos de Agua (MICCA) (Juárez-Aguilar, 2013), así como trabajos con referencia a la creación de programas para la gestión integral del agua (Ruelas, 2017) y la transición de la gobernabilidad a la gobernanza (Hoogesteger y Wester, 2017; Murillo-Licea y Soares-Moraes, 2013; Wilder, 2010).

Así, la manera en que se asume el concepto de gobernanza hídrica puede agruparse mediante tres dimensiones que permiten analizar las definiciones, los referentes teóricos, los métodos y los elementos reportados en la literatura mexicana. Esta agrupación es ineludible para explicar las distintas formas de gobernanza, así como sus obstáculos y oportunidades, a fin de conseguir los objetivos de la política hídrica actual (mejorar las condiciones para la gobernanza del agua, con el propósito de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción), lo que permite determinar bajo qué modelos, dimensiones y elementos examinar la gobernanza del agua en Baja California.

La gobernanza hídrica en Baja California

De las secciones precedentes se determinó el contenido mínimo del concepto de gobernanza y del análisis de la gobernanza hídrica. Este examen puede hacerse considerando tres dimensiones (política, institucional y de políticas públicas), que al mismo tiempo involucran los elementos referidos a: *a)* los problemas o conflictos; *b)* los principios; *c)* las instituciones, reglas o normas; *d)* los puntos nodales; *e)* los procesos; y *f)* los tipos de actores y sus redes que inciden en el *g)* entorno del modelo de la gestión del agua en Baja California. Sin embargo, la esencia de la GIRH implica que el análisis se realice en un territorio, en este caso, el ámbito de la cuenca, en donde se puede apreciar con más detalle cómo funciona o funcionaría la gobernanza hídrica bajo las dimensiones, los elementos y los preceptos descritos. Considerando lo anterior, en esta sección se analiza brevemente la gobernanza para el caso de Baja California, con la finalidad de reflexionar sobre de las implicaciones de la teoría y la práctica de la gobernanza hídrica en este estado.

Entorno o territorio: el estado de Baja California se sitúa en una zona árida (recarga por precipitación de 168 mm a⁻¹, temperatura promedio de 20° C). Las lluvias suelen ocurrir en invierno, excepto en los años muy húmedos en los que se presenta el fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS) (Conagua, 2017). Este estado norteño depende

de dos tipos de fuentes de agua: 1) superficial, que proviene de escurrimientos naturales intermitentes de cinco regiones hidrológicas (Baja California Noroeste, Baja California Centro-Oeste, Baja California Noreste, Baja California Centro-Este y Río Colorado), con 43 cuencas que tienen una disponibilidad media anual de 564.137 millones de metros cúbicos (Mm^3), incluyendo la parte de dos cuencas transfronterizas con Estados Unidos (río Tijuana y río Colorado, considerando el escurrimiento de la cuenca del río Colorado aguas arriba con los 1 850.234 Mm^3 asignados a México en el Tratado de Aguas de 1944) (Acuerdo, 2016); y 2) subterránea, a través de 48 acuíferos que representan 95.856 Mm^3 de disponibilidad media anual, pero con un déficit de 403.922 Mm^3 (Acuerdo, 2018).

Problemas o conflictos: Baja California tiene un clima que varía entre mediterráneo y extremoso árido con lluvias escasas. Esto significa que, con excepción de los aportes del río Colorado que comparte con Estados Unidos, su abastecimiento de agua es subterráneo. En consecuencia, los acuíferos, el río y los pozos de la mesa arenosa en San Luis Río Colorado, más que los arroyos, las presas (Abelardo L. Rodríguez, Emilio López Zamora, El Carrizo y Las Auras), bordos u otras obras de contención son una de las principales fuentes de abastecimiento en el estado. No obstante, de los 48 acuíferos, 15 están en condiciones de sobreexplotación y ocho acuíferos costeros presentan suelos salinos, agua salobre o intrusión marina (Acuerdo, 2018; Conagua, 2017), lo que limita el uso de agua de calidad para distintas actividades, especialmente para el uso doméstico y la agricultura en los municipios con mayor actividad agrícola (Mexicali y Ensenada).

Además, debido al crecimiento de la población y al consecuente aumento en la demanda de servicios públicos, existe un déficit de cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento (incluidos el tratamiento de aguas residuales y el reúso), así como hay riesgos que enfrentan los centros de población y áreas productivas frente a sismos, sequías e inundaciones (Conagua, 2012). Entre los conflictos vinculados a la gestión del agua en los últimos años, se encuentran la extracción de arena en el Valle de Guadalupe, en Ensenada, y la instalación de la cervecera Constellation Brands Inc., en Mexicali, lo que ha provocado desconfianza respecto a los favores políticos y la honradez de los representantes del gobierno estatal (García-Gómez, 2018).

Actores: aquí se pueden examinar las relaciones de poder entre distintos tipos de sectores y actores que, en un momento dado, pueden incidir a favor o en contra de proyectos y procesos decisorios, sus atribuciones y su interés específico en la gestión del agua. Entre los actores estratégicos en la entidad se encuentran la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA); la recién creada Secretaría para el Manejo, Saneamiento y Protección del Agua de Baja California; la Comisión Estatal de Agua de Baja California (CEABC) y su Instituto

Estatad del Agua; la Conagua, a través del Organismo de Cuenca, el Consejo de Cuenca de Baja California y el municipio de San Luis Río Colorado y órganos auxiliares (Comisión de Cuenca del Río Colorado, cuatro Comités de Playas Limpias, 12 Comités Técnicos de Agua Subterránea [Cotas] y el Grupo Especializado de Humedales del Delta del Río Colorado); la Secretaría del Campo y Seguridad Alimentaria; la Secretaría de Infraestructura, Desarrollo Urbano y Reordenación Territorial; la Semarnat; la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y las Comisiones Estatales de Servicios Públicos (CESP), pues son las agencias de gobierno que tienen las facultades y competencias legales para la gestión del agua en el estado, así como para atender los problemas públicos descritos.

Entre los actores relevantes se incluyen organizaciones empresariales (la Cámara Nacional de la Industria de Transformación [Canacintra]), el sector académico (Universidad Autónoma de Baja California [UABC], el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada [CICESE], El Colegio de la Frontera Norte [El Colef]), organizaciones civiles (Pronatura, Terra Peninsular, WildCoast) y de profesionistas (Colegios), propietarios de derechos y representantes de distintos usos (industrial, agrícola, público urbano, acuacultura, pecuario, energía eléctrica) que participan en el Distrito de Riego 014, los Cotas y los comités de agua potable locales. También hay sectores que no cuentan con poder de decisión, pero que se ven afectados por las decisiones sobre la gestión del agua: los grupos étnicos, los grupos vulnerables y los ciudadanos no organizados. El mapa y redes de actores sociales varían dependiendo del problema o conflicto hídrico por atender.

Espacios de encuentro o puntos nodales: en Baja California se han creado espacios de diálogo y negociación sobre el manejo del agua en diferentes ámbitos. Los más conocidos son los que promueve la Conagua, tales como las asambleas quincenales o mensuales del Consejo de Cuenca, la Comisión de Cuenca del Río Colorado, los Comités de Playas Limpias, los Cotas y los Grupos Especializados. Estos mecanismos de participación fueron creados para promover la cultura del agua y la participación democrática en la GIRH, monitorear las condiciones del agua, representar los intereses de los usuarios de agua ante la Conagua, prevenir conflictos y colaborar en decisiones, principalmente. No obstante, este tipo de espacios, en ocasiones, recrean el centralismo y los conflictos de poder, la ausencia de legitimidad, representatividad y credibilidad entre los actores, así como la falta de recursos disponibles (infraestructura, presupuesto, personal) para ejecutar los acuerdos (Villada-Canela *et al.*, 2019).

Reglas y normas: en el ámbito transfronterizo, los instrumentos de colaboración internacional más importantes son los que involucran a la CILA, la Conagua y al gobierno

del estado en la gestión del agua proveniente del río Colorado. En el ámbito nacional, la LAN especifica el arreglo institucional para la facilitar la gobernanza a través de la participación social en la toma de decisiones, la descentralización y el mejoramiento de la gestión del agua a nivel de cuenca hidrológica, esto mediante los puntos nodales. En lo estatal, la CEABC y las CESP son las instancias gubernamentales encargadas de ejecutar la política hídrica, así como de planear y coordinar las acciones pertinentes para que la población cuente con infraestructura hidráulica.

Principios: la confluencia de al menos tres instituciones de investigación (UABC, CICESE, El Colef) ha propiciado la generación de datos y el análisis del estado de la cantidad, calidad y gestión del agua. Si bien se cuenta con datos publicados en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) y con los ofrecidos por la Conagua, en Baja California sólo se publicó un resumen del Programa Hídrico del Estado de Baja California (PHEBC) (Programa Hídrico del Estado de Baja California. Visión 2035, 2018), que estuvo en elaboración desde 2014. Quienes soliciten el documento completo en las oficinas de la CEABC, constatarán que el PHEBC da cuenta de la información disponible para que la CEABC y sus comisiones municipales decidan la política hídrica estatal, lo que alude a la coherencia, transparencia y rendición de cuentas de estas entidades. En el Plan Estatal de Desarrollo 2020-2024 se menciona la elaboración de un nuevo Programa Hídrico 2020-2024 (Plan Estatal de Desarrollo de Baja California, 2020).

Los retos de la gobernanza hídrica en Baja California

Como se ha visto hasta aquí, el análisis breve de la situación del agua en Baja California –además de un desafío de la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos, de acuerdo con la política hídrica mexicana– exhibe oportunidades para implementar estrategias integrales de gestión que, más que una *meta*, consideren los preceptos, las dimensiones y los elementos de gobernanza hídrica como un *medio* para revertir o atenuar los efectos de la degradación del agua en las fuentes de abastecimiento del estado, principalmente del agua subterránea.

Más que la dependencia del agua del río Colorado, es la situación de los acuíferos sobreexplotados o contaminados en esta región árida lo que altera el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua de calidad, lo cual, por tanto, redistribuye los costos y beneficios de manera temporal, espacial y social. Esto significa que el diseño de una estrategia de gestión del agua debe incluir dos tipos de opciones para que constituya un modelo de gobernanza hídrica efectiva: 1) intervenciones para la gestión de la demanda; y 2) medidas técnico-ingenieriles para incrementar la oferta (Foster *et al.*, 2004; Molle *et al.*, 2018).

Una estrategia integral de gestión del agua, en las condiciones del estado de Baja California, puede incluir: *a*) la descripción del problema o el conflicto (aspectos biofísicos y humanos implicados en el deterioro de la cantidad y calidad del agua); *b*) el diagnóstico actual de la disponibilidad y calidad del agua, de las soluciones técnico-ingenieriles disponibles, al igual que de los servicios ambientales que ofrecen las fuentes de abastecimiento y de los modelos de gestión que favorezcan la gobernanza hídrica; *c*) los marcos legal, institucional y político de la gestión actual del agua; *d*) el costo-beneficio de las opciones de gestión; y *e*) un plan o programa de implementación, como en el caso del Programa Hídrico del Estado de Baja California (PHEBC).

En la descripción del problema se deben determinar las cuestiones socioambientales inherentes a la zona árida. Los aspectos biofísicos refieren a los impactos de la sobreexplotación de acuíferos, tales como el secado del flujo base de los arroyos (si existen y dependen del acuífero), la intrusión marina (en el caso de acuíferos costeros) a lo largo de la costa, los suelos salinos y el agua salobre, la compactación y el hundimiento de la tierra, la disminución de los niveles freáticos, los cambios en los procesos biogeoquímicos y el aumento de los costos de extracción (Foster *et al.*, 2004; Molle *et al.*, 2018). A su vez, el agua de los acuíferos también puede contaminarse debido a la presencia de microorganismos patógenos del Agua Residual (AR) que se infiltra por descargas domésticas (fugas del alcantarillado, fosas sépticas), residuos de agroquímicos (nitratos, amonio, plaguicidas), actividades forestales, extracción de minerales o descargas de industrias (Foster *et al.*, 2004).

Respecto a los aspectos humanos, pueden existir tensiones entre usuarios del agua subterránea que cuentan con el capital necesario para hacer más profundos sus pozos (o instalar desaladoras) y aquellos que no lo tienen (Molle *et al.*, 2018). Además, puede haber conflictos de poder entre los usuarios debido a la prelación de los usos del agua (concesiones y asignaciones); a la falta de información, legitimidad, representatividad y credibilidad en la toma de decisiones gubernamentales; a los estancamientos burocráticos, y a la falta de voluntad cívica y política para ejecutar los acuerdos.

En esta etapa de diagnóstico de las fuentes de agua, particularmente las subterráneas, se deben evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y socioeconómicas del recurso hídrico y del suelo mediante: *a*) hidrogeología con mapas y perfiles litológicos, balances de agua de los acuíferos considerando el ciclo hidrológico, tendencias históricas del agua subterránea (variación piezométrica), vínculos e interacciones químicas entre el agua subterránea y el agua residual (también en caso de existir recarga artificial de acuíferos con Agua Residual Tratada [ART]), interacciones roca-suelo, análisis de los microorganismos patógenos presentes, así como evaluación de subsidios y medidas (políticas) que alteren la recarga natural o la extracción (energía, pozos, culti-

vos, cambios de uso de suelo); *b*) modelos de simulación de la calidad del agua subterránea: datos de cloruros en pozos costeros (evidencia de la presencia de agua salobre e intrusión marina), parámetros fisicoquímicos, riesgo de contaminación por el uso del suelo y actividades económicas, vulnerabilidad de los acuíferos; y *c*) servicios ambientales de los acuíferos: usos del agua; diseño de escenarios socioeconómicos (prospectiva) con los actores estratégicos, relevantes y afectados; futuras demandas de agua; rendimiento de los acuíferos considerando caudales ecológicos, vedas o reservas, y opciones para estabilizar los acuíferos (Cheng y Ouazar, 2004; Foster *et al.*, 2004).

En este sentido, entre las opciones técnico-ingenieriles para estabilizar o recuperar acuíferos en zonas áridas se encuentran las siguientes: *a*) la Recarga Manejada de Acuíferos o gestión de recarga de acuíferos (MAR, por sus siglas en inglés); *b*) el almacenamiento y la recuperación (ASR, por sus siglas en inglés); y *c*) el uso de ART para riego agrícola (recarga incidental) para la recarga artificial de acuíferos, que puede ayudar a detener el deterioro del agua subterránea mediante un sistema «Tratamiento Suelo-Acuífero» (Dillon, 2005). Sin embargo, la recarga con ART también puede incidir en la presencia de microorganismos patógenos y en la lixiviación de contaminantes orgánicos e inorgánicos (Asano *et al.*, 2006). Por ello, deben monitorearse continuamente los niveles de los contaminantes en los acuíferos.

Este monitoreo o estudio de la calidad del agua de acuíferos debe incluir: *a*) métodos geofísicos (mediciones de campos eléctricos y magnéticos); *b*) análisis hidrogeoquímicos (iones mayores, metales traza, especies de nitrógeno, microbiológicos, carbonatos, estado de oxígeno y orgánicos); y *c*) determinación de procesos de migración de contaminantes (adsorción, mineralización, biodegradación). A fin de identificar las fuentes del agua de los acuíferos (ríos, arroyos, escorrentías, agua residual, ART), se estudia la composición isotópica de los isótopos estables $\delta^2\text{H}$ (Deuterio, D) y $\delta^{18}\text{O}$ (Oxígeno 18) que permitan explicar el aumento de la salinidad del agua (Gilbert-Alarcón *et al.*, 2018), para así determinar las zonas más probables de recarga.

Otra medida que los agricultores han impulsado en Baja California es el uso de desaladoras de agua de pozo, sobre todo en los valles agrícolas de Ensenada (San Quintín, Maneadero). No obstante que la desalinización es calificada como una innovación tecnológica para cumplir con la producción agrícola de acuerdo con los estándares internacionales (Velasco-Aulcy *et al.*, 2017), usando agua subterránea con altas concentraciones de Sólidos Disueltos Totales (SDT) por la intrusión marina, o bien, directamente del agua de mar, es cuestionable como una medida ambientalmente sostenible (por el vertido de agua de rechazo) y económicamente viable (debido a que agrega nuevos costos a la producción).

En cuanto a los mecanismos de gestión que facilitan la gobernanza, se consideran las responsabilidades, es decir, los afectados positiva y negativamente en la gestión, a

través de: *a*) el marco jurídico aplicable: la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las leyes, los reglamentos, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las Normas Técnicas (NMX), así como los derechos de agua, los permisos de descarga, las asignaciones y las concesiones; *b*) los arreglos institucionales y el análisis de actores relevantes por ámbitos que ya fueron descritos, pero que pueden aumentar o detallarse de acuerdo con cada cuenca o acuífero particular; y *c*) la política en materia hídrica (modelo de GIRH por cuencas, Programa Nacional Hídrico vigente, Programa Hídrico Regional Visión 2030, planes o programas estatales y municipales del agua).

En el análisis costo-beneficio de las opciones de gestión se toman en cuenta las alternativas descritas y sus implicaciones económicas: el análisis del valor económico del agua subterránea (por ejemplo, el método de valoración contingente o de disponibilidad a pagar por parte de los usuarios), la factibilidad de implementar un sistema de precios por extracción, el análisis del costo-beneficio de las opciones a ejecutar en la estrategia de recuperación del acuífero, los costos del programa de monitoreo y las externalidades (Conagua, 2012), así como el funcionamiento del Sistema Financiero del Agua (SFA).

Finalmente, el programa o plan de manejo se realiza con una intención: crear un *mapa de ruta* que describa: *a*) la participación de usuarios y grupos de actores interesados, con programas de inclusión activa, capacitación, comunicación e intercambio de información que permitan cambiar el comportamiento humano insostenible; y *b*) requerimientos de las redes de monitoreo (telemetría) y supervisión de la eficacia y eficiencia del plan mediante la calendarización de las actividades (Conagua, 2012). De esta forma, se debe evaluar si el plan o programa realmente ayudó a conseguir las *metas* de la política hídrica, a través del *proceso* de gobernanza, es decir, si contribuyó a revertir o a atenuar los efectos del deterioro de la cantidad y la calidad del agua, mediante estrategias ambientalmente sostenibles, económicamente factibles, técnicamente viables y, ante todo, socialmente aceptables.

Conclusiones

En este capítulo se analizaron las definiciones, los preceptos, las dimensiones y los elementos de la gobernanza del agua que han guiado a la política hídrica y a la literatura académica mexicana, con la finalidad de entender la GIRH en México. Se encontró que la gobernanza juega más un papel como una *meta* del modelo de la gestión del agua que como un *proceso* para fortalecer una toma de decisiones transparente, informada, participativa y corresponsable en materia hídrica.

Se reflexionó empíricamente sobre la gobernanza hídrica en Baja California y se halló que, en la práctica, hay mayor presión para el uso de tecnologías alternas

(desalinización, reúso de ART, recarga artificial de acuíferos) y a favor de cambios en la planeación y operación de los servicios de agua. Por ello, se propuso una manera de alcanzar una descentralización del poder no sólo mediante obras para incrementar la oferta, sino también a través de acciones para gestionar la demanda del agua e instaurar modos de gobernanza en el ámbito local. De esta forma, este capítulo puede contribuir a una mejor comprensión de las implicaciones de la gobernanza del agua como una vía y no como un discurso para superar los conflictos socioeconómicos asociados al deterioro de la cantidad y la calidad del agua en esta región árida.

Referencias

- Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 4 de enero de 2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018
- Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 7 de julio de 2016. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5443858&fecha=07/07/2016
- Aguilar-Villanueva, L. F. (2006). *Gobernanza y gestión pública*. FCE.
- Asano, T., Burton, F., Leverenz, H., Tsuchihashi, R. y Tchobanoglous, G. (2006). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. McGraw-Hill Education.
- Banco Mundial. (2018). Panorama general del buen gobierno. <https://www.bancomundial.org/es/topic/governance/overview>
- Caldera-Ortega, A. y Suárez-Paniagua, S. (2015). La creación de instituciones de gobernanza adaptativa para resolver la crisis del agua en Guanajuato. En F. Barrientos del Monte (edit.), *Desarrollo humano, economía y democracia en Guanajuato* (pp. 227-244). Universidad de Guanajuato.
- Cerrillo i Martínez, A. (2005). La gobernanza hoy: Introducción. En A. Cerrillo i Martínez (coord.), *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia* (pp. 11-36). INAP.
- Chávez-Zárate, G. (2004). Del gobierno a la gobernabilidad de los recursos hídricos en México. En H. Cotler (comp.), *El manejo integral de cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental* (pp. 185-193). Semarnat-INE.
- Cheng, A. y Ouazar, D. (2004). *Coastal Aquifer Management: Monitoring, Modeling, and Case Studies*. Lewis Publishers.

- Comisión de las Comunidades Europeas (CCE). (2001). *La gobernanza europea: Un Libro Blanco*. Autor. <http://www.bioeticanet.info/documentos/GobernanzaEuropea01.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2006). *Water Governance for Development and Sustainability*. ECLAC.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2012). *Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa I Península de Baja California*. Semarnat.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2017). *Estadísticas del agua en México. Edición 2017*. Conagua/Semarnat. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2020). Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Semarnat. http://201.116.60.46/DatosAbiertos/PNH_Resumen.pdf
- Dillon, P. (2005). Future Management of Aquifer Recharge. *Hydrogeology Journal*, 13, 313-316.
- Domínguez, J. (2011). Obstáculos para una gobernanza efectiva. Estudio de la región hidrológica X Golfo Centro. En Ú. Oswald (coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp. 625-638). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05432-7_33
- Domínguez, J. (2012). Gobernanza urbana del agua: Los problemas por resolver en las ciudades latinoamericanas. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación* (pp. 255-296). IMTA.
- Eakin, H., Eriksen, S., Eikeland, P. O. y Flyen, C. (2011). Public Sector Reform and Governance for Adaptation: Implications of New Public Management for Adaptive Capacity in Mexico and Norway. *Environmental Management*, 47(3), 338-351.
- Flores, R. (2012). Los consejos de cuenca en México como espacio de gobernanza. El caso de la cuenca Lerma-Chapala durante la sequía de 1997-2003. En H. Ochoa-García y H.-J. Bürkner (coords.), *Gobernanza y gestión del agua en el occidente de México: La metrópoli de Guadalajara* (pp. 73-100). ITESO.
- Foster, S., Tuinhof, A., Kemper, K., Garduño, H. y Nanni, M. (2004). *Estrategias para la gestión del agua subterránea: Facetas del enfoque integrado*. (Serie de notas informativas. Nota 3). Banco Mundial.
- Funes, S. (2012). Reformas y gobernanza en el sector del agua. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación* (pp. 115-183). IMTA.
- García-Gómez, J. (2018). Autogestión: La visión que falta en la gestión del agua en Baja California. *Frontera Norte*, 30(59), 185-192.
- Gilabert-Alarcón, C., Daesslé, L., Salgado-Méndez, S., Pérez-Flores, M., Knöllner, K., Kretschmar, T. y Stumpp, C. (2018). Effects of Reclaimed Water Discharge in the

- Manadero Coastal Aquifer, Baja California, Mexico. *Applied Geochemistry*, 92, 121-139.
- Guerrero-de León, A. A., Gerritsen, P. R. W., Martínez-Rivera, L. M., Salcido-Ruiz, S., Meza-Rodríguez, D. y Bustos-Santana, H. R. (2010). Gobernanza y participación social en la gestión del agua en la microcuenca El Cangrejo, en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 10(33), 541-567.
- Hernández-Quiñones, A. (2018). Modos de gobernanza y gobernanza del agua: Aproximaciones conceptuales. En A. Hernández-Quiñones (comp.), *Modos de gobernanza del agua y sostenibilidad. Aportes conceptuales y análisis de experiencias en Colombia* (pp. 27-72). Ediciones Uniandes.
- Herrera, V. (2017). From Participatory Promises to Partisan Capture: Local Democratic Transitions and Mexican Water Politics. *Comparative Politics*, 49(4), 479-499.
- Hoogesteger, J. y Wester, P. (2017). Regulating Groundwater Use: The Challenges of Policy Implementation in Guanajuato, Central Mexico. *Environmental Science and Policy*, 77, 107-113.
- Hufty, M. (2009). Una propuesta para concretar el concepto de gobernanza: El marco analítico de la gobernanza. En H. Mazurek (coord.), *Gobernabilidad y gobernanza* (pp. 77-100). IFEA-IRD.
- Juárez-Aguilar, A. (2013). Construcción de indicadores de gobernanza para el manejo integral de cuencas. En S. Peniche-Camps, M. G. Romero-Morett, J. H. Cortés-Fregoso, F. González-González, M. Guzmán-Arroyo, E. Macías-Franco y G. Zavala-García (coords.), *Gobernanza del agua en las ciudades* (pp. 171-194). Universidad de Guadalajara.
- Kaufmann, D., Kraay, A. y Mastruzzi, M. (2011). The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues. *Hague Journal on the Rule of Law*, 3(2), 220-246.
- Kooiman, J. (1993). *Modern Governance. New Government-Society Interactions*. SAGE.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN). *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 11 de agosto de 2004. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>
- López-Mera, R. y Chávez-Hernández, P. (2012). Gobernanza del agua y participación social. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 396-439). IMTA.
- Martínez, J. (2012). Resistencia y gobernabilidad en los territorios indígenas: Autonomía, acceso y manejo de los recursos naturales tierra y agua. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 356-395). IMTA.

- Martínez, P. y Reyna, F. (2012). Gobernanza. Reflexiones desde la gestión pública. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 17-38). IMTA.
- Mayntz, R. (2005). Nuevos desafíos de la teoría de la gobernanza. En A. Cerrillo i Martínez (coord.), *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia* (pp. 83-98). INAP.
- Millán, G. (2012). Conflictividad y gobernanza del agua. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 322-355). IMTA.
- Molle, F., López-Gunn, E. y Van Steenberg, F. (2018). The Local and National Politics of Groundwater Overexploitation. *Water Alternatives*, 11(3), 445-457.
- Murillo-Licea, D. (2012a). Gobernanza del agua, conceptos, consensos y disensos. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación*. (pp. 39-78). IMTA.
- Murillo-Licea, D. (2012b). La trampa de la gobernanza del agua. Problemas del traslado del concepto a la aplicación. En D. Murillo (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 79-114). IMTA.
- Murillo-Licea, D. y Soares-Moraes, D. (2013). El péndulo de la gobernabilidad y la gobernanza del agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(3), 149-163.
- Mussetta, P. (2009). Participación y gobernanza. El modelo de gobierno del agua en México. *Espacios Públicos*, 12(25), 66-84.
- Ochoa-García, H. y Rist, S. (2018). Water Justice and Integrated Water Resources Management: Constitutionality Processes Favoring Sustainable Water Governance in Mexico. *Human Ecology*, 46(1), 51-64.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2011). *Water Governance in OECD Countries: A Multi-Level Approach*. Autor. http://www.fwr.org/WQreg/Appendices/Water_in_OECD_countries_-_multi-level_approach_48885867.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2012). *Gobernabilidad del agua en América Latina y el Caribe: Un enfoque multinivel*. Autor.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2013). *Hacer posible la reforma de la gestión del agua en México*. Autor.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2018). *Implementing the OCDE Principles on Water Governance. Indicator Framework and Evolving Practices*. Autor.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.

- Ostrom, E. (1996). Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development. *World Development*, 24(6), 1 073-1 087.
- Pacheco-Vega, R. (2014). Ostrom y la gobernanza del agua en México. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(número especial), 137-166.
- Pacheco-Vega, R. y Vega, O. (2008). Los debates sobre la gobernanza del agua: Hacia una agenda de investigación en México. En D. Soares, S. Vargas y M. R. Nuño (eds.), *La gestión de recursos hidráulicos: Realidades y perspectivas* (pp. 57-86). (Tomo I). IMTA/Universidad de Guadalajara.
- Pardo, M. D. (comp.). (2004). *De la administración pública a la gobernanza*. Centro de Estudios Internacionales-El Colmex.
- Peniche-Camps, S. y Guzmán-Arroyo, M. (2012). La gobernanza del agua en Jalisco. En H. Ochoa-García y H.-J. Bürkner (coords.), *Gobernanza y gestión del agua en el occidente de México: La metrópoli de Guadalajara* (pp. 101-128). ITESO.
- Peña, H. y Solanes, M. (13 a 26 de marzo de 2003). Effective Water Governance in the Americas: The Key Issue [ponencia]. En *Tercer Foro Mundial del Agua*. Kyoto: Global Water Partnership.
- Peters, G. y Pierre, J. (2005). ¿Por qué ahora el interés por la gobernanza? En A. Cerrillo i Martínez (coord.), *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia* (pp. 145-172). INAP.
- Plan Estatal de Desarrollo de Baja California. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, Mexicali, Baja California, 6 de marzo de 2020. <https://wsextbc.ebajacalifornia.gob.mx/CdnBc/api/Imagenes/ObtenerImagenDeSistema?sistemaSolicitante=PeriodicoOficial/2020/Marzo&nombreArchivo=Periodico-13-CXXVII-202036-SECCI%C3%93N%20IV.pdf&descargar=false>
- Programa Hídrico del Estado de Baja California. *Visión 2035. Periódico Oficial del Estado de Baja California*, Mexicali, Baja California, 14 de diciembre de 2018. <https://wsextbc.ebajacalifornia.gob.mx/CdnBc/api/Imagenes/ObtenerImagenDeSistema?sistemaSolicitante=PeriodicoOficial/2018/Diciembre&nombreArchivo=Periodico-57-CXXV-20181214-SECCI%C3%93N%20I.pdf&descargar=false>
- Rhodes, R. (2005). La nueva gobernanza: Gobernar sin gobierno. En A. Cerrillo i Martínez (coord.), *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia* (pp. 99-122). INAP.
- Rogers, P. (2002). *Water Governance in Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.
- Rogers, P. y Hall, A. W. (2003). *Effective Water Governance. TEC Background Papers 7*. Technical Committee-Global Water Partnership.
- Rolland, L. y Vega-Cárdenas, Y. (2010). La gestión del agua en México. *Polis*, 6(2), 155-188.

- Romero-Pérez, R. (2012). La transformación del sistema de representación de intereses de las asociaciones de riego y la gobernanza en México. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 217-254). IMTA.
- Rondinelli, D. A. y Blunt, P. (1997). *Reconceptualising Governance*. United Nations Development Programme.
- Ruelas, L. (2017). Programa de Gestión Integral del río Necaxa, una subcuenca de montaña. En *Gobernanza para el manejo integral de cuencas: El programa de gestión del río Necaxa, una subcuenca de montaña* (pp. 47-144). Colegio de Veracruz.
- Salcido-Ruiz, S., Gerritsen, P. R. y Martínez-Rivera, L. M. (2010). Gobernanza del agua a nivel local: Estudio de caso en el municipio de Zapotitlán de Vadillo, Jalisco. *El Cotidiano*, 162, 83-89.
- Soares-Moraes, D. y Red de Género y Medio Ambiente (RGEMA). (2012). Gobernanza del agua y género. En D. Murillo-Licea (coord.), *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación* (pp. 184-216). IMTA.
- Valdovinos, J. (2011). De la gestión local a la gobernanza global: Actores e interacciones multi-niveles en la gestión del agua en la Ciudad de México. *Regions and Cohesion*, 1(3), 34-66.
- Velasco-Aulcy, L., De la O Burrola, V., Morales-Zamorano, L. A. y Ruiz-Carvajal, J. S. (2017). Innovación en uso del agua en empresas agrícolas del Valle de San Quintín, Baja California. *Revista Global de Negocios*, 5(6), 99-106.
- Villada-Canela, M., Martínez-Segura, N. B., Daesslé, L. W., Mendoza-Espinosa, L. G. (2019). Fundamentals, Obstacles and Challenges of Public Participation in Water Management in Mexico. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(3), 12-46.
- Wilder, M. (2010). Water Governance in Mexico: Political and Economic Apertures and a Shifting State-Citizen Relationship. *Ecology and Society*, 15(2), 22.
- Zurbriggen, C. (2014). Políticas latinoamericanas en la gestión del agua: De la gobernanza neoliberal a una gobernanza pública. *Agua y Territorio*, 3, 89-100.

Capacidades locales y gestión binacional del agua: El Valle del Río Grande y los municipios fronterizos de Tamaulipas

José Luis Castro Ruiz

Introducción

En su calidad de bien global, el manejo del agua involucra a las naciones, las comunidades y los individuos, tanto en términos de sus derechos de acceso en calidad, cantidad y oportunidad, como de las formas en que se desarrolla ese manejo bajo la influencia de contextos diferentes. Las dinámicas globalizadoras de las últimas décadas han implicado cambios en los estudios sobre la gestión de los recursos hídricos transfronterizos. Existe, por un lado, una mayor presencia de actores en los espacios subnacionales adyacentes a las cuencas compartidas internacionalmente, dando lugar al surgimiento de vínculos con las contrapartes fuera de los ámbitos gubernamentales. Por otro lado, es mayor el conocimiento en torno a los factores que inciden en los escenarios representativos de cuencas internacionales en la actualidad (Castro-Ruiz *et al.*, 2011).

La región fronteriza entre México y Estados Unidos presenta grandes contrastes que surgen de la convergencia histórica de dos modelos de desarrollo muy diferentes y asimétricos. En el ámbito de la gestión del agua, las estructuras institucionales y político-administrativas que inciden en los niveles subnacionales tienen manifestaciones operativas con marcadas diferencias en niveles de organización, autonomía, eficiencia y capacidad financiera y de planeación, entre otras características. Al mismo tiempo, se ha hecho evidente el surgimiento de diferentes actores fuera de la esfera del gobierno a ambos lados de la frontera, cuyas iniciativas binacionales han complementado, y en ocasiones promovido, el trabajo mismo de las instancias gubernamentales (Castro-Ruiz *et al.*, 2018). Estas tendencias han representado una base de sustento para diferentes planteamientos sobre la existencia de oportunidades claras para la cooperación entre los dos países en los ámbitos subnacionales (Brown, 2002; Brown *et al.*, 2003; Brown y Mumme, 2000; Mumme *et al.*, 2014).

El presente trabajo se enmarca en las tendencias globalizadoras relacionadas con el empoderamiento de los niveles locales en cuencas transfronterizas internacionales, y explora la existencia de capacidades locales en torno a la gestión del agua en una de las regiones con mayor desarrollo urbano a lo largo de la frontera común entre México y Estados Unidos: la cuenca baja del río Bravo en el conglomerado que integran el Valle del Río Grande (VRG) y los municipios tamaulipecos adyacentes (véase mapa 1). En este capítulo se comparan las características y capacidades que muestran los actores fuera y dentro del ámbito gubernamental, así como sus relaciones a cada lado de la frontera, en el contexto de las diferencias estructurales entre ambos países y de la historia común de esta región. El análisis se basa parcialmente en los resultados de campo de un proyecto sobre estrategias de gestión en cuencas transfronterizas,¹ y la reflexión se desarrolla en términos del potencial existente para el manejo de este recurso en un marco de cooperación binacional que busque el manejo sostenible de sus recursos hídricos compartidos.

El capítulo consta de cinco secciones. A partir de esta introducción, se presentan algunas pautas sobre las tendencias globales relacionadas con el empoderamiento de los espacios locales y sus efectos en cuencas transfronterizas, así como la experiencia actual de este tipo de procesos en otras regiones binacionales a lo largo de la frontera común, en relación con la gestión del agua. A continuación se abordan las características más sobresalientes de la región VRG-municipios tamaulipecos y su evolución histórica común. En la tercera y cuarta secciones se analizan la presencia y las capacidades de los actores involucrados en la gestión del agua a cada lado de la línea fronteriza y sus posibles nexos en términos de su potencial para la cooperación binacional, así como las implicaciones de las políticas hídricas nacionales que inciden a esos niveles. El trabajo finaliza con un apartado de discusión y conclusiones sobre las capacidades locales y sus posibilidades en el marco de una gestión cooperativa y sustentable de los recursos hídricos de esta región.

Capacidades locales en la frontera México-Estados Unidos

La década de 1980 y los procesos globalizadores que tuvieron lugar en la misma conllevaron diferentes cambios en el abordaje y estudio de las problemáticas relacionadas con los recursos hídricos compartidos internacionalmente. Dos aspectos sobresalen dentro

¹ «Recursos hídricos y desarrollo sustentable: Estrategias de gestión de los actores sociales y gubernamentales en tres cuencas transfronterizas entre México y Estados Unidos» (2016), financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). El autor agradece el apoyo otorgado por el Consejo.

de dicha tendencia: primeramente, un énfasis en el estudio de las cuencas internacionales, como los espacios donde están incidiendo los efectos del crecimiento poblacional en los recursos de agua dulce disponibles, y sus implicaciones en términos de escenarios posibles de conflicto y cooperación. En segundo término están los procesos que han intervenido en los ámbitos políticos y económicos internacionales, y su influencia en las nociones tradicionales sobre soberanía y cooperación.

En el primer caso, en las últimas décadas se ha testificado un creciente interés tanto teórico como empírico en el estudio de las cuencas internacionales del planeta, con un énfasis general en la identificación de los factores generadores de conflicto y cooperación (Elhance, 1999; Salman, 2006; United Nations-Water [UN-Water], 2008). Entre los puntos relevantes de esta investigación, se ha establecido que las aguas transfronterizas compartidas promueven más esquemas cooperativos que de conflicto, bajo la condición de que los posibles focos de conflicto sean objetivamente identificados y de que existan estructuras institucionales para la cooperación, como son los tratados internacionales, que han mostrado ser muy resilientes en el tiempo (Uitto y Duda, 2002; Wolf, 1998). En aspectos más precisos, Giordano *et al.* (2002) prueban la relación existente entre las políticas domésticas de un país y su participación en proyectos hídricos a nivel internacional, en tanto que Matthews y St. Germain (2007) encuentran que las funciones específicas de una frontera están vinculadas con su grado de permeabilidad, y que el mejor esquema de manejo transfronterizo del agua implica buscar métodos para reducir la impermeabilidad fronteriza.

En segundo término, los procesos de apertura hacia la interacción transnacional y la cooperación han sido entendidos no únicamente como fenómenos de creciente expansión horizontal, sino también en una dimensión vertical esencial, caracterizada por una integración directa de los procesos locales y globales, y los correspondientes cambios en las unidades, entidades y actores involucrados (Blatter *et al.*, 2001).² Esta percepción ha dado pie al cuestionamiento del Estado-nación, sus instituciones y actores como una unidad crecientemente disfuncional para entender y manejar la cada vez mayor interdependencia con la economía global (Finger *et al.*, 2005; Ohmae, 1993). De acuerdo con Levi (2006), el paradigma del Estado céntrico se sustenta en dos axiomas: la supremacía del Estado sobre la sociedad civil y la predominancia de los Estados en la esfera de la política internacional. Los procesos globalizadores han puesto en tela de juicio estos postulados, a través de la formación de una sociedad civil global, compuesta de una multiplicidad de organizaciones no gubernamentales de naturaleza internacional

² Estos procesos han sido descritos bajo el término de *glocalización*, que implica una integración de los conceptos de globalización y localización, y pone énfasis en la importancia de los mismos sobre los niveles nacionales, incluyendo a las unidades, las entidades y los actores correspondientes.

(ONGI), cuya dinámica escapa al control de los Estados, compitiendo a la vez con ellos en el proceso de toma de decisiones en los grandes temas de la política internacional, por medio de la creación de redes de conocimiento y valores compartidos (Blatter *et al.*, 2001; Levi, 2006).

Un concepto que adquiere nuevas dimensiones en el marco de los procesos globalizadores es la gobernanza, como resultado de la crítica a la política tradicional del Estado-nación y los elementos que la componen (actores e instituciones a diferentes niveles) (Finger *et al.*, 2005; Pahl-Wost *et al.*, 2008). En este sentido, se reconoce la capacidad de la gobernanza ante los nuevos desafíos en el presente siglo, a través de nuevas formas, más cooperativas, con la presencia de nuevos actores y una evolución en los roles tradicionales, al tiempo de captar las nuevas interrelaciones. Una noción que surge en esta dirección es la de la gobernanza multinivel, como integradora de las nuevas conceptualizaciones y prácticas a diferentes niveles (local, regional, nacional, global), lo que implica una estructuración lógica a partir de las funciones en cada uno de ellos (Finger *et al.*, 2005).

Los cambios mencionados han determinado un panorama nuevo en torno al estudio de la gestión de los recursos hídricos transfronterizos, el cual se ha manifestado en la identificación de actores no gubernamentales en los espacios subnacionales contiguos en las cuencas hídricas internacionales, lo que ha llevado al establecimiento de vínculos complementarios con las contrapartes y con los mismos representantes gubernamentales a esos niveles, amén de potenciar un conocimiento mayor sobre los factores económicos, sociales, políticos y ambientales que inciden en dichos espacios compartidos.

La región fronteriza entre México y Estados Unidos cuenta con una historia de experiencias colaborativas donde las capacidades locales han jugado un papel importante. El Acuerdo de La Paz,³ de 1983, sentó las bases para la puesta en marcha de programas binacionales de cooperación ambiental entre ambos gobiernos, cuyas características han incluido un énfasis en la participación pública a distintos niveles. En los años posteriores al Acuerdo, surgieron, por un lado, los Programas Frontera XXI 2012 y 2020,⁴

³ Llamado así por la ciudad mexicana donde se signó, el Acuerdo de cooperación entre México y Estados Unidos para la protección y el mejoramiento del ambiente en el área fronteriza es un convenio marco bajo el cual ambos países se comprometían a consultarse y a revisar la problemática ambiental a lo largo de la zona fronteriza, además establecía los mecanismos para el trabajo operativo de ambos gobiernos.

⁴ El Programa Frontera XXI se puso en marcha en 1996 para instrumentar los términos del Acuerdo de La Paz, bajo la coordinación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) y la Agencia de Protección al Ambiente estadounidense (EPA, por sus siglas en inglés). A éste le siguieron Frontera 2012, en 2003, y Frontera 2020, en 2012, ambos con estructura y líneas generales similares al primero.

con una estructura con base en grupos regionales binacionales a lo largo de la frontera, enfocados en problemáticas ambientales específicas y asistencia técnica local en tareas más puntuales; y, por otro lado, las instituciones creadas en 1993 a raíz del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN): la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (Cocef) y el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), con el objetivo de certificar y financiar proyectos de infraestructura ambiental con un importante componente de insumo público local en esos procesos. En términos generales, estas experiencias permitieron no sólo tener avances en términos de sus objetivos específicos, sino potenciar el diálogo binacional a los niveles regionales y locales en torno a la protección ambiental y a la preservación de los recursos naturales, particularmente el agua (Mumme y Collins, 2014).

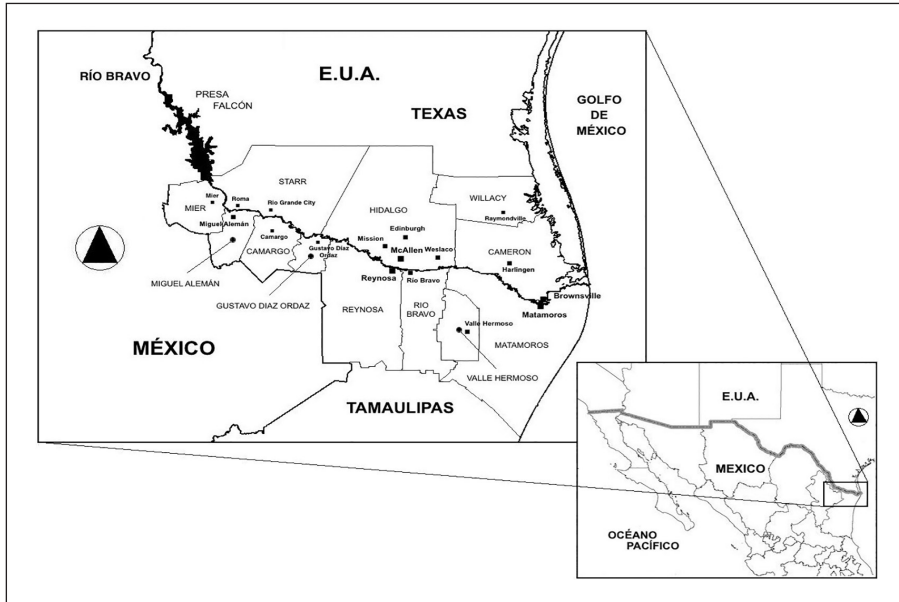
En forma paralela a los proyectos gubernamentales de cooperación binacional –y promovidos inicialmente por la academia–, han surgido a partir de la década de 1990 una serie de iniciativas no gubernamentales a nivel local en las regiones binacionales de Tijuana-San Diego y Juárez-El Paso, enfocadas a la problemática ambiental en cada caso, donde también los recursos hídricos han sido prioritarios (Brown *et al.*, 2003; Castro-Ruiz *et al.*, 2018; Mumme *et al.*, 2014). Estas experiencias han aportado insumos a los gobiernos locales, e incluso su labor e importancia han sido reconocidas en el marco del trabajo operativo de la Comisión Internacional de Límites y Aguas-International Boundary and Water Commission (CILA-IBWC).⁵

La región Valle del Río Grande-frontera tamaulipeca

El Valle del Río Grande o VRG y los municipios tamaulipecos adyacentes al mismo conforman uno de los conglomerados urbanos más importantes de la frontera común, después de las regiones binacionales de Tijuana-San Diego y Juárez-El Paso, respectivamente. Esta área se localiza en la parte final de la cuenca del río Bravo, integrando a cuatro condados en la frontera texana (Starr, Hidalgo, Willacy y Cameron), así como a los municipios tamaulipecos de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros (véase mapa 1).

⁵ El Acta 320 de la CILA-IBWC, signada en octubre de 2015, reconoce explícitamente la participación de actores y grupos de interés de ambos países en la identificación de oportunidades de cooperación binacional en diferentes asuntos en la cuenca internacional del río Tijuana. Así mismo, establece un procedimiento incluyente para obtener las recomendaciones de esos grupos, a través de la creación de un Grupo Base Binacional (GBB).

Mapa 1. El Valle del Río Grande-municipios fronterizos de Tamaulipas



Fuente: Elaboración propia con base en Castro-Ruiz (2011).

Al igual que las otras regiones citadas, una constante aquí es la dinámica de flujos transfronterizos que generan los mercados locales y regionales de consumo y trabajo, así como la importancia geográfica que representa la zona para México y Estados Unidos. En la actualidad, el área de estudio cuenta con 13 puentes internacionales de diferentes funciones, lo que corresponde a casi una cuarta parte del total de puntos de cruce en la frontera entre ambos países (De las Fuentes, 2016).⁶ En 2018, la región captó por sí sola 34 por ciento y 16 por ciento de los cruces fronterizos vehiculares totales entre México y Texas y en toda la frontera México-Estados Unidos, respectivamente (United States Bureau of Transportation Statistics, s. f.). Algunos estudios han estimado en 3.5 millones el número de personas que cruzan cada año al vrg, bajo propósitos de compras, entretenimiento y negocios (*News Center*, 2016). Las tendencias del empleo en dicho lugar han mostrado un cambio más diversificado hacia los mercados urbanos en las últimas décadas, particularmente a los sectores de cuidados de salud y asistencia social, servicios educativos y comercio al menudeo. En 2017, estos tres sectores concentraban 43 por ciento del empleo en el VRG, sobresaliendo los condados de Hidalgo y Cameron con más de 90 por ciento

⁶ Una idea del dinamismo de esta región binacional la da el hecho de que cuatro de estos puentes internacionales han entrado en operación en los últimos 15 años.

de dicha proporción (Datausa, 2017a, 2017b). En la frontera tamaulipeca, los sectores de manufacturas, comercio y servicios continúan siendo los principales motores de su economía. En el mismo año, los ocho municipios contiguos concentraban en conjunto 47 por ciento del empleo estatal en dichos sectores, con Reynosa y Matamoros aportando por sí solos 87 por ciento del empleo en el sector de manufacturas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2017).

Las tendencias anteriores han sido un importante detonador de las tasas de crecimiento urbano que caracterizan actualmente a ambos lados de la frontera, principalmente el VRG (véase cuadro 1). En 2015 se estimaba que poco más de 93 por ciento de la población en el VRG residía en los sistemas metropolitanos de McAllen-Edinburgh-Mission y Brownsville-Harlingen, los que acusaron un crecimiento por sí solos de 52 por ciento y 26 por ciento, respectivamente, en el período de 2000 a 2015 (United States Census Bureau, s. f.). En el caso de los ocho municipios contiguos tamaulipecos, éstos experimentaron un incremento de 33 por ciento en el período de 2000 a 2015, llegando a concentrar a 41.3 por ciento de los habitantes del estado en 2015, sobresaliendo los sistemas metropolitanos de Reynosa-río Bravo y Matamoros con 91 por ciento de esa población (Consejo Nacional de Población [Conapo], 2018).⁷ Una característica que muestran los condados que componen el VRG es una integración superior a 90 por ciento de la población de origen mexicano o latino, como resultado de los vaivenes históricos que han tenido su desarrollo económico e historia común.

Cuadro 1. Valle del Río Grande-municipios adyacentes tamaulipecos.
Cambio de población, 2000 a 2015

	2000	2015	Cambio 2000-2015 (%)
Ocho municipios fronterizos Tamaulipas	1 066 931	1 420 577	33.1
Municipios fronterizos México	5 539 309	7 107 045	28.3
Estados fronterizos México	16 642 676	21 100 918	26.8
Cuatro condados VRG	978 369	1 350 158	38.0
Condados fronterizos EE. UU.	6 133 804	7 706 931	25.6
Estados fronterizos E.E. U.U.	61 673 117	75 527 106	22.5

Fuente: Con base en United States Census Bureau (2002, s.f.) e Inegi (2000, 2015).

⁷ Las zonas metropolitanas de Reynosa-río Bravo y Matamoros experimentaron incrementos de 47 por ciento y 24 por ciento, respectivamente, en el período referido.

Características y problemática hídrica

El clima de esta zona se identifica como muy variable, con una precipitación media anual de 450 mm a 600 mm, con el máximo ocurriendo en los meses de primavera (abril a junio) y al término del verano (agosto a octubre), y una temperatura media anual de 22° C (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2015). Esta irregularidad climática da lugar a condiciones frecuentes de sequía y a inundaciones ocasionales por la presencia de huracanes. Toda la región es altamente dependiente del río Bravo/Grande, cuyas aguas aportan más de 90 por ciento de la oferta disponible, definida por un Tratado de distribución de aguas internacionales que firmaron en 1944 ambos países, y la que es entregada a través del sistema internacional de presas Amistad-Falcón.⁸ Los depósitos de agua subterránea en la región son regularmente de mala calidad, con un alto contenido salino y poco utilizadas (Mathis, 2005). En el caso de los municipios tamaulipecos contiguos, el agua superficial cubre casi 96 por ciento de los requerimientos de los diferentes usos tanto agrícolas como urbanos.

A ambos lados de la frontera, el mayor demandante de agua son las actividades agrícolas. En los condados que integran la cuenca baja del río Bravo, la mayor proporción reportada corresponde al uso de gran irrigación (urderales y distritos de riego) con 78.5 por ciento, en tanto que los volúmenes asignados a los usos municipales y al sector manufacturero representan 19.5 por ciento y 0.5 por ciento, respectivamente, y los usos de ganadería, minería y generación de electricidad corresponden al restante 1.5 por ciento (Rio Grande Regional Water Authority [RGRWA], 2013). En el caso de la frontera mexicana, el uso agrícola consume 82.2 por ciento de los volúmenes consuntivos totales, seguido por el uso público urbano (13.8 %), el de industria autoabastecida (3.5 %) y el pecuario (0.5 %) (Conagua, 2012).

El río Bravo/Grande está considerado por el Fondo Mundial de Vida Silvestre (WWF por sus siglas en inglés) como uno de los 10 ríos internacionales en peligro. Entre los principales factores detrás de esta clasificación se encuentran la contaminación proveniente del crecimiento urbano e industrial que ha experimentado la cuenca en las últimas décadas, la sobreasignación de sus aguas a ambos lados de la frontera, el incremento de especies invasivas a lo largo de su curso, así como los efectos de las sequías en la disponibilidad de agua (Rio Grande International Study Center [RGISC], s. f.). Estas

⁸ Se trata de un sistema de almacenamiento y control de avenidas, cuya construcción se previó en el *Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México*, de 1944, y en el que cada país dispone de un porcentaje del volumen total para sus diferentes usos estatales o regionales.

condiciones están claramente presentes en la parte baja de la cuenca. Las implicaciones de la contaminación del río Bravo/Grande han sido una preocupación constante, considerando que la mayoría de los centros urbanos dependen de su agua para sus necesidades, y representan un objetivo primordial de programas de infraestructura ambiental promovidos y apoyados por ambos gobiernos, como son el Programa de Infraestructura de Agua de la Frontera México-Estados Unidos y los programas de infraestructura ambiental de la Cocef-BDAN, ambos surgidos bajo el paraguas del Acuerdo de La Paz de 1983 (Junta Ambiental del Buen Vecino [GNEB, por sus siglas en inglés], 2017).

Si bien la presencia de sequías es una constante histórica para los habitantes de esta región, los cambios vividos en las últimas décadas han impactado las formas de manejar y planificar los recursos hídricos de que se dispone. Una coyuntura central en este sentido fue el reciente período de sequía extraordinaria (1992 a 2005) que afectó la mayor parte de la cuenca, disminuyendo, en el caso de México, los volúmenes de sus principales afluentes, y no permitiendo al gobierno de esa nación cumplir con las entregas de agua pactadas en el Tratado de aguas de 1944 para los ciclos correspondientes, acumulando un déficit que sólo fue posible saldar hasta 2010 (Ortega-Gaucin, 2013).

Una historia compartida

Los orígenes e historia de esta región binacional se remontan de facto al establecimiento mismo de la actual frontera entre México y Estados Unidos en 1848. Durante las décadas que siguieron al Tratado de Guadalupe Hidalgo, la evolución económica y poblacional del bajo río Bravo continuó basándose en los mercados y flujos comerciales establecidos anteriormente entre centros de importancia regional, como Monterrey y Corpus Christi. Las políticas de repatriación de ciudadanos mexicanos hacia las ciudades fronterizas alimentaron el surgimiento de centros en la frontera texana, los que establecieron una competencia con las contrapartes mexicanas existentes y facilitaron el comercio con México y Europa, dando pie a una red de comercio ilegal de mercancías con el noreste mexicano (Alarcón, 1990).⁹ Estas nuevas condiciones crearon una baja en la actividad económica de las poblaciones mexicanas, generando flujos migratorios hacia las contrapartes texanas, a pesar de medidas como el decreto del régimen de zona libre por parte del gobierno tamaulipeco, en 1858, mismo que se extendió en 1870 hacia las poblaciones fronterizas de Nuevo León, Coahuila y Chihuahua (Alarcón, 1990).

⁹ El ganado fue otra mercancía que se sumó a los flujos en ambas direcciones, generado por la oferta y demanda del mismo en Texas, así como por la escasez que la reciente guerra había ocasionado en las poblaciones del noreste mexicano. El comercio del algodón hacia los mercados europeos también adquirió un importante auge durante la guerra civil estadounidense, amén de la demanda de otros productos requeridos por los estados confederados ante el bloqueo de las fuerzas de la Unión.

El siglo XX, particularmente su segunda mitad –en el caso de la frontera mexicana–, definió el escenario de cambios de mayor trascendencia en el crecimiento de la región del bajo río Bravo. En 1900, el estado de Texas, a pesar de ser la entidad fronteriza más poblada, concentraba su población básicamente en centros no fronterizos, manteniendo poco desarrolladas sus zonas limítrofes con México.¹⁰ Por su parte, las ciudades fronterizas tamaulipecas resentían aún la disminución en la dinámica económica que había significado la Guerra de Secesión estadounidense, lo que se sumaba a la inauguración del ferrocarril a Nuevo Laredo y su posterior conexión con la ciudad de Monterrey en 1882, implicando para Matamoros y su región una pérdida de posicionamiento como ruta hacia los mercados de Estados Unidos (Alarcón, 1990).

La conclusión del ferrocarril para conectar a las ciudades de Brownsville y Corpus Christi, en 1904, detonó cambios en el VRG, los cuales culminaron con la consolidación de un modelo agrícola de desarrollo con base en el uso intensivo de irrigación que continuaría en las décadas siguientes. La facilidad del ferrocarril permitió el acceso de compañías promotoras que modificaron el uso del suelo e invirtieron en infraestructura de irrigación, vías de comunicación y vivienda, así como en el desarrollo de campañas para atraer colonos del norte del país (Del Campo, 2013). Aunque en sus inicios el proceso no fue sencillo, debido a los altos costos de bombeo y a la preparación de los terrenos, así como a la búsqueda de cultivos redituables, la eventual organización en distritos de riego de diferentes tamaños,¹¹ con una infraestructura de riego adaptada para recibir el agua del río Bravo, permitió reportar para 1930 una superficie superior a 150 000 hectáreas irrigadas en el VRG, orientadas básicamente a cítricos y legumbres (Brannstrom y Neuman, 2009).¹² En dicho período solamente la población de Brownsville se incrementó más de tres veces.

Al contrario del *boom* agrícola y sus efectos en el VGR, los municipios tamaulipecos vecinos mostraron pocos cambios durante las primeras décadas del siglo XX. El creciente sector agrícola en el VGR proporcionó un mercado de mano de obra barata, a la que se adicionaron más tarde las corrientes provenientes de otras partes del país, apoyadas por

¹⁰ Para 1900, y a pesar de concentrar a dos terceras partes de la población fronteriza, el estado de Texas mantenía un índice de urbanización de apenas 17 por ciento.

¹¹ En 1913 es creado también el Board of Water Engineers, con el objetivo principal de aprobar planes de irrigación de los nacientes distritos de riego en el estado, y emitir permisos para el almacenamiento y la distribución del agua. En la actualidad, las funciones ampliadas de dicha agencia forman parte de la Comisión de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ).

¹² El eventual control de la tierra y el agua por los grupos anglosajones en el VRG desplazó y despojó de sus derechos a los llamados tejanos o rancheros de origen mexicano, quienes habitaron originalmente la región, llevándolos a ocupar los niveles más bajos en el nuevo orden socioespacial, proporcionando así mano de obra barata y segregada a los grupos anglosajones.

la expansión de la red ferroviaria e intensificadas posteriormente por el período revolucionario (Lorey, 1999).¹³

Los años que siguieron a la revolución mexicana permitieron la consolidación de una política federal de desarrollo agrícola basado en la irrigación. Un paso importante para ello fue la promulgación de la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales, así como el establecimiento de la Comisión Nacional de Irrigación, en 1926, cuyos trabajos iniciales abarcaron la zona norte del territorio mexicano, buscando aprovechar las aguas de los afluentes del río Bravo ante la creciente competencia de obras de infraestructura en las zonas aledañas de Texas (Fuentes y Coll, 1980). En el bajo río Bravo, el proyecto de derivación de agua conocido como El Retamal, durante la gestión del presidente Lázaro Cárdenas, dio pie a una política más amplia que incluyó la repatriación de migrantes y la producción de algodón.

La disponibilidad del ferrocarril desde el porfiriato, al igual que las obras de irrigación y las expropiaciones llevadas a cabo durante la administración del presidente Cárdenas, sentaron las bases para una época de bonanza en el cultivo del algodón en toda la zona. En el caso del Valle del Río Bravo, y de acuerdo con algunos autores, el modelo seguido se apartó de los lineamientos tradicionales del agrarismo ejidal cardenista, buscando aprovechar el gran potencial que mostraba el cultivo del algodón en Matamoros, al tiempo de integrar a las élites, los sectores populares y los gobernantes locales (Walsh, 2008).¹⁴

Con la caída de los mercados internacionales del algodón en el transcurso de la década de 1950, la superficie dedicada a su cultivo disminuyó notablemente, así como su importancia en la agricultura regional, generando cambios hacia el cultivo de granos como el maíz y el sorgo, con uso más intensivo de capital que de mano de obra, y dando pie a patrones considerables de emigración de la zona hacia otras partes del estado, y a los crecientes mercados terciarios en los centros urbanos (Contreras, 1987).

Fue hasta la década de 1960 cuando tuvieron lugar modificaciones importantes en el desarrollo de esta región binacional, cuyos efectos se mantienen hasta la actualidad. En

¹³ Pocos intentos de desarrollo de la frontera tamaulipeca tuvieron lugar en esos años. El más relevante correspondió al proyecto de Íñigo Noriega Laso, un empresario español cercano al presidente Porfirio Díaz, quien desarrolló la superficie restante del predio La Sauteña con el objetivo de promover el desarrollo agrícola y colonizar la región, aprovechando la terminación del ferrocarril Matamoros-Monterrey en 1905. Sin embargo, al inicio de la Revolución mexicana el proyecto quedó intervenido, permaneciendo sin cambios por espacio de 20 años.

¹⁴ Como parte de este proceso, se sostuvieron negociaciones con la compañía Anderson, Clayton and Company, comercializadora estadounidense de algodón, para financiar un régimen de propiedad privada que integraba a los colonos y mexicano-americanos repatriados en la región. Matamoros se colocó a la cabeza de la producción nacional de algodón, y su bonanza económica generó una intensa inmigración al municipio y a la ciudad.

la frontera tamaulipeca se presentó el surgimiento de la industria maquiladora, a raíz del inicio del llamado Programa de Industrialización Fronteriza (PIF), en 1966, un proyecto alternativo de industrialización para las ciudades de la frontera con Estados Unidos, el cual buscaba ofrecer una fuente de empleo para los trabajadores mexicanos desplazados por el fin del programa bracero en aquel país. Las ventajas existentes en términos de antecedentes de desarrollo industrial fronterizo, y del régimen arancelario y fiscal particular por su condición de zona libre, contribuyeron así en la conformación –con otras ciudades fronterizas– de lo que se conoce como la *frontera histórica* de la maquila (O Martínez, 2006). Factores como la cercanía geográfica a los centros productivos del sur de Texas y una activa participación de los empresarios locales potenciaron el rápido crecimiento del sector en los municipios tamaulipecos, convirtiéndolos rápidamente en importantes centros de ensamble de autopartes y electrónica de consumo, incluso ante las tendencias de localización hacia regiones del centro del país que han tenido lugar en años subsecuentes.

A su vez, la firma del TLCAN significó transformaciones importantes para la integración económica de esta región binacional, las que incluyeron el mejoramiento en las vialidades a ambos lados de la frontera y el establecimiento de proyectos de construcción de nuevos puentes internacionales sobre el río Bravo (García-Ortega, 2009). En el VRG, la base económica, otrora concentrada básicamente en las actividades agrícolas, fue diversificándose paulatinamente hacia otros sectores de localización más urbana, sobresaliendo entre ellos el comercio y los servicios.¹⁵ Las causas de este cambio incluyeron las sequías que han afectado a la región, la creciente urbanización y la caída en los precios de los productos agrícolas (*AgriLife Today*, 2011).¹⁶ En las áreas metropolitanas del VRG surgieron organizaciones como el Consejo de Desarrollo Económico de Brownsville y el Grupo de Desarrollo Económico de McAllen, las que han sido muy activas en la promoción del desarrollo, aprovechando los mercados transfronterizos locales y regionales.

La gestión binacional del agua

Al ser un conglomerado binacional, el contexto de la gestión del agua en la zona de estudio es complejo, en el sentido de que intervienen todos los órdenes de gobierno a nivel

¹⁵ En la actualidad, los sectores de mayor presencia en el VRG son los servicios de salud y asistencia social, los servicios educativos y el comercio al menudeo, los que, en conjunto, absorben 43 por ciento del total de la mano de obra (el grupo que incluye al sector agrícola y a otras actividades relacionadas).

¹⁶ En 2011, la producción agrícola del VRG ocupaba el octavo lugar en el estado, y se basaba en la producción de carne, vegetales, viveros, así como en el ecoturismo.

de cada país, así como los arreglos internacionales en la figura del Tratado de aguas de 1944 y de su órgano operativo, la CILA-IBWC.¹⁷

Un apunte indispensable para entender esta estructura son las diferencias que presentan los sistemas gubernamentales de México y Estados Unidos, que no sólo definen formas distintas de gestionar el agua, sino que influyen en las relaciones transfronterizas entre contrapartes gubernamentales. A pesar de que fundamentalmente ambos sistemas son federalizados, con el gobierno central y los estados dividiendo el ejercicio del poder en diferentes temas, en términos operativos, y en el caso particular del manejo del agua, el modelo federalizado estadounidense despliega una fragmentación considerable que abarca a todos los niveles con competencia en el tema. En contraste, la Constitución mexicana otorga a la nación la propiedad del recurso, el cual es regulado y manejado básicamente por el Estado (Castro-Ruiz *et al.*, 2018). En la práctica, y a pesar de las reformas constitucionales en beneficio de la autonomía municipal, el modelo político-administrativo en el país es básicamente centralizado (Sánchez-Meza, 2006).

El panorama anterior es evidente en la región de estudio. En el cuadro 2 se enlistan las diferentes agencias y los actores gubernamentales que intervienen en la gestión del agua en el VRG, con sus funciones y principales fuentes de financiamiento. Comandadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés),¹⁸ y a través de representaciones regionales, existen cinco agencias federales que distribuyen sus funciones en las áreas de abastecimiento y calidad del agua, control de la contaminación, certificación y construcción de infraestructura ambiental y generación de energía eléctrica, entre otras. Al nivel del estado de Texas, otro grupo de agencias complementa y se coordina con las funciones federales en las áreas anteriores, con la Comisión de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ, por sus siglas en inglés) a la cabeza.¹⁹ Otro actor sobresaliente en este nivel es la Junta de Desarrollo Hídrico de Texas (TWDB, por sus siglas en inglés), que en su mayoría se centra en actividades de generación y disseminación de información, planeación y financiamiento. También es responsable de elaborar un Plan

¹⁷ Ambas secciones son responsables de hacer valer los términos del Tratado y de abordar situaciones que surjan en el cumplimiento del mismo, las cuales se plasman en forma de actas acordadas y signadas por ambas partes.

¹⁸ La EPA es la encargada de instrumentar los preceptos del Clean Water Act Federal, en coordinación con los gobiernos estatales.

¹⁹ La TCEQ es la principal agencia ambiental en todo lo relacionado con calidad del agua en el estado, y la cuarta en tamaño en Estados Unidos. Sus funciones las desarrolla igualmente a través de 16 oficinas regionales, y cuenta con una Oficina de Asuntos Fronterizos con representaciones en tres ciudades fronterizas, correspondiendo la de Harlingen al área del VRG. Entre las funciones de esta última se encuentra el intercambio de información y conocimientos con las posibles contrapartes en el lado mexicano.

Estatad de Agua cada cinco años, así como planes más puntuales para cada una de las 16 regiones en que se divide su cobertura territorial.

Cuadro 2. Valle del Río Grande. Actores gubernamentales relacionados con el manejo del agua

<i>Nombre</i>	<i>Nivel</i>	<i>Funciones</i>	<i>Financiamiento</i>
Agencia de Protección Ambiental o EPA	Federal (región 6)	Supervisión de programas y normas federales de calidad de agua Programa Frontera 2020 Cocof-BDAN	Asignación presupuestal federal anual Fondo Estatal Revolvente de Agua Limpia (CWSRF, por sus siglas en inglés) Fondos para proyectos de protección de la calidad del agua, y manejo de cuencas y estuarios Fondo Estatal Revolvente de Agua Potable (DWSRF, por sus siglas en inglés) Fondos para mejoras de infraestructura de sistemas de agua potable
Oficina de Asuntos Geológicos (USGS, por sus siglas en inglés)	Federal (región Sureste)	Medición, monitoreo y análisis de la calidad de agua superficial y subterránea	Asignación presupuestal federal anual
Cuerpo de Ingenieros del Ejército (USACE, por sus siglas en inglés)	Federal (división Suroeste)	Proyectos de control de contaminaciones Abastecimiento de agua	Cuenta con un centro de financiamiento propio que promueve el apoyo financie o de las funciones operativas de la agencia Financiamiento alternativo a través de apropiaciones anuales del Congreso Apoyos estatales y locales para proyectos de inversión de capital
Oficina de restauración (USBR, por sus siglas en inglés)	Federal (Pertenece al Departamento del Interior) (región Grandes Planicies)	Operación de infraestructura hidráulica Generación de energía eléctrica	Asignación presupuestal federal anual
Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS, por sus siglas en inglés)	Federal (nacional)	Asistencia técnica y financiera para la conservación de los recursos de suelo y agua	Presupuesto federal para apoyo de proyectos de conservación, calidad ambiental y manejo agrícola
Comisión de Calidad Ambiental de Texas o TCEQ	Estatad (región 15, Harlingen)	Derechos de uso de agua Normas de calidad del agua superficial y subterránea y su supervisión	Fondos federales Retribuciones por programas diversos Ingresos generales Otras fuentes

(continúa)

(continuación)

<i>Nombre</i>	<i>Nivel</i>	<i>Funciones</i>	<i>Financiamiento</i>
Departamento de Parques y Vida Silvestre (TPWD, por sus siglas en inglés)	Estatal	Monitoreo de calidad del agua Protección de vida acuática y su hábitat	Ingresos generales (productos, servicios, licencias) Fondo de caza, pesca y seguridad hídrica Fondo de parques estatales Otros ingresos generales Fondos federales Otros
Junta Estatal de Conservación del Suelo y Agua (TSS-WCB, por sus siglas en inglés)	Estatal (Distrito 3)	Administración de la legislación texana de conservación de suelo y agua Coordinación de programas de conservación y de reducción de contaminación de fuentes no puntuales en el estado	Apropiaciones estatales para proyectos de reparación y rehabilitación de infraestructura hídrica, control de contaminación y calidad del agua e incremento de la disponibilidad de agua Apropiación de fondos operativos a nivel distrital
Junta de Desarrollo Hídrico de Texas o TWDB	Estatal (región M, Río Grande)	Asistencia técnica y financiera a gobiernos locales y distritos de riego Responsable de elaborar el Plan Estatal de Agua cada cinco años y planes regionales para las 16 regiones	Fondo Estatal de ingresos generales Fondo Federal de Recuperación y Reinversión Otras apropiaciones federales (conservación de agua agrícola, asistencia hídrica, recibos, contratos interagencia)
Autoridad Regional de Agua del Río Grande o RGRWA	Regional	Es un distrito de conservación y manejo orientado a desarrollar proyectos hídricos y servicios en los condados del VRG	Créditos Emisión de certificado Cuotas por certificación y de echos de agua Administración de fideicomisos, asignaciones, donaciones, concesiones
Distritos de riego	Regional (27 distritos en el VRG)	Administración del agua concesionada del río Bravo para los usuarios	Cuotas por servicios de agua Programas, agencias regionales y estatales
Agencias y departamentos operadores de agua potable y drenaje	Local	Servicios de agua potable y drenaje	Cuotas por servicios de agua Programas, agencias regionales y estatales

Fuente: Elaboración propia con base en EPA (s. f.), TCEQ (s. f.), USACE (s. f.), TPWD (s. f.), TWDB (s. f.), TSSWCB (s. f.), RGRWA (s. f.), USBR (s. f.) y USGS (s. f.).

A nivel regional, la Legislatura Texana creó en 2003 la Autoridad Regional de Agua del Río Grande o RGRWA, por sus siglas en inglés, como un distrito de conservación y recuperación, con la idea de integrar los intereses de seis condados a lo largo de la cuenca baja del río Grande/Bravo en proyectos y servicios orientados a la preservación y protección del río. Finalmente, existen 27 distritos de riego en los cuatro condados que componen el VRG, así como agencias y departamentos de aguas o *utilities* a nivel local, que administran, en el primer caso, el agua concesionada del río Bravo, al igual que los servicios de agua potable y alcantarillado en las jurisdicciones correspondientes.

En contraste con la estructura policéntrica que muestran operativamente las diferentes agencias involucradas en el manejo del agua en el VRG, en el caso mexicano ésta es marcadamente centralizada (véase cuadro 3). La Conagua, por ser el actor central dentro de la política hídrica en el país, concentra la mayoría de las funciones que tienen que ver con la gestión del agua en los municipios tamaulipecos, asignándole al nivel estatal un papel más de facilitador y coordinador de los proyectos y actividades entre ella y los órganos operadores responsables de los servicios de agua potable y drenaje a nivel municipal. En forma similar a las agencias federales en Texas, la Conagua desarrolla sus funciones operativas a través de 13 regiones hidrológico-administrativas, dirigidas por organismos de cuenca, correspondiendo a los municipios tamaulipecos el Organismo de Cuenca de Río Bravo.²⁰

Las estructuras descritas en los cuadros 2 y 3 presentan características adicionales en el contexto de los sistemas político-administrativos de cada país que es imprescindible mencionar. En el caso del VRG, y en forma muy similar a otras regiones binacionales a lo largo de la frontera común, el federalismo de facto en el que operan los actores involucrados en la gestión del agua en Estados Unidos les permite una independencia de colaboración a todos los niveles para reflejar sus intereses específicos. De esta forma, agencias locales pueden intervenir en programas federales y estatales de apoyo técnico y financiero y asegurar la atención a temas que atañen directamente a las comunidades implicadas. En este mismo sentido, y para el caso de programas binacionales, Mumme (1984) señala la relación operativa que han desarrollado dichos niveles con la sección estadounidense de la CILA, la IBWC, permitiéndoles involucrarse activamente en la toma de decisiones sobre este tipo de proyectos.

En contraste con el esquema anterior, en los municipios fronterizos tamaulipecos todo lo relacionado con la planeación hídrica y su correspondiente financiamiento está

²⁰ A partir de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), de 1992, la política hídrica federal se ha basado en la cuenca hidrológica como la unidad básica de gestión y planeación de los recursos hídricos en el territorio nacional.

básicamente concentrado en la Conagua. En el modelo centralizado descrito, los actores involucrados fuera del nivel federal cuentan con un mínimo de autonomía en comparación con sus contrapartes texanas. Las actividades de la CEAT, definidas por la misma legislación hídrica estatal vigente, están básicamente orientadas a la coordinación de las acciones y programas de la Conagua, relacionadas con los servicios de agua potable y drenaje municipales y con el sector agrícola. En el caso de los organismos operadores municipales, la planeación y los programas de desarrollo de infraestructura están condicionados a la disponibilidad de recursos provenientes del estado o la Federación y, en ocasiones, de instancias externas, como son los apoyos de la Cocef y el BDAM. Al tratarse de asuntos binacionales o transfronterizos, ninguna instancia gubernamental de las listadas en el cuadro 3 interviene. Todo lo correspondiente a este ámbito queda en manos de la Secretaría de Relaciones Exteriores, a través de la CILA y de los términos del Tratado de aguas de 1944.

Cuadro 3. Municipios fronterizos de Tamaulipas. Actores gubernamentales relacionados con el manejo del agua

<i>Nombre</i>	<i>Nivel</i>	<i>Funciones</i>	<i>Financiamiento</i>
Comisión Nacional del Agua o Conagua	Federal (Organismo de Cuenca Río Bravo)	Órgano superior de la política hídrica y la administración de las aguas nacionales Cumplimiento de la LAN Plan Nacional Hídrico y su seguimiento Programas especiales y proyectos estratégicos en materia hídrica Expedición de normas, decretos, declaratorias	Presupuesto federal anual
Comisión Estatal de Agua de Tamaulipas (CEAT)	Estatal	Coordinación con los niveles federal y municipales de programas de infraestructura hidráulica, incluyendo distritos y unidades riego Supervisión de normativas sobre calidad y aprovechamiento del agua Seguimiento del Plan Estatal de Desarrollo Elaboración del Programa Hidráulico Estatal	Asignaciones estatales Programas y apoyos federales Cuotas por servicios diversos
Comisiones de Agua Potable y Alcantarillado (Comapa)	Municipal	Responsables de los servicios de agua potable y drenaje y saneamiento en los municipios Coordinación de obra pública hidráulica relacionada	Cuotas por servicios de agua y drenaje Programas y apoyos federales

Fuente: Elaboración propia con base en Comapa-Reynosa (s. f.), CEAT (s. f.) y Conagua (s. f.).

Actores no gubernamentales

Además de la estructura gubernamental descrita en los párrafos anteriores, existen actores y organizaciones fuera de ese ámbito, cuyas actividades están relacionadas con la protección ambiental y el uso y manejo de los recursos hídricos a ambos lados de la frontera. Un actor importante en los municipios adyacentes de Tamaulipas son las sociedades de riego, que surgieron con el programa de descentralización de los distritos de riego que llevó a cabo el gobierno federal en la década de 1990. A esta región corresponde el Distrito de Riego 025, Bajo Río Bravo, cuyas responsabilidades fueron transferidas a los usuarios en 1993, sobre la base de módulos manejados por la asociación correspondiente y un comité supervisor, con la presencia de un representante de la Conagua (Rymshaw, 1998). Desde su inicio, los usuarios de esta zona han desarrollado diferentes actividades con la idea de gestionar más eficientemente sus recursos hídricos. Entre éstas ha estado la transferencia de agua para usos potables urbanos, a cambio de agua tratada para su aplicación en las actividades agrícolas, y la relación con agencias de agua texanas, como es la TCEQ, a través del Programa Watermaster Río Grande.²¹ Así mismo, mantienen intercambio de información técnica con instituciones académicas texanas, como es el caso de Texas A&M.

La presencia más notable del sector académico en la frontera tamaulipeca la representa la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), a través de unidades académicas multidisciplinarias en las ciudades de Reynosa, Río Bravo, Matamoros y Valle Hermoso, donde se ofertan licenciaturas, algunas de las cuales guardan alguna relación con el área de protección ambiental: Ingeniería Química, Ambiental y en Energías Renovables, así como una licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Un proyecto que en el papel luce importante será la creación del Centro de Investigación e Innovación en Energía y Servicios con sede en la ciudad de Reynosa, bajo un acuerdo entre la misma UAT y el Instituto Mexicano del Petróleo, en el que se buscarán alianzas con otras instituciones académicas nacionales, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), así como con las universidades Texas A&M y Tecnológica de Texas (*Televisa.News*, 2019).

En lo que toca al VRG, en 2017 inició labores el Centro de Agricultura Sostenible y Avance Rural, dependiente de la Universidad de Texas en el Valle de Río Grande (UTRGV, por sus siglas en inglés), con el propósito de realizar investigación multidisciplinaria e implementar programas educativos en torno a la sustentabilidad en el

²¹ El Watermaster Río Grande es un programa creado para administrar los derechos de agua de los usuarios en los condados adyacentes a la cuenca del río, desde Forth Quitman hasta el golfo de México.

campo.²² Por otro lado, la Escuela de Ciencias Marinas, Ambientales y de la Tierra de la misma universidad cuenta con un Laboratorio de Estudios Costeros, el cual tiene, entre sus programas, uno relacionado con el manejo de recursos hídricos, incluyendo los humedales y la vulnerabilidad regional a desastres. Los temas de investigación más puntuales involucran la hidrología superficial, el monitoreo de la calidad del agua, el manejo de cuencas y el modelamiento de inundaciones.

De manera adicional a la presencia de la academia en el VRG, existen poco más de 20 organizaciones ambientalistas, orientadas básicamente a la educación y protección de la vida silvestre y de especies nativas, así como a la preservación ambiental del valle y sus recursos naturales. Entre las organizaciones que promueven la protección ambiental está la Fundación Gorgas de la Ciencia, basada en Brownsville, que ha realizado actividades de coordinación con el gobierno de Tamaulipas en la Biosfera El Cielo; la Río Grande Valley Master Naturalist, que coordina sus actividades con la Universidad de Texas A&M y el Departamento Estatal de Parques y Vida Silvestre; y el Valley Proud Environmental Council, en Harlingen, que incluye a grupos voluntarios y privados. En relación con los recursos hídricos, sobresalen el Valley Land Fund y el Arroyo Colorado Watershed Partnership, cuyas actividades buscan proteger la cuenca de dicho arroyo, que corre de la ciudad de Mission a la Laguna Madre, y el Rio Bravo Wildlife Institute, que cuenta con un programa de aguas urbanas a través de talleres informativos sobre protección de los recursos hídricos en el medio urbano, como arroyos, resacas y aguas costeras.

Conclusiones. Elementos para la cooperación binacional

Una premisa central de este trabajo ha sido la identificación de condiciones en dirección de posibles escenarios de cooperación binacional en los niveles locales de la región de estudio. En ese sentido, los resultados de nuestro análisis, aunque iniciales, permiten destacar algunos aspectos relevantes. En primer lugar, es preciso señalar que los condados que comprenden el VRG presentan una estructura de gobernanza en torno a la gestión de sus recursos hídricos muy completa y similar –con algunas variantes– a otras regiones estadounidenses a lo largo de la frontera común. La existencia de mecanismos de participación a todos los niveles y en ámbitos no gubernamentales permite la atención a problemáticas puntuales. Por ejemplo, algunos de los proyectos coordinados por la RGRWA incluyen los intereses de los condados del VRG, como son la desalinización de aguas salobres y la extracción de plantas invasivas en el río Bravo. En el caso de los

²² Este centro tiene como antecedente un programa en investigación y docencia en Agroecología que existía desde 2013 en la Universidad de Texas Panamerican, en Edinburg. En forma paralela, la Escuela de Ciencias de la universidad ofrece un posgrado en Ciencias Agrícolas, Ambientales y Sustentables.

distritos de riego y de los departamentos de agua y saneamiento de las ciudades, el apoyo técnico y financiero se da a través de la participación en los programas de las agencias regionales y estatales. A pesar de las condiciones descritas, en la actualidad no existen iniciativas formales de cooperación binacional –de parte de los actores en el VRG– que busquen abordar problemáticas comunes con sus pares y contrapartes en la frontera tamaulipeca, como ha sido el caso en otras regiones binacionales. Como se ha mencionado aquí, existen grupos a ambos lados de la frontera que mantienen una relación informal de intercambio de información, la cual puede ser motivada por cuestiones muy específicas y circunstanciales.

Un detonador básico de las actividades de grupos no gubernamentales en dichos espacios ha sido, sin duda, la labor del sector académico y el eco que éstas y otras iniciativas posteriores han tenido en los gobiernos locales estadounidenses (Brown *et al.*, 2003; Mumme *et al.*, 2014).²³ Sin embargo, es importante señalar el posicionamiento y la trayectoria de los actores involucrados. En el caso del VRG, si bien puede decirse que existe una nascente agenda de investigación interdisciplinaria en torno a la problemática hídrica de la región, aún no parecen existir las condiciones para un intercambio cooperativo formal con sus contrapartes en la frontera tamaulipeca. Como se ha descrito, en dicha línea fronteriza no hay todavía una base sólida de apoyo para establecer estos nexos, pues solamente existen algunos lazos informales por parte de estas instituciones, pero se limitan al intercambio de información puntual.

Otro sector protagónico en la experiencia surgida de otras regiones ha sido la sociedad civil, por su cercanía a las problemáticas abordadas y su entusiasta participación para enriquecer el conocimiento sobre ellas. En el VRG hay diferentes organizaciones no gubernamentales con una trayectoria amplia de conocimiento y divulgación de la problemática ambiental e hídrica; sin embargo, su cobertura geográfica está limitada a los condados del VRG. En los municipios fronterizos tamaulipecos existen algunas organizaciones, como el Club de Leones de Reynosa, cuya agenda es diversificada y podrían servir como contrapartes iniciales. Por otro lado, existen comités y grupos que promueven –en el papel– el desarrollo económico de la región binacional, pero que igualmente parecen tener en la actualidad agendas limitadas geográficamente al VRG.²⁴

²³ Un caso que ejemplifica lo anterior es la creación del Comité de Oportunidades Regionales Binacionales (COBRO, por sus siglas en inglés), en 1996, dependiente de la Asociación de Gobiernos de San Diego (SANDAG, por sus siglas en inglés), para facilitar el entendimiento de la problemática fronteriza entre California y Baja California.

²⁴ No fue un objetivo de este trabajo analizar los impactos que la inseguridad pública ha tenido en el comportamiento de los actores analizados.

Un aspecto que no puede quedar fuera de la reflexión en torno a esta frontera se relaciona con su historia común y las manifestaciones cotidianas de la misma. La evolución histórica del VRG y la frontera tamaulipeca, con sus vaivenes coyunturales, han definido condiciones sociales y culturales diferentes a otras regiones binacionales. La alta proporción de población de origen mexicano y latino en el VRG²⁵ hace suponer que influya en las relaciones locales con las contrapartes de Tamaulipas. Algunas investigaciones han incursionado en este análisis, como las realizadas por Sloan y West (1997), quienes estudiaron los factores que promueven la cooperación entre funcionarios públicos en ciudades gemelas en la frontera entre Texas y México, integrando aquéllos como el lenguaje, los antecedentes étnicos, las relaciones familiares y la rotación en el empleo. Sus resultados mostraron –para el caso del VRG– una presencia mayor de 45 por ciento de directivos bilingües a ambos lados de la frontera, así como una relación directa entre los contactos oficiales y la presencia de amigos y familiares en la ciudad gemela. Entre los temas más abordados por los pares a cada lado de la frontera, se identificaron la seguridad pública, las festividades sociales, el intercambio de información y apoyo, y la salud pública. Un evento coincidente con estos resultados es la «Ceremonia del Abrazo» entre los alcaldes de Matamoros y Brownsville, en los primeros meses del año, para reafirmar los lazos históricos que unen a ambas comunidades.

A pesar de los factores identificados detrás de la ausencia de trabajo cooperativo entre actores locales en la región de estudio, existen señales en sentido positivo. En el trabajo de campo del proyecto referido al principio de este capítulo se reconocieron algunas áreas, tanto del sector académico como de los diferentes niveles gubernamentales que participan en la gestión del agua en el VRG, con disposición a interactuar en forma regular con sus pares en la frontera tamaulipeca en torno a los problemas de la región que les afectan por igual. Tal es el caso de algunos sectores académicos o de las agencias regionales. En los municipios mexicanos, además de la sociedad civil, existen otras vías para promover este acercamiento, como es el caso del Foro Ciudadano de la CILA en Reynosa,²⁶ que ofrece la oportunidad de integrar a ciudadanos, ambientalistas y representantes gubernamentales de la localidad con la finalidad de abordar las problemáticas binacionales. En cualquier evento, el detonador de un proceso cooperativo a nivel local tiene más posibilidades de surgir dentro de la estructura multinivel del VRG, con sus capacidades de planeación y financiamiento autónomo, y los servicios

²⁵ La proporción de población de origen mexicano o latino en los condados que componen el VRG es de 90 por ciento, en comparación, por ejemplo, con los condados fronterizos de California, con 35 por ciento.

²⁶ Los foros ciudadanos son auxiliares en las ciudades fronterizas con representación de la CILA para abordar problemáticas regionales, y están conformados por autoridades y miembros de la comunidad.

que ofrecen tanto a usuarios como a la sociedad organizada. Es imprescindible, en este sentido, recuperar experiencias de otras regiones a lo largo de la frontera común, las cuales permitan conocer los factores de índole económica, política, social o cultural que han producido algún efecto en cada caso y cómo influyen éstos para el caso de la región de estudio.

Referencias

- Acta 320 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Marco general para la cooperación binacional en los asuntos transfronterizos de la cuenca del río Tijuana.* Tijuana, Baja California, 5 de octubre de 2015. <http://www.cila.gob.mx/actas/320.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental (EPA). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.epa.gov>
- Agrilife Today.* (12 de agosto de 2011). South Texas Agriculture: \$1.6 Billion and Growing in Four-County Area. Autor. <https://today.agrilife.org/2011/08/12/lower-río-grande-valley-agriculture-impact-set-at-1-6-billion/>
- Alarcón, E. (1990). *Evolución y dependencia en el noreste: Las ciudades fronterizas de Tamaulipas.* El Colef.
- Blatter, J., Ingram, H. y Doughman, P. M. (2001). Emerging Approaches to Comprehend Changing Global Contexts. En J. Blatter y H. Ingram (eds.), *Reflections on Water. New Approaches to Transboundary Conflicts and Cooperation* (pp. 3-29). The MIT Press.
- Brannstrom, C. y M. Neuman. (2009). Inventing the “Magic Valley” of South Texas. *Geographical Review*, 99(2), 123-145.
- Brown, C. (2002). *Research Into Binational Watershed Councils (Consejos Binacionales de las Cuencas) as Instruments for Conflict Resolution in the Upper Santa Cruz Watershed.* Udall Center for Studies in Public Policy.
- Brown, C., Castro-Ruiz, J. L. Lowery, N. y Wright, R. (2003). Comparative Analysis of Transborder Water Management Strategies: Case Studies on the U. S.-Mexican Border. En S. Michel (edit.), *The U. S.-Mexican Border Environment: Binational Water Management Planning* (pp. 279-362). (Southwest Center for Environmental Research and Policy Monograph Series 8). San Diego State University Press.
- Brown, C. y Mumme, S. P. (2000). Applied and Theoretical Aspects of Binational Watershed Councils (Consejos de Cuencas) in the U. S.-Mexico Borderlands. *Natural Resources Journal*, 40(4), 895-929.
- Castro-Ruiz, J. L. (2011). Agua y desarrollo urbano en la frontera entre México y Texas ante las coyunturas actuales: La cuenca baja del río Bravo. En B. I. Vásquez-Galán, M. A. Jurado-Montelongo y J. L. Castro-Ruiz (coords.), *Procesos económicos, laborales*

- y urbanos en la frontera noreste en el contexto de la apertura económica* (pp. 303-331). El Colef/Universidad Autónoma de Coahuila.
- Castro-Ruiz, J. L., Cortez-Lara, A. A. y Sánchez-Mungía, V. (2011). Gestión del agua en cuencas transfronterizas México-Estados Unidos: Algunos elementos conceptuales para su estudio. *Aqua-Lac. Revista del Programa Hidrológico Internacional para América Latina y El Caribe*, 3(2), 105-114. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/AquaLAC-Vol3_Numero2-29-38.pdf
- Castro-Ruiz, J. L., Mumme, S. P. y Collins, K. (2018). Cooperación local binacional: La cuenca internacional del río Tijuana. *Estudios Fronterizos*, 19, e006, 1-19.
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Reynosa (Comapa-Reynosa). (s. f.). [Información sin título.] <http://www.comapareynosa.gob.mx/inicio/>
- Comisión de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.tceq.texas.gov>
- Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas (CEAT). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.tamaulipas.gob.mx/ceat/>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.gob.mx/conagua>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2012). *Programa Hidrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo*. Semarnat. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/6-SGP-17-12RB.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero bajo río Bravo (2801), Estado de Tamaulipas*. Autor. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104419/DR_2801.pdf
- Consejo Nacional de Población (Conapo). (2018). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*. Autor. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/delimitacion-de-las-zonas-metropolitanas-de-mexico-2015>
- Contreras, J. L. (1987). *Mecanización agrícola, empleo y migración en el norte de Tamaulipas*. El Colef.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército (USACE). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.usace.army.mil>
- Datausa. (2017a). *Hidalgo County, Texas* [base de datos]. <https://datausa.io/profile/geo/hidalgo-county-tx>
- Datausa. (2017b). *Cameron County, Texas* [base de datos]. <https://datausa.io/profile/geo/cameron-county-tx>
- De las Fuentes, A. J. (2016). *La instrumentación de un proyecto ferroviario de infraestructura binacional y su impacto en el desarrollo urbano: El caso del proyecto ferroviario internacional Brownsville-Matamoros* (tesis de especialidad). El Colef, Tijuana.

- Del Campo, F. M. (2013). *Presa internacional Falcón y algodón: Su impacto en las regiones fronterizas del bajo río Bravo y bajo río Grande (1953-1965)* (tesis de maestría). Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, Ciudad de México.
- Departamento de Parques y Vida Silvestre (TPWD). (s. f.). [Información sin título.] <https://tpwd.texas.gov>
- Elhance, A. P. (1999). *Hydropolitics in the Third World. Conflict and Cooperation in International River Basins*. United States Institute of Peace Press.
- Finger, M., Tamiotti, L. y Allouche, J. (2005). Introduction: Conceptual Elements. En M. Finger, L. Tamiotti y J. Allouche (eds.), *The Multi-Governance of Water. Four Case Studies* (pp. 1-42). State University of New York Press.
- Fuentes, L. y Coll, A. (1980). Los distritos de riego en México. *Investigaciones Geográficas*, 10. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111980000100008
- García-Ortega, R. (2009). Análisis y diagnóstico urbano regional del noreste fronterizo de México. En R. García Ortega y J. A. Trujeque Díaz (coords.), *El noreste de México y Texas: Asimetrías y convergencias territoriales en las relaciones transfronterizas* (pp. 19-49). El Colef.
- Giordano, M., Giordano, M. y Wolf, A. (2002). The Geography of Water Conflict and Cooperation: Internal Pressures and International Manifestations. *The Geographical Journal*, 168(4), 293-312.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi). (2000). *Censo de Población y Vivienda 2000* [base de datos]. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi). (2015). *Encuesta Intercensal 2015* [base de datos]. <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi). (2017). *Anuario Estadístico y Geográfico de Tamaulipas 2017*. Autor. https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TAMS_ANUARIO_PDF.pdf
- Junta Ambiental del Buen Vecino (GNEB). (2017). *Calidad ambiental y seguridad fronteriza: Una retrospectiva de 10 años. Decimoctavo informe de la Junta Ambiental del Buen Vecino para el Presidente y el Congreso de los Estados Unidos*. Autor. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-05/documents/18th_gneb_spanish_layout_final_508.pdf
- Junta de Desarrollo Hídrico de Texas (TWDB). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.twdb.texas.gov/index.asp>
- Junta Estatal de Conservación del Suelo y Agua (TSSWCB). (s. f.). [Información sin título.] <https://www.tsswcb.texas.gov>

- Ley de Aguas Nacionales (LAN). *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 1 de diciembre de 1992. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf
- Levi, L. (2006). *Globalization and the Decline of the State-Centric Paradigm*. Grupo de estudios e investigaciones sobre las mundializaciones. <http://www.mondialisations.org/php/public/art.php?id=25918&lan=EN>
- Lorey, D. E. (1999). *The U. S.-Mexican Border in the Twentieth Century*. Scholarly Resources, Inc.
- Mathis, M. L. (2005). Water in the Lower Rio Grande Border Region. A Binational Perspective. En J. Norwine, J. R. Giardino y S. Krishnamurthy (eds.), *Water for Texas* (pp. 257-271). Texas A&M University Press.
- Matthews, O. P. y St. Germain, D. (2007). Boundaries and Transboundary Water Conflicts. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 133(5), 386-396.
- Mumme, S. P. (1984). Regional Power in National Diplomacy: The Case of the U. S. Section of the International Boundary and Water Commission. *Publius*, 14(4), 115-135.
- Mumme, S. P. y Collins, K. (2014). The La Paz Agreement 30 Years On. *The Journal of Environment & Development*, 23(3), 303-330.
- Mumme, S. P., Collins, K. y Castro-Ruiz, J. L. (2014). Stengthening Binational Management of the Tijuana River. *Water Law Review*, 17(1), 329-357.
- News Center*. (14 de abril de 2016). Crossing the Border: Nielsen Quantifies Economic Impact of Mexican Consumers for Rio Grande Valley Area. Autor. <http://sites.nielsen.com/newscenter/crossing-the-border-nielsen-quantifies-economic-impact-of-mexican-consumers-for-rio-grande-valley-area/>
- O Martínez, M. E. de la (2006). Geografía del trabajo femenino en las maquiladoras de México. *Papeles de Población*, 12(49), 91-126.
- Ohmae, K. (1993). The Rise of the Region State. *Foreign Affairs*, 72, 78-87. <http://www.caribbeanleadership.org/app/webroot/files/courseDocuments/Ohmae%20-%20The%20rise%20of%20the%20region%20state.pdf>
- Ortega-Gaucin, D. (2013). Caracterización de las sequías hidrológicas en la cuenca del río Bravo, México. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 167-180. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57328903001>
- Pahl-Wostl, C., Gupta, J. y Petry, D. (2008). Governance and the Global Water System: A Theoretical Exploration. *Global Governance*, 14(4), 419-435.
- Rio Grande International Study Center (RGISC). (s. f.). Key Issues Impacting the Rio Grande. <https://rgisc.org/issues/>
- Rio Grande Regional Water Authority (RGRWA). (s. f.). [Información sin título.] <http://rgrwa.org/index.php>

- Rio Grande Regional Water Authority (RGRWA). (2013). *Lower Rio Grande Basin Study*. Autor. <https://www.usbr.gov/watersmart/bsp/docs/finalreport/LowerRioGrande/LowerRioGrandeBasinStudy.pdf>
- Rymshaw, E. (1998). *Análisis del desempeño de la irrigación en los distritos de riego bajo río Bravo y bajo río San Juan, Tamaulipas, México*. Instituto Internacional del Manejo del Agua. http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Latin_American_Series/pdf/1.pdf
- Salman, S. (2006). International Water Disputes: A New Breed of Claims, Claimants, and Settlement Institutions. *International Water Resources Association*, 31(1), 2-11.
- Sánchez-Meza, J. J. (2006). *¿Se ha descentralizado la gestión del agua en México?* Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua.
- Sloan, J. W. y West, J. P. (1997). The Role of Informal Policy Making in U. S.-Mexico Border Cities. *Social Science Quarterly*, 58(2), 270-282.
- Televisa.News*. (8 de julio de 2019). Universidad de Tamaulipas (UAT) creará Centro de Investigación en Energía. Autor. <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/tamaulipas-educacion-uat-centro-investigacion-energia/>
- Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México*. Washington, Estados Unidos, 3 de febrero de 1944. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- Uitto, J. I. y Duda, A. M. (2002). Management of Transboundary Water Resources: Lessons from International Cooperation for Conflict Prevention. *The Geographical Journal*, 168(4), 365-378.
- United Nations-Water (UN-Water). (2008). *Transboundary Waters: Sharing Benefits, Sharing Responsibilities*. Autor. <https://www.unwater.org/publications/transboundary-waters-sharing-benefits-sharing-responsibilities/>
- United States Bureau of Transportation Statistics. (s. f). Transportation Statistics. <https://www.transtats.bts.gov>
- United States Census Bureau. (s. f). American Fact Finder. <https://data.census.gov/cedsci/>
- United States Census Bureau. (2002). *Texas: 2000 Summary Population and Housing Characteristics*. Autor. <https://www.census.gov/prod/cen2000/phc-1-45.pdf>
- United States Bureau of Reclamation (USBR). (s. f). [Información sin título.] <https://www.usbr.gov/main>
- United States Geological Survey (USGS). (s. f). [Información sin título.] <https://www.usgs.gov>

- Walsh, C. (2008). *Building the Borderlands: A Transnational History of Irrigated Cotton along the Mexico-Texas Border*. Texas A&M University Press.
- Wolf, A. T. (1998). Conflict and Cooperation Along International Waterways. *Water Policy*, 1(2), 251-265.

Water Institutions and Social Equity in the California-Baja California Border Region, with a Focus on the Imperial-Mexicali Valleys

Kimberly Collins

Introduction

The internet-based video subscription service Netflix has released a show called *Explained*, which discusses a number of issues critical to understanding the 21st century world. The episode from September 12, 2018, *The World's Water Crisis—Explained*, provides an overview of the main issues that are part of the global water crisis. It explores the tradeoffs in the distribution and use of water worldwide. A case example used in this episode is the water conflict in the Mexicali Valley in Baja California. In 2017, residents, civil society, and agricultural interests in this region fought against the building of a large beer manufacture, Constellation Brands—the maker of the Modelo line of beer. The placement of this company with guaranteed rights to 20 million liters per year in a region with a limited and finite access to water led to protests and backlash. This company was able to enter the region because the federal government of Mexico changed the law allowing for large corporations to access surface water more easily. The video tells the story of the irrevocable harm on small farmer interests and residents from this loss of water. But it also questions the use of the water resources by the small agricultural producers who grow alfalfa as their main product, a water intensive agricultural good. This short vignette brings to question public administration's role in the equity of water distribution and use within the U.S.-Mexican border, specifically looking at the situation with the Imperial — Mexicali valleys.

Social equity for the purposes of this text is defined as “the fair and just distribution of societal benefits and burdens” (Creger, et al., 2018, p. 5). This policy goal is difficult to apply within a nation's borders based on the unequal access to decision making and resources. Therefore, considering the possibilities in the U.S.-Mexican border seems beyond any probability. As Mumme and Ibañez (2013) state “it is axiomatic of Mexico-

United States relations that the development and management of their shared water resources has evolved in a highly asymmetrical manner, defined and affected by unequal power relations” (151). This asymmetrical relationship is seen in the allocation of water resources in the California-Baja California border. Even though this is the historical basis of the relationship, it does not mean as we move further into the 21st century that it cannot change. A simple proposition is for institutional change to begin to meet the needs of society by focusing on inclusionary policies that embrace social equity as a driving goal.

The allocation and use of water within the border have been historically fraught with conflict. To help manage the resource, the International Boundary and Water Commission/*Comisión Internacional de Límites y Agua* (IBWC/CILA) was created with the signing of the 1944 Water Treaty between the United States and Mexico. This binational institution is the main negotiating body between the two countries. Additionally, there are federal, state, and local governments engaged in the management of water within their jurisdictional boundaries. They might cross the border, such as seen in the work with the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) and Mexico’s *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (SEMARNAT), but their main functions are based in their country of origin. Therefore, these agencies do not always have a direct say on the complete use of the resource in the region, but can have an impact on the realities of access to water on the other side of the border.

Because of the contentious nature of water, there is a strong legal basis for the regulatory framework. In the cross border context, the 1944 treaty set Mexico’s allocation from the Colorado River of water at 1.5 million acre feet (MAF). This is in comparison to the 4.4 MAF total allocation to California that includes a 3.3 MAF allocation to the Imperial Valley. From this simple perspective alone, the allocation of water in this border region is inequitable when considering the population numbers in the region then and today. Between the 1940 and 1950 census in Mexico, the population of Baja California grew from approximately 78,000 to 226,000 people (INEGI, n.d.-a). In Imperial County during this same time period, the population stayed at approximately 60,000 people. In fact, between 1940 and 1950, there was a net decrease in the population of Imperial County (U.S. Census, n.d.). Today, Baja California has more than 3 million people and Imperial County has grown to 180,000. There are further examples as seen with the lining of the All American Canal as part of the mid-2000s water transfer between Imperial Irrigation District and the San Diego County Water Authority, where Mexican farmers lost the water seeped in the Mexicali Valley-San Luis Mesa Aquifer (Cortez Lara et al., 2009); and the case of Constellation Brands in the Mexicali Valley, which is not a binational issue but again, highlights the lack of social equity decision making around water in the border region.

There is a need for a new focus on the work of agencies and institutions in the border region toward a lens on social equity. This is critically important for the California-Baja California border region as the Colorado River is increasingly impacted by growth in population and industry (both in manufacturing and agriculture), drought, and climate change. The consensus is that with all of these pressures on the system, there is going to be less water (Udall and Overpeck, 2017). Leading to the question that under these conditions, how will agencies make decisions that equitably distribute this natural resource to all stakeholders and interests? The primary concerns have been in improving the efficiency and effectiveness of the system, which is related to equity but does not ensure it will be achieved. Without an equitable approach, the crisis that exists can only become worse as the end users protest in the courts and on the streets.

There are a multitude of questions that come to mind when thinking about the equitable distribution of water within the border region. What is a beneficial use as defined by the end user? What is the equitable distribution of water across the border? How do border institutions and governing agencies bring equity into governance? Do large corporations or businesses that are going to create a large number of jobs have a greater right than small family operators? Should individuals who are impoverished be given greater consideration? What consideration should policy makers give to the environment in comparison to the human need? How do we decide what is the social benefit in the distribution and use of water? All of these questions could be applied anywhere, but the implications in the context of the U.S.-Mexican border are very complex. With the ultimate question being, can a measurement of social equity be taken in a region that is shared by two sovereign nations?

This paper is an exploratory, conceptual analysis of these questions. It begins with a theoretical overview; reviews water indicators for the region; looks at the challenge of water and the managing institutions in the U.S.-Mexican border through a social equity lens; and the next steps to developing a framework for the region. The specific indicators that explore social equity and water in the border region include: water quality; access to water; demographics of the region; and the binational institutions and transparency.

Defining and Implementing Social Equity in the Public Sphere

Social equity is one of the three pillars of new public administration developed in the United States in the 1960s. The Minnowbrook Conference at Syracuse University, convened by Dwight Waldo, brought together public administration academics and practitioners to discuss the future of the field in order to meet the needs of society. H. George Fredrickson (2010), one of the attendees, proposed at this time that social equity

be included to ensure that government addresses issues of fairness and justice—key components for democracy. There are many cases by which groups have been and are still excluded from power and need the public sector to keep in mind equal distribution of public benefits and goods. As noted by Fredrickson (2010), “social equity, then, includes activities designed to enhance the political power and economic wellbeing of these minorities” (p. 7).

Yet, in considering equity there needs to be a means by which to measure it. This begins by finding an agreed upon definition, which is not an easy task, and one of the reasons why social equity is limited in its application in communities. The National Academy of Public Administration (the Academy) and a number of U.S. cities are working to develop indicators and performance measurements that would help governing institutions to plan and measure equity within their jurisdictions, policies, and programs. The Standing Panel on Social Equity by the Academy defines social equity in public administration as:

The fair, just, and equitable management of all institutions serving the public directly or by contract, and the fair, just, and equitable distribution of public services, and implementation of public policy, the commitment to promote fairness, justice, and equity in the formation of public policy (National Academy for Public Administration, 2000, para. 3).

Johnson and Svava note that social equity is better addressed by public administrators than by the politicians. Administrators have more ability to make the real change to the system than the politicians who are tied down to historical differences, conflicts, and political narratives/culture. Thereby, this paper focuses on the administrative units working in the border region and not the political agendas. Changing how the public administrators address equity within a society entails two approaches: “Treating people the same to promote fairness and equality, and treating them differently to provide justice” (Johnson and Svava, 2011, pp. 17-18).

Addressing social equity in administration means working on issues of liberty, equality, and justice along with political leadership. Justice is one key component as it “requires that administrators have the flexibility and judgment to provide individualized attention within the framework of law and policy” (Cooper, 2000, pp. 303-304). Justice is lost if the system is weighted too much one way or another. It is therefore a balance in the system where “everyone should have as much freedom and equality as justice allows and no more than that” (Adler, 1981, p. 138). How it is defined is critical as arguments point to the complexity of the concept and that justice is contested as there are many different understandings based in the place and time of the discussion (Johnson and

Svara, 2011). From this we turn to John Rawls, who defined justice in 1971 as “Each person is to have an equal right to the most extensive total system of equal basic liberty compatible with a similar system of liberty for all” (Rawls, 1971, p. 302).

Once an agreed upon definition of social equity is attained, the next step is operationalizing it so that public administrators can implement it in their policies/programs. Blessett et al., (2017) offer the following definition for administrators to operationalize the concept of social equity in their work:

Social equity, in public administration, refers to policy formulation and implementation, public management practices, the provision of public goods and services, and administrator/resident interactions that reduce (and ultimately eliminate) disparity, marginalization and discrimination while increasing social and political inclusion (Blessett et al., 2017, p. 11).

The specific criteria for social equity includes:

- 1) Procedural fairness—“examination of problems or issues related to procedural rights (due process), treatment in a procedural sense (equal protection), and the application of eligibility requirements within policies and programs” (Johnson and Svara, 2011; Blessett et al., 2017, p. 21).
- 2) Quality—“process equity involves a ‘review of the level of consistency in the quality of existing services delivered to groups and individuals’” (Johnson and Svara, 2011; Blessett et al., 2017, p. 22).
- 3) Access—“distributional equity involves a review of current policies, services, and practices to determine the level of access to services/benefits and an analysis of reasons for inequitable access” (Johnson and Svara, 2011; Blessett et al., 2017, p. 22).
- 4) Outcomes—“involve an examination of whether policies and programs have the same impact for all groups and individuals served” (Johnson and Svara, 2011; Blessett et al., 2017, p. 22).

Linking social equity to performance indicators provides a point for measurement, and hopefully, a baseline to understand the current conditions. Indicators alone do not make policy or provide a comprehensive look at social equity, but do start the conversation and analysis. In order to achieve social equity in a community, there needs to be “the development and implementation of policy, management, provision of goods and services, and behaviors that reduce disparity, marginalization, and discrimination and increase social and political inclusion” (Blessett et al., 2017, p. 53).

When selecting the indicators to tell the region’s story, it is important that they take into account the historical disparities, and include specific conditions based

on race and ethnicity (Blessett et al., 2017). Measuring social equity is very specific to the conditions that have arisen over time with the economic, social, and cultural conditions. With these criteria, there is an increased complexity when applying social equity within a binational context, particularly in the U.S.-Mexican border region. Indicators are not always comparable across the border, and there are four levels of governance that touch the communities—binational, federal, state, and local. Within these four levels of governance, depending on the location, there can be multiple local governments (as seen in the San Diego-Tijuana region) or states (as found in the Texas-Mexico borderlands).

The most comprehensive approach is to develop a framework that looks at measuring social equity and creating change. The components of the framework include “the environmental context, understands the measurement conditions, sets policy priorities, builds assessment into policy proposals, requires administrative changes to sustain efforts and uses feedback to adjust to policy and program outcomes” (Blessett et al., 2017, p. 36). This chapter is the beginning of the conversation and will primarily review the indicators—both Census/INEGI data and a brief overview of the institutions in the region. In the longer term though, a framework needs to be developed that includes the input from a range of stakeholders from the different regions across the border. A very good description of the literature that explores different regions found along the borderlands can be found in Correa-Cabrera and Staudt, 2014. When thinking about social equity in the border region, it is clearly critical to understand the different historical, socio-economic, and demographic differences. For it is with this information that researchers will be able to fully analyze the what equity means for their region and how it can be achieved. The next section of this chapter begins with a review of the water institutions in the Imperial Valley-Mexicali region, then looks at the data. From here, a discussion on what is needed to develop the framework will be explored.

Managing Institutions and the Treaties through a Social Equity Lens

This section begins in thinking about social equity in the management of water and the role of the public, nonprofit, and private institutions in the border region. It starts with a look at the basis for water allocation in the United States, where the Colorado River originates, and the implications for Imperial Valley’s water allocation. From here, it reviews the institutions that manage water and the basis for interaction with the community.

The Compacts and Treaties

There are a number of legal agreements that control surface water allocation in the California and Baja California border region. To name a few, these include the Colorado River Basin Compact from 1922 and 2019 Drought Management Plan; the 1944 Water Treaty between the United States and Mexico and subsequent IBWC/CILA Minutes; Section 22257 of the California Water Code; Articles 4, 27, and 115 of the Mexican Constitution; Mexico's *Ley General de Aguas*; and the *Ley del Agua para el Estado de Baja California*. As a side note, binational groundwater supplies are generally unregulated and are not fully considered in this chapter.

Western water law in the United States is based on common law, with first rights going to those who use it first. This law is based in prior appropriation and riparian rights. This is why the Imperial Valley (IV) has maintained an allocation of 3.3 MAF. The farming community in the IV aggressively brought water to the region in the late 1800s and early 1900s, and with the negotiations with the Colorado River Basin Compact, they were able to secure their rights (Finley, 1974; Andres, 2003). It is important to consider that at this time, 832,000 acres of land in the Mexicali Valley was held by the Colorado River Land Company, which was owned by General Harrison Gray Otis and his son-in-law Harry Chandler from Los Angeles. During these first years of development of the region, the Colorado River Land Company limited the cultivation of the land on the Mexican side (Chamberlin, 1951). They also limited the engagement of Mexicans on the land. This was a time of territorial contention between the U.S. and Mexico, with many in the U.S. maneuvering for Baja California to be part of the United States.

What is the social equity lens within this context? The water rights of today are based on the power relations of over 100 years ago. During this time, in the Imperial-Mexicali Valleys, the U.S. side of the border had the most population as there were different developmental policies in the countries and resources, among other considerations. Today, that situation has changed with a larger population in Mexicali (five times larger), and the Colorado River allocation to Baja California must meet the needs of 2.6 million people, as seen in Table 1. With the reduced water availability in Baja California, comparatively, the irrigated land in the Imperial Valley is around 450,000 acres, while in Mexicali it is 200,000 acres.

The federal governments in the border region are the leads in decision making on the allocation of water between the United States and Mexico, and it is guided by the treaties, laws and regulations noted above. And as discussed, the decision making is based in the sovereignty of the nations, which equates to working through the management schemes

in each country on either side of the border. This is not to say there is not consideration of the other side, but national interests are important in the negotiation process.

Table 1. Population and Irrigated Land in Imperial and Mexicali Valleys, 1900 and 2010

	<i>Imperial Valley</i>	<i>Mexicali</i>	<i>Calif. Border Counties</i>	<i>BC Border Counties</i>
Population 1910	13,591	-	75,256	9,760
Population 1920	43,453	6,782	155,701	7,810
Population 2010	176,768	936,826	3,352,906	2,597,588
Irrigated Acreage 1900	67,000	-	N/A	N/A
Irrigated Acreage 2010	450,000	200,000	N/A	N/A

Source: For the United States: U.S. Census Bureau - Population of Counties by Decennial Census, 1900-2010, DesertUSA, 2019. For Mexico: INEGI, Anuario Estadístico, Censo 1900, 1910, 1930, y 2010.

Water access policy is broken down into considerations for the quality and quantity of fresh water supplies for personal use, agriculture, and industry needs. There are also considerations in recycling and reuse of water, as well as the management and disposal of wastewater. Of course, all water is linked and watersheds are holistic in how they move the resource through the system, yet in order to maintain a focus for this paper, the definition and analysis is focused on the social equity in surface water access. This idea is extremely important—particularly as the west continues to experience drought and population growth.

The legal basis for the allocation of water is focused primarily on the use of water by people, then come considerations for the environment’s flora and fauna. Many would consider that there needs to be a healthy balance between human and environmental considerations (Pimentel et al., 2004), but more often than not, the environment is second to human development. As one Imperial Irrigation District Director and Imperial Valley farmer was overheard saying, “Fish and animals do not have water rights, only people do”. This is more poignant in regions that are arid in nature; have

many economic considerations based in water use; and a growing population—all considerations for the U.S.-Mexican border.

The legal framework is designed to control the competition for the resource rather than creating a system of cooperation. Competition comes with a lack of resources for the community. This occurred in the environmental process at the taskforce levels with the Border 2020 program and its previous inceptions. Of course, the budget allocated was less than the need and many organizations competed for the limited funds. This competition can limit cooperation and increase politics between groups as there is positioning to support their programs. If the system is to put social equity at the forefront, budget decisions would be made from a backward budgeting process (Fredrickson, 2010, p. 17). The needs are first and foremost with expenditure requests that help to promote decision making and community participation as priorities. Of course, there is a possibility that even with this type of process, elites (those in the know) will be the main recipients. A measure by which to overcome this problem would be to provide as many incentives as possible to bring residents and those directly impacted by the decision making into the process. In the border region, this means working with multiple institutions that function within their own socio-cultural governance systems. This idea is explored in the following section with a review of the main institutions and their public outreach mechanisms.

Border Water Institutions and Management Frameworks

In the border region, with a multitude of administrative overlays that mandate efficiency and effectiveness, advancing the social equity component is critical to the region's development. A means by which to address equity will come by focusing on the problems at hand and changing how the hierarchical decision making is made. Decisions concerning the management of the border are generally made by high level administrators through a formal process. Considerations of local needs have been incorporated through community advisory groups, meetings, taskforces, etc. The success of these initiatives has varied, as it does in many community based initiatives. What is different with community meetings in the border is that nationalism and sovereignty are always a consideration in the background. A couple of examples on how this plays out can be found in discussions that argue against spending tax dollars on the other side of the border, and the higher level conversations that are not democratic as not everyone who might want to be part of the discussion is there.

This is not to say there is no community voice in the border. With the changing nature of how the public sector is managed with the incorporation of non-profit

organizations and the private sector, in some communities there are stakeholders directly engaged. In the U.S.-Mexican borderlands, it really does depend on which binational grouping of cities you are located in. An obvious reality is that some communities have a more diverse elite with access to the system than other areas. This is clearly seen in the California-Baja California border region, when comparing the San Diego-Tijuana region to the Imperial Valley-Mexicali region. San Diego and Tijuana have an engaged community on border issues. There are multiple levels of leadership from non-profits, academic, government, and business sectors. In the case of this region, you also see cooperative discussion and activities promoting and seeking to find solutions to the challenges that come from living with a border. In the Imperial Valley-Mexicali region, the border conversation is there, but struggles with a smaller population of stakeholders. There are fewer experts in the region, and less resources. This is not to say there is no coordination, but it is limited in comparison to San Diego-Tijuana.

The administrative state in the border region as noted previously is based in sovereignty, with top-down decisions that are best for each country. An added complexity (as if we need one) is the move to a rule of law mantra along the border. With the security concerns of international terrorism and the trafficking of goods and people along the border, the administrative state has become more focused on national security. Over the decades prior to the terrorist attacks on September 11, 2001 in the United States, management of the border region and relations between the United States and Mexico had incrementally improved from an historical distant relationship (Riding, 1984). The cities along the border were interlinked through their historical, cultural, economic, and familial ties, but the capitals of each nation were far away and gave scant attention to the needs of the region. In the 1970s, this began to change during the Carter and López Portillo administrations. In 1979, the Consultative Mechanism, led by the embassies, was developed with three broad working groups—economics, political, and social—to discuss and cooperate on shared public challenges. From this, the U.S.-Mexico Binational Commission (BNC) was established during the presidencies of Ronald Reagan and López Portillo in 1981. From 1981 until 1993, the number of working groups expanded. With the passage of the North American Free Trade Agreement (NAFTA), additional institutions were developed with the implementation of the side agreements on the environment and labor. From 1994 until 2000, President Clinton and the U.S. Congress dedicated finances and programming to improve the quality of life of border residents. Most of this work was very high level between the national governments, with exception of the environmental programming developed as part of the 1983 La Paz Agreement. This agreement was strengthened with NAFTA and a new focus on the border that brought about additional funding and new institutions. The

Border 21 framework based in the La Paz Agreement, and subsequent programs Border 2012 and 2020, are examples of the national governments working with states and local communities to improve access to public goods and improving quality of life through environmental investments.

After September 11, 2001, these positive border developments were attenuated or reversed. The Border Working Group, within the BNC, was reformulated to the Working Group on Homeland Security and Border Cooperation. This refocus came with the centralization of border management under the U.S. Department of Homeland Security, which moved toward more efficient management and solidification of U.S. federally defined rule of law and security policies. This continued under the administrations of Obama in the U.S., and Calderón and Peña Nieto in Mexico, though with a focus on improving technology and smart crossings, and pre-check, pay to use programs such as SENTRI and NEXUS to facilitate border crossings. It also included expanding the role of government contracting and the increased use of surplus military equipment by local law enforcement (Napolitano, 2012). This brief overview of relations at the federal level sets the tone for how other activities are managed.

Directing our attention to the governing agencies and institutions that are managing water (or playing a significant role) in the region, there are the binational agencies—International Boundary and Water Commission (IBWC)/*Comisión Internacional de Límites y Agua* (CILA), and the North American Development Bank (NADBank) and Border Environment Cooperation Commission (BECC); federal agencies such as the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Mexico's Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (SEMARNAT), U.S. Department of the Interior and Bureau of Reclamation, and *Comisión Nacional de Agua* (CONAGUA) in Mexico; state agencies *Comisión Estatal del Agua de Baja California* (CEABC), *Baja California Secretaría de Protección al Ambiente* (SPA), the California State Water Resources Control Board (SWRCB), and California Environmental Protection Agency (Cal-EPA); locally there is the Imperial Irrigation District (IID), and the Distrito de Riego Rio Colorado who manage the water supply, and the local cities who distribute and charge for water use in the urban areas.

Binational Agencies

IBWC/CILA

Formed in 1944 with the signing of the Utilization of Waters of the Colorado and Tijuana Rivers and of the Rio Grande, the IBWC/CILA is an expansion of the

International Boundary Commission set by the Treaty of Guadalupe Hidalgo in 1848. The Commissioners are appointed by their respective presidents and the IBWC operates under foreign policy guidance of the Department of State. CILA is more integrated with its respective federal agency, *Secretaría de Relaciones Exteriores* (SRE), than IBWC as simply seen with the website with CILA being a page within the SRE site. IBWC has a separate site with its own identity separate from the Department of State. This small difference provides a look into organizational framework of the governments and the hierarchy that still exists within the Mexican system (Sánchez-Munguía, 2019).

As part of its process, the U.S. section has five citizens forums, two of which are in the California region. The Mexican section has seven, again two in the Baja California border region. In reviewing the membership and minutes from the meetings, these forums are designed to update the public on issues of importance in the region and the members are primarily from agriculture, an ice company, academics, and water districts—though there is not an updated list of all of the members. The Colorado River Citizen’s Forum (Imperial County/Yuma) Forum has been meeting since 2008, with 35 total meetings or four meetings per year recorded. The Mexicali forum has only met five times since 2015 and the last meeting was in 2017 (Comisión Internacional de Límites y Aguas [CILA], 2015). This small observation again shows the differences between the governance structures on both sides with a much more decentralized, yet not completely transparent system in the United States, and a more centralized, controlled citizen participation in Mexico. This perspective has not changed as there have been critics of the IBWC/CILA for years noting that the system “is ineffective because of its slow, top-down approach” (Ingram et al., 1995; Ingram, 1996; Spalding and Audley, 1997; Vanderpoot, 1997 as noted in Carter and Ortolano, 2000, p. 692).

NADBank and BECC

The NADBank and BECC were binational agencies with a shared governance system and were initiated with the signing of the North American Free Trade Agreement. The initial purpose of these sister organizations was to work on water and wastewater infrastructure projects along the border. The focus of the BECC was to certify the projects and the NADBank provided the funding mechanism. When these agencies were first created, they each had their own community advisory board, but this has changed over time and now there is only one board and organization, the NADB.

Congressional funding to the U.S. EPA, Border Environmental Infrastructure Fund (BEIF), has been used by the NADBank/BECC to provide grant funding for many of the infrastructure projects. This was needed as the NADBank funding was set at market rates, which was higher than the bond rates that could be obtained by the

U.S. applicants, and the Mexican applicants had difficulty financing the projects as they needed to raise their water rates. This was problematic for two reasons:

- 1) Water is seen as a human right in the Mexican Constitution, and the utility could not turn off the water for non-payment. This has since changed, though it is still a guiding principle.
- 2) With the informality of much of the housing in border region, it has been a challenge for the local governments and utilities to hook up the homes and collect the fees. This is also changing with new technologies coming to the region, and efficiencies have increased in the system.

This has both positive and negative impacts to social equity in the distribution of the public good of water—water was not denied to anyone in Mexico, but there was not really justice for all of the population as there was not enough funding to support the system. This puts additional costs on individual homeowners and businesses to improve their personal water quality and differentiates the quality of water that people have access to depending on what they can afford to pay.

As part of the funding issues and the increase in the cost of water, the BECC/NADBank mandates that all utilities or local government applicants to conduct a series of community outreach meetings on projects. The goal is to have the greatest amount of transparency possible so that the local community understands they will be paying for the project (Carter and Ortolano, 2000, p. 694). This is to ensure project longevity and sustainability and again, increasing the effectiveness/efficiencies. It also brings in the concept of social equity though the projects are not reviewed by this criterion. Finally, there are training programs to develop capacity in local utilities with operations and construction (Carter and Ortolano, 2000, p. 706).

Since the initiation of the NADBank and BECC, these organizations have evolved with the changing conditions in the central governments and needs along the border. These changes have led to the merging of the two into one organization in 2018, the NADB, and working on a multitude of environmental projects from water, to solid and hazardous waste, air quality (particularly road paving), clean energy, and energy efficiency. The fundamentals are still part of the organization with a director and co-director appointed by the board. But this process is also clearly a centralization of the agencies, with the main office in San Antonio, Texas, and an office in Ciudad Juarez. Before the merger, the NADBank was located in San Antonio and the BECC was headquartered in Juarez. This move creates a high-level process that is good for efficiencies, but still unknown on its impact to social equity.

Federal Agencies

U.S. EPA and SEMARNAT

The U.S. EPA and SEMARNAT are the environmental regulators for both countries, and have worked together in the border region since the mid-1980s with the signing of the La Paz Agreement to develop community resources and improve environmental conditions. The joint community programming has created a series of policy forums and taskforces to work on environmental problems. Specifically, the water policy forum developed the strategic plan and priorities for water quality and wastewater. This process grew in strength over the years, starting with Border 21 in 1994-95, but unfortunately has waned in recent years with Border 2020 with budget cuts, concerns about security, and the centralization by the federal governments of border policy since the terrorist attacks of September 11, 2001. A new program, Border 2025, has been proposed and initial outreach meetings with border stakeholders were held in June and July of 2020. As this program is still very new at the time of writing, few specifics are known.

What can be said is that an environmental community was built around Border 21, 2012 and 2020 programming. People worked across agencies and across the border to solve difficult binational problems. This is the legacy—the relationships are there and work is still being done. A final and obvious note is that even though many projects have been implemented, there is still a great need to improve the local border infrastructure that impacts the environment.

DOI/BR and CONAGUA

The U.S. DOI/Bureau of Reclamation (BR) are the U.S. agencies that regulate the use of water as a natural resource. These agencies provide the regulatory oversight for the Colorado River Compact, controlling the flow of the river. The *Comisión Nacional de Agua* (CONAGUA) is the water regulatory agency for Mexico. Each of these agencies work within the normal bureaucratic processes in their respective countries. Citizens commissions do not exist, but the public administrators interact with the agency's constituents through the normal processes of lobbying, conferences, receiving citizen comments, etc.

State Agencies

Cal-EPA/SWRCB

The Cal-EPA is the main environmental agency in the state of California. It covers all environmental media, with the SWRCB managing water access and quality in urban

and rural areas. The SWRCB has numerous programs focusing on everything from climate change, to agriculture, to sustainability. There is a central board with five full-time, paid board members, who are appointed by the governor and approved by the state senate. Additionally, there are nine water boards that have seven part-time community members appointed by the governor and approved by the state senate. These are known as the State Water Quality Control Boards (SWQCB). The Colorado River Basin is Region 7, and the members represent local governments, local water districts, tribal governments, academia, and businesses. Not surprisingly, many of the members represent multiple sectors. For example, they are businesspeople who also sit on local city councils.

There are local executive officers, who are state employees, and a number of support staff in each region. The boards all must comply with the California Brown Act (open meetings act) and give the public an opportunity to engage in the process. As with any political entity, there are of course strong stakeholders in each region that are maneuvering to influence the decision-making process. Generally, this means those with resources have better access than those who do not. It is part of governance and without a concerted effort to bring in all voices, only some from the community are engaged. With this said, the process is decentralized and with the SWQCBs, there is local input and interaction.

SPA

Baja California *Secretaría de Protección al Ambiente* (SPA) is similar to Cal-EPA in its functions as it is the main environmental agency for the state. There are many differences though as it is a newer agency focused on environmental regulation, management, planning and policy, and outreach. SPA focus on water is the protection of water resources, monitoring specific industries and possible areas of contamination. As with many Mexican state agencies that have come to be with the decentralization process, there are still strict jurisdictions between the federal and state institutions. So, it must be noted that the governmental process is still evolving. There are transparency laws in Mexico, and a community engagement process with agencies is at varying ranges of development.

CEABC/CESPM

There are two state commissions on water and public services in Baja California and Mexicali more specifically. The *Comisión Estatal de Agua de Baja California* (CEABC) and *Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali* (CESPM). CEABC is the state operator that guarantees access to water for all areas across the state. They have two

public private partnerships working on a project in San Quintin and in Playas de Rosarito. Again, with a look to improve efficiencies in the development and implementation of large infrastructure projects.

CESPM is the direct provider of water to urban water users in Mexicali. It is the public utility for the region. What is key to note here is that though this agency is specific to Mexicali, it is still a state agency. The legacy of a centralized political structure still exists, and there is limited local engagement.

Local Agencies

IID/MWD

The IID is the water agency in charge of the water rights in Imperial County as part of the Colorado River Compact. The board members for the IID are elected by voters in specific districts. Elections are held every four years and current members represent a mix of urban and farming interests. As board members, they are to uphold the water rights and make the policy decisions for the institution.

The Metropolitan Water District of Southern California in Los Angeles (MWD) is given a mention here merely because of the balance of power between the largest holder of water rights in the region versus the largest water political entity in Southern California. As a recent example, the Colorado River Basin States signed a new drought agreement in 2019 for the use of the River. The Imperial Irrigation District did not agree to sign to a decrease in water use in the region without \$200 million from the U.S. federal government to help with the management of the Salton Sea. There was an impasse in the agreement and MWD signed for the IID stating they will take the Imperial Valley's portion of the water reduction if needed. This issue is very recent to the writing of this document and it is not clear what the outcome will be as the IID is threatening to take the matter to court. What is clear is the power relationship around water in the Southern California region is fractured as this is a case of the agency with the largest water rights allocation working against the agency with a greater budget, and population.

The perceived inequity of the Colorado water allocation is contested more in the United States than across the border. Lippert (2015) discusses how the imbalance of water rights in the region has brought a lot of criticism. "The Imperial Valley belongs to a plutocracy of corporate agricultural and real estate interests that hoard water," says Carolee Krieger, president of the California Water Impact Network, a nonprofit group in Santa Barbara. "They're fighting to control water that California needs to preserve its environment" (Lippert, 2015, para. 5).

The future for the use of water in the region is not completely known, but it is highly probable that the farming community will not be able to hold on to its allocation forever. There have already been two transfers of 300,000 AF to the coastal areas. With climate change and population growth, impacts on the Colorado River flows are going to increase. How it is managed is yet to be seen, but the issue of equity needs to be a driver in the decision process. Otherwise, the most beneficial use will be difficult to determine.

Local City Water Departments and Local Water Districts

Each incorporated city and unincorporated towns in the Imperial Valley have a water department/utility to treat and deliver Colorado River water to households and manage wastewater discharges. They work directly with the IID in the purchase of water and are allocated 2% of the total water available. The local water utilities are subject to state laws and under the jurisdiction of the local city councils. Access to water and managing of wastewater within this context is equitable. The question that does arise is the equity between the agricultural and urban areas.

Distrito de Riego 014, Rio Colorado

The Distrito de Riego 014, Rio Colorado is the organization that administers the water hydraulic system in the Mexicali Valley and San Luis Colorado in Sonora. The District is made up of a number of small modules that manage the water locally. The leadership is selected by the users within the system. These districts were decentralized by CONAGUA in 1998, and therefore, still a fairly new organizations in the region.

Non-Profit Sector

There are also a number of non-profits engaged in the water policy discussion. On the U.S. side of the border, these include the Pacific Institute (Oakland), California Water Impact Network (Santa Barbara), International Community Foundation (San Diego), Sierra Club, and others. Each of these organizations, except the California Water Impact Network, work on both sides of the border. In Mexico, there are many small groups with varying levels of organization that arise when a problem comes about, but then they disappear when the issue dissipates. A larger non-profit is the *Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua* (COMDA). COMDA is a network of organizations working across the country to protect people's rights to water. Others include the *Red Todos los Derechos para Todos y Todas*, and *Mexicali Resiste*. These Mexican organizations are working primarily on their own national issues, and have not entered the political debate across the border.

Private Sector

The private sector is part of the equation and too numerous to name, but include agribusiness, domestic, and multinational manufacturing companies in the region. There are also a number of companies that provide services to the water utilities through public-private partnerships. These are evolving in both the U.S. and Mexico with a new regulatory framework looking to partnerships to bring about greater efficiencies in the government programs. It is projected that the importance of the private sector will continue to grow with the focus on new public management systems in the United States and Mexico.

Concluding thoughts on Border Water Institutions

The purpose of this exercise is to show the complexity of the regional institutions and stakeholders. Bringing social equity into this mix will require a strong framework that provides a voice to the many stakeholders and a measure of justice for all of those in the region. Historically, decisions have been made by those who are well connected and well resourced. This is clearly true for the Imperial and Mexicali valleys. Imperial Valley developed through access and control over the water (Andres, 2003). In Mexicali, the process is based in development and decentralization of the institutions. The reasons are different, but the results are the same. With this in mind and based on past successes and political structure of the agencies, the best recommendation in bringing about a more equitable system would be to include it as part of policy goals within the next iteration of the Border 2020 program. This would bring the federal, state, local, and non-profit sectors together to discuss moving a policy framework forward with equity as one of its central goals. In past iterations of the Border program, there have been regional workgroups, policy fora, and local taskforces. Social equity and environmental justice could be developed into a policy forum that would engage the regional workgroups and local taskforces. At this level in the Border program, it would also be given the legitimacy and attention that is so badly needed.

Water Indicators Using a Social Equity Lens for the Border Region

This section provides a look at the water indicators for the Imperial-Mexicali valleys compared to the national indicators. As most who do research in the binational context of the U.S.-Mexican border know, it is difficult to find comparable figures. Table 2 was developed using a number of different information sites, therefore, the years are not always the same, and some of the units of measurement for the data was converted by the author. The goal of this data is to depict issues regarding water in the region, with

a specific comparative look at Imperial and Mexicali. An initial interesting finding is that water use is very similar in the communities across the border, except the amount of water available and the water use per capita is approximately half on the Mexicali side compared to Imperial Valley.

Table 2. Social Equity Indicators for Imperial-Mexicali Valleys, the United States and Mexico

	<i>Imperial</i>	<i>United States</i>	<i>Mexicali</i>	<i>Mexico</i>
Population 2015	179,839	321,039,839	988,417	119,938,473
Hispanic Pop. (%)	80.4	18	N/A	N/A
Poverty Rate (%)	23.8	12.3	25.7	43.6
Median Household Income / GDP-GNI Per Capita	\$45,800	\$57,617	\$11,221	\$8,610
Households without Water Connections (%)	0	0.04	1.3	5.4
Total Water Withdrawal (MAF/year)	3.1	388.575	1.67	64.695
<i>Water Withdrawal and Type of Use</i>				
Ag. (%)	96.17	41.3	95.8	76.8
Public Supply (%)	1.25	12.7	4.2*	14.0
Industrial Use (%)	2.23	46.0	N/A	9.2
Water Use Per Capita, 2016 (gallons)	N/A	418,052.27	N/A	179,319.99
Water Demand Per Capita, 2016	205 gallons/day	N/A	102 gallons/day	N/A
Impaired Water in the Region	17% of surface waters reported problems	46% Rivers and Streams poor condition	16.7% Surface water polluted	13.6% Surface water polluted

* Public supply in Mexicali includes the water for all urban uses, residential and industrial.

Source: U.S. Census Bureau (2017); INEGI (n.d.-b); CONEVAL (n.d.); DataUSA (n.d.); IMCO (2012); World Bank (2019); Statista (2019); CONAGUA (2010, table T2.19, table T8.5); EPA (2016); GEI Consultants, Inc. (2012); Medellín-Azuara et al. (2009); Michel (2003); GoodGuide (2011).

Applying the concepts of social equity to these data, the issues that stand out are quality, access, and outcomes. Is the system fair? From a binational context and work done here, it can be seen as fair but not balanced. Both sides are able to negotiate their positions within the IBWC/CILA, and though there are problems with transparency and democracy at the local level, at the national level there is a fairness to the system.

Quality issues are a problem as the water moves downstream and this has been a point of contention between the nations. There are also problems of water quality on the Mexican side with challenges in water treatment and public financing. Access to water is obviously much less in Mexico than on the U.S. side, and this is a clear equity issue. Finally, for outcomes we can note that the Mexicali side, the income earned is much less. More needs to be done though to understand the importance of water availability and resource use on income and wealth in a region.

These indicators do not completely speak to social equity in the border region, but do provide a view into the challenges. The next step is to develop a larger framework that sets shared goals for what an equitable system looks like. The framework needs to include considerations of:

- 1) Shared equal access to water for people, industry, and the environment;
- 2) Shared equal access to government and the governance process;
- 3) Improved infrastructure development and management;
- 4) Improved and equal access to services; and
- 5) Transparency on finances and governance.

From these goals, programming that supports justice and equity within the region can be developed. As a part of this programming, discussions that focus on water as a natural capital and its role in the life and economy of the region should be held. This could move the discussion from water as a natural capital to financial capital (Heal, 2012) and investment in the region that improves the quality of life for all residents. The trick here is that investment is needed by marginalized families and local farmers as well as the environment with the goal of creating balance in the region.

A final consideration is the ability for community organizing in a binational context. There are a lot of challenges to organizing based in language, resources, ability to cross the border, a sense of belonging, and identity with the background issues of nationalism and sovereignty. In order to form a single group, resources need to be dedicated to building binational organizations and institutions that are democratic in their processes and decision making, open and accessible to all residents, and supportive to meet the needs of those normally marginalized from the system. This framework is obviously not an easy task and will take a concerted effort over many years to accomplish, but if the overall good of the region is to be achieved, it is something that needs to be started as soon as possible.

Conclusion

The quality of life and economic development of the U.S.-Mexican border region is dependent upon the development of a social equity framework. Inequity fractures social cohesion and constrains the community in working together to overcome local challenges as they are fighting for scarce resources. Developing a framework will take bold, out of the box thinking, and dynamic leadership. It needs thinking of ways to develop programs that will promote equity through the current administrative institutions that exist at the binational, federal, and state levels. More work needs to be done in local communities to create capacity, but this can be done through time, a bit of resources, and again leadership.

The scenarios for the future look bleak if social equity and justice are not brought into the administrative process. It can be projected that challenges to the current power structure will increase, water will be reallocated out of the area to coastal regions in California and Baja California, and the economic viability of the region will decline. A call for action needs to be initiated now as this is not a short-term prospectus. Building a social equity framework will take time and energy, but will be worth it for a more prosperous future for the Imperial-Mexicali valleys.

References

- Adler, M. (1981). *Six great ideas: Truth, Goodness, Beauty, Liberty, Equality, Justice : Ideas We Judge by Ideas We Act On*. Macmillan.
- Andres Jr., B. J. (2003). *Power and Control in Imperial Valley, California: Nature, Agribusiness, Labor, and Race Relations, 1900-1940* [Dissertation]. University of New Mexico.
- Blessett, B., Fudge, M., & Gaynor, T. S. (2017). Moving from Theory to Practice: An Evaluative Assessment of Social Equity Approaches. *Center of Accountability and Performance, National Academy for Public Administration's Standing Panel on Social Equity in Governance*. <https://aspacap.files.wordpress.com/2018/10/cap-theory.pdf>
- Carter, N., & Ortolano, L. (2000). Working Toward Sustainable Water and Wastewater Infrastructure in the US-Mexico Border Region: A Perspective on BECC and NADBank. *International Journal of Water Resources Development*, 16(4), 691-708.
- Chamberlin, E. (1951). Mexican Colonization versus American Interests in Lower California. *Pacific Historical Review*, 20(1), 43-55. doi:10.2307/3634475
- Comisión Internacional de Límites y Aguas. (2015). Foros Ciudadanos de la CM de la CILA. <https://www.gob.mx/sre/acciones-y-programas/foros-ciudadanos-de-la-sm-de-la-cila?tab=>

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2010). June. *Statistics on Water in Mexico*. www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones?SGP-6-10-EAM2010Ingles.pdf
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (n.d.). *Medición de la Pobreza*. from: www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx
- Cooper, P. S. (2000). *Public Law and Public Administration*. Third Ed. F.E. Peacock.
- Correa-Cabrera, G, & Staudt, K. (2014). An Introduction to the Multiple US–Mexico Borders. *Journal of Borderlands Studies*, 29(4), 385-390.
- Cortez Lara, A.A., Donovan, M. K., & Whitefield, S. (2009). The All-American Canal Lining Dispute: An American Resolution over Mexican Groundwater Rights? *Frontera Norte*, 21(41), 127-150.
- Creger, H., Espino, J., & Sanchez, A. S. (2018, March). *Mobility Equity Framework*. Greenlining Institute. <http://greenlining.org/publications/2018/mobility-equity-framework/>
- DataUSA. (n.d.). *United States and Imperial County*. datausa.io
- DesertUSA. (2019). *History of the Irrigation in the Imperial Valley, CA*. <https://www.desertusa.com/cities/ca/imperial-valley-irrigation.html>
- Estado de Baja California, H. Congreso del Estado de Baja California. (2016). *Ley del Agua para el Estado de Baja California*. http://www.congresobc.gob.mx/Parlamentarias/TomosPDF/Leyes/TOMO_VII/Leyagua.pdf
- Finley, R. L. (1974). *An Economic History of the Imperial Valley of California to 1971* [Dissertation]. University of Oklahoma.
- Fredrickson, G. H. (2010). *Social Equity and Public Administration: Origins, Developments, and Applications*. M.E. Sharpe, Inc.
- GEI Consultants. (2012), October. *Imperial Integrated Regional Water Management Plan*. www.iid.com/home/showdocument?id=9555
- GoodGuide. (2011). *Scorecard: The Pollution Information Site*. scorecard.goodguide.com/env-releases/water/cwa-county.tcl?fips_county_code=06025#ranking
- Heal, G. (2012). Reflections--Defining and Measuring Sustainability. *Review of Environmental Economics and Policy*, 6(1), 147-163.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (n.d.-a). *Censo General de la República Mexicana*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1900/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (n.d.-b). *México en Cifras*. www.inegi.org.mx
- Instituto Mexicano por la Competitividad (IMCO). (2012). *Competitividad urbana y municipal*. <http://porciudad.comparadondevives.org/ranking/mexicali/3>

- Johnson, N. J., & Svara, J. H. (eds.). (2011). *Justice for All: Promoting Social Equity in Public Administration*. Routledge, Taylor & Francis.
- Lippert, J. (2015, Nov. 4). A Few California Farmers Have Lots of Water. Can They Keep It? *Bloomberg Market*. <https://www.bloomberg.com/features/2015-imperial-valley-water-barons/>
- Medellín-Azuara, J., Mendoza-Espinosa, L., Lund, J. R., Waller-Barrera, C., & Howitt, R. E. (2009). Water Supply for Baja California: A Report Prepared for the Border Affairs Unit of the California Environmental Protection Agency. www.researchgate.net
- Michel, S. (ed.). (2003). *The U.S.-Mexican Border Environment: Binational Water Management Planning*, SCERP Monograph Series, No. 8. San Diego State Press.
- Mumme, S.P., & Ibañez, O. (2013). Power and Cooperation in Mexico-United States Water Management Since NAFTA. In P. Gilles, H. Koff, C. Maganda & C. Schulz (Eds.), *Theorizing Borders Through Analyses of Power Relations*. P.I.E. Peter Lang, S.A.
- Napolitano, J. (2012). Border Infrastructure Task Force: Task Force Report and Recommendations. https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Final%20BITF%20Recommendations%2011%2012_0_0.pdf
- National Academy of Public Administration (NAPA). (2000). Standing Committee on Public Administration. <https://www.napawash.org/working-groups/standing-panels/social-equity-in-governance/>
- Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., Clark, S., Poon, E., Abbett, E., & Nandagopal, S. (2004). Water Resources: Agricultural and Environmental Issues, *BioScience*, 54(10), 909-918.
- Rawls, J. (1971). *A Theory of Justice*. The Belknap Press of Harvard University Press.
- Riding, A. (1984). *Distant Neighbors*. Vintage Books Edition.
- Sánchez-Munguía, V. (2019). The U.S.-Mexico Border: Institutional Weaknesses in Meeting the Growing Demand for Water. In H. R. Guerrero Garcia Rojas (Ed.), *Water Policy in Mexico* (chapter 13). Springer International Publishing.
- Statista. (2019). Annual water consumption per capita worldwide in 2016, by select country (in cubic meters). www.statista.com/statistics/263156/water-consumption-in-selected-countries
- Udall, B. and J. Overpeck. (2017). The Twenty-first Century Colorado River Hot Drought and Implications for the Future. *Water Resources Research*, 53, 2404-2418. [agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/ 10.1002/2016WR019638](http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2016WR019638)
- U.S. Census Bureau. (n.d.). *County Population Census Counts 1900-90*. <https://www.census.gov/population/www/censusdata/cencounts/>

U.S. Census Bureau. (2017). American Fact Finder. <http://factfinder.census.gov>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2016). March. National Waters and Streams Assessment 2008-2009: A Collaborative Survey (EPA/841/R-16/007). Washington, DC. www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/nrsa_0809_march_2_final.pdf

World Bank. (2019). Data Bank World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&country=MEX>

La desalinización de agua de mar como alternativa a la escasez hídrica regional en Baja California

Vicente Sánchez Munguía

Introducción

Este capítulo trata sobre el proyecto aprobado por el Congreso del Estado de Baja California, en 2017, para la construcción y operación de una planta desalinizadora de agua de mar en Playas de Rosarito, en contra de algunos sectores que se movilizaron para manifestar su oposición a la misma. Según la propuesta gubernamental, se busca asegurar el abasto futuro de agua para Tijuana y Rosarito en el contexto de la escasez y la variabilidad climática que amenazan el caudal disponible de la cuenca baja del río Colorado; sin embargo, la discusión ha girado en torno al carácter privado con que ha sido concebido el proyecto de desalinización, los posibles conflictos de interés en que habrían incurrido altos funcionarios estatales y la carga financiera que significa para el gobierno del estado, quien debe garantizar el pago del agua producida a la empresa concesionaria. Poco o casi nada se ha discutido sobre la pertinencia de esta planta, las implicaciones ambientales del proyecto, ni las ventajas o inconvenientes de la apertura a un mercado transfronterizo de agua potable que se vislumbra en la propuesta u otras medidas factibles frente a las situaciones de escasez.

Una primera cuestión para tener en cuenta es que las ciudades de Tijuana y Rosarito están en busca de alternativas para garantizar el abasto de agua para las décadas siguientes, debido a que el horizonte de su capacidad de abastecimiento actual se sitúa en 2030. El gobierno del estado y la Comisión Nacional del Agua (Conagua) han optado por la construcción de una planta desalinizadora de agua de mar por una empresa concesionaria encargada de la construcción y su posterior operación por 37 años. La aprobación del dictamen que autorizó el proyecto por parte del Congreso del Estado tuvo lugar en medio de movilizaciones de rechazo y fue recurrida en instancias judiciales por diputados de la oposición bajo argumentos de violaciones al procedimiento legislativo.

También hay juicios en curso por diferendos entre los accionistas de la empresa a la que se adjudicó la concesión y sigue habiendo cuestionamientos desde la sociedad a ese y otros proyectos aprobados en paquete como concesiones a Asociación Pública Privada (APP) por el Congreso, lo que implica que el proyecto de la planta desalinizadora en Rosarito se encuentre en *impasse* y pueda correr el riesgo de posponerse y esperar mejores tiempos políticos para una discusión y consulta más informada e incluyente.

Con independencia de la forma en que se resuelvan los distintos juicios ya en curso, el gobierno de Baja California ha firmado un contrato y ha adjudicado una concesión para la construcción y operación de la planta desalinizadora como solución al problema de escasez de agua que tienen frente a sí Tecate, Tijuana y Rosarito, cuya demanda ha crecido conforme al dinamismo económico y demográfico que ha mantenido por varias décadas este conglomerado urbano, localizado en una región que se caracteriza por la aridez y la escasa precipitación pluvial, aunque su adyacencia al océano Pacífico sea vista ahora como una ventaja y un sentido de oportunidad. En 2013, el portal de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) publicó una nota que señalaba: «México mira hacia el mar para remediar las sequías», pues «ante la sequía que amenaza a México, la potabilización del agua marina aparece como una opción viable, aunque expertos cuestionan sus efectos ambientales. Uno de los métodos es la filtración a través de membranas semipermeables para retener las sales» (Godoy, 2013 párr. 1).

Las autoridades federales y estatales se movieron siempre dentro de un escenario que implicaba la construcción de la planta desalinizadora de agua de mar bajo la forma de una concesión a una empresa privada creada ex profeso bajo la figura de una APP, sin esperar resistencia y rechazo social. Es probable que el rechazo no haya sido en particular a la planta desalinizadora, sino al hecho de que el proyecto adquirió un perfil tecnogencial (Swyngedouw y Williams, 2016) excluyente, donde el proceso de aprobación careció de apertura a una consulta abierta e informada a la comunidad, la cual no fue escuchada ni tomada en cuenta, en contradicción con cualquier manual de buenas prácticas y experiencias que la construcción de este tipo de proyectos ha experimentado en otros lugares del mundo, tanto para valorar las ventajas e inconvenientes de los mismos como para darles legitimidad.

Las ciudades de Tecate, Tijuana y Rosarito se abastecen de agua, desde hace varias décadas, principalmente del caudal que se transporta desde el Valle de Mexicali a través del Acueducto Río Colorado-Tijuana (ARCT), construido en la década de 1970 por el gobierno federal, cuando la disponibilidad de las fuentes locales ya no fue suficiente para atender la demanda de la población y su crecimiento en los años siguientes. Ahora, su capacidad de conducción sólo logrará satisfacer la demanda hasta 2030. El hori-

zonte temporal para el cierre de esa brecha explica que las autoridades estén tratando de encontrar soluciones a una posible escasez de agua, considerando que la demanda sigue creciendo y prácticamente la única fuente posible para su provisión es el río Colorado (Comisión Estatal del Agua de Baja California [CEABC], s. f.). Sobre la cuenca baja de este río internacional hay pronósticos de variabilidad climática que señalan probables afectaciones en la disponibilidad del recurso y, con ello, en los volúmenes que México recibe de Estados Unidos en cumplimiento del Tratado internacional de 1944 (Barnett y Pierce, 2009; Goodrich y Ellis, 2006).

En otras palabras, se trata de un panorama complejo de escasez y seguridad hídrica, donde los gobiernos de México y Estados Unidos han venido trabajando en forma cooperativa para encontrar soluciones a los problemas que plantea la probable disminución en el caudal de agua del río Colorado atribuida a la variabilidad climática. Sin embargo, en este caso, la conflictividad en que han devenido las decisiones tomadas por las autoridades como solución a los problemas de demanda futura en las ciudades de la costa muestra el perfil de la competencia por el recurso a diversas escalas, al igual que las dificultades para diseñar esquemas de participación privada en los servicios de agua, debido a la desconfianza hacia el gobierno por sus vínculos con los negocios particulares. Parte de la suspicacia se refiere a la información contradictoria respecto al carácter binacional en sus propósitos de distribución del agua producida, dado el volumen de producción proyectado.

El actual capítulo se presenta en el orden siguiente: primero se abordan las condiciones de demanda y disponibilidad de agua en Tijuana y su área metropolitana al amparo del concepto de escasez y demanda del recurso; en un segundo apartado se trata la desalinización de agua marina como opción y tendencia en países áridos con litoral oceánico; y en un tercer momento se aborda el proceso político de aprobación del dictamen que autoriza las garantías de pago por servicios de la planta desalinizadora y la posibilidad de un mercado transfronterizo de agua; finalmente, se incluye una sección de conclusiones.

Demanda y escasez de agua

La escasez de agua es motivo de preocupación mundial por los impactos que está teniendo en los cinco continentes, donde casi una quinta parte de la población habita en zonas de escasez física (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2014) y enfrenta ya los desafíos de la variabilidad climática y sus efectos en la disponibilidad de agua para satisfacer la demanda para consumo humano y la producción de alimentos. Seguridad hídrica y seguridad alimentaria son temas que han ocupado un amplio espacio del

debate académico y político internacional –los cuales se cruzan necesariamente con los de la escasez y la sequía– como acciones de carácter adaptativo bajo las nuevas condiciones de disponibilidad de agua y las necesarias capacidades institucionales para organizar y gestionar los procesos adaptativos.

Aunque el concepto de escasez de agua se entiende de diferentes maneras, siempre se refiere a la relación entre demanda socioambiental y disponibilidad, es decir, demanda agregada del recurso y disponibilidad de agua en un contexto social y económico determinado. Sobre el término se ha discutido ampliamente en medios académicos (Escribano, 2007; Gleick, 2003; Rijsberman, 2006; Turton y Meissner, 2000; Turton y Ohlsson, 1999) y con diversos matices se le ha considerado como una construcción social (Padilla, 2012) causada a partir de la intervención humana en el ciclo del agua (Aguilera-Klink *et al.*, 2000; FAO, 2013), que se produce en el marco de una relación social que determina la distribución del recurso, por lo cual puede darse bajo diferentes circunstancias. Se llama a no confundirla con la sequía, que es de carácter meteorológico y puede ser un factor interviniente que visibilice la condición de escasez (Padilla, 2012).

En un amplio análisis sobre el concepto, Rijsberman (2006) establece la escasez de agua como la condición de inseguridad hídrica que experimenta «una gran cantidad de personas en un área y por período de tiempo significativo» (p. 6), pero el mismo autor señala que no se trata de un término de aceptación general, en tanto que está sujeto a criterios relacionados con la delimitación de las necesidades de la gente, así como del ambiente, la proporción del agua que podría estar disponible para esas necesidades, al igual que las escalas temporal y espacial usadas para definir la escasez.

Consecuentemente, la escasez de agua se refiere a una situación de desequilibrio entre disponibilidad y demanda social, que se presenta cuando ésta excede los volúmenes utilizables, esto es, una escasez inducida demográficamente (Turton y Meissner, 2000), lo que Ohlsson (2000) ha llamado escasez de primer orden, producida por la muy limitada disponibilidad natural del recurso, distinta a la escasez de segundo orden, que el mismo autor caracteriza por la ausencia de habilidades adaptativas sociales e institucionales ante la nueva condición de déficit en la disponibilidad de agua.

El déficit, por lo general, impulsa a los responsables de la política y gestión hídrica a responder con acciones de movilización de mayores volúmenes de agua para satisfacer la demanda, mediante la construcción de grandes obras de ingeniería hidráulica (Turton y Ohlsson, 1999). Sin embargo, todo incremento en la disponibilidad, como respuesta a esta carencia, conduce a una mayor explotación del recurso natural, por lo tanto, la respuesta no es sostenible a largo plazo y no conduce necesariamente a cambios sustantivos en los hábitos de consumo de los usuarios, es decir, no presupone un uso más eficiente del agua y, en cambio, estimula el crecimiento de la demanda (McEvoy, 2017).

Alternativamente, ante condiciones de escasez, los expertos sugieren introducir medidas de control e incentivos, pero sobre todo iniciar acciones de reordenamiento de las asignaciones y derechos de agua que conduzcan a mejorar la eficiencia de su uso para liberar ciertos volúmenes a favor del consumo humano y el ambiente. Esto último significaría una reforma en una dirección redistributiva –que afecta intereses de los actuales concesionarios de los permisos de aprovechamiento del agua–, lo que implicaría un cambio de reglas y del *statu quo* y, por lo tanto, la necesidad de instituciones sólidas y con amplia legitimidad para emprender acciones como las señaladas que enfrenten los problemas de escasez de agua de forma diferente a la tradicional (basada en la oferta).

También se ha propuesto que las instituciones responsables promuevan mejoras en las condiciones de acceso y el uso del agua disponible, en lugar de optar por nuevos proyectos para incrementar la disponibilidad. En este sentido, Gleick (2003) ha sugerido cambiar la forma de incentivar las respuestas a la escasez, a través de lo que llama *Soft Path for Water*, que consiste en medidas orientadas a la productividad general del agua –en lugar de la continua búsqueda de nuevos suministros– y en una combinación de infraestructura física descentralizada de menor costo, toma de decisiones abiertas, tarifas equitativas, aplicación de tecnologías eficientes y protección ambiental. A su vez, Escribano (2007) ha destacado la importancia de trabajar con las nuevas tecnologías y de promover en la sociedad el uso adecuado del recurso, teniendo en cuenta que la presión sobre su utilización no sólo es por el crecimiento poblacional, sino debido a las necesidades creadas por las sociedades del bienestar.

En esta perspectiva, Tortajada *et al.* (2019) reportan importantes resultados en un conjunto de ciudades españolas que han registrado reducciones considerables en el consumo per cápita de agua, a través de una combinación de medidas con el objetivo de hacer eficiente su uso, las cuales fueron puestas en marcha por los organismos operadores en un reciente período de sequía prologada. Estos autores destacan el impacto de medidas no tarifarias de ahorro de agua, que se enfocaron en la sensibilización de los consumidores y en varios casos superaron a las de corte tarifario. De forma muy similar, Bernardo *et al.* (2015) encontraron que los consumos para la ciudad de Barcelona no sólo bajaron durante el período de sequía, sino que posteriormente registraron sucesivas reducciones en el consumo, apoyadas por la introducción de tecnologías y cambios en estructuras de la política hídrica. En ambos casos se muestra la importancia de la sensibilización hacia la sociedad en cuanto a su rol activo para el uso responsable a nivel doméstico.

La tecnología desalinizadora de agua marina para enfrentar la escasez

En un contexto amplio, y particularmente en las regiones áridas, las decisiones sobre política hídrica y nuevos proyectos se han venido perfilando a partir de la demanda de agua en el medio urbano, para el consumo doméstico y público, tratando de garantizar la disponibilidad del líquido ante situaciones de sequías prolongadas y eventos de escasez recurrente. Por lo tanto, la elección de las autoridades acerca de construir nuevos proyectos busca focalizar la demanda social de agua en el riesgo de la escasez, como estrategia de la narrativa que sustenta y legitima la decisión que, a su vez, se presenta como solución frente a amenazas al futuro económico y al bienestar de la sociedad.

Así, la escasez de agua, percibida o real, es convertida en un problema público que busca detonar acciones de política pública en favor de proyectos perfilados como una solución garante del acceso al agua que genera certidumbre en la sociedad, sobre todo en los sectores con poder e influencia, según sus vínculos y roles en el marco de la dinámica económica local o regional. Lo anterior es particularmente importante porque se trata del discurso sobre el cual las tecnologías de desalinización se han proyectado como alternativa para varias regiones áridas del mundo afectadas por eventos de sequía y/o escasez de agua, un discurso y una política a los cuales México se ha incorporado.

Los antecedentes de esta tendencia se sitúan en la década de 1980, cuando el desarrollo de la tecnología de osmosis inversa facilitó que la desalinización de agua se volviera una actividad totalmente empresarial y comercial a escala planetaria (Nair y Kumar, 2013). Los países de Medio Oriente fueron los primeros en contar con grandes plantas desalinizadoras para su provisión de agua potable, aunque también España operaba plantas de ese tipo en Islas Canarias.

Como proceso tecnológico de producción de agua potable, la desalinización ha experimentado un formidable crecimiento en las últimas décadas y se ha posicionado como el proceso dominante en su tipo a nivel mundial (Lattemann, 2010). Se trata de un crecimiento motivado por la escasez de agua en regiones áridas y semiáridas, donde ese tipo de condiciones son percibidas como restricciones o amenazas al desarrollo económico y social (Lattemann y Höpner, 2008), agudizadas por los eventos de sequía (Dawoud y Al Mullá, 2012) en regiones de disponibilidad limitada (Berkday, 2011). Sin embargo, es importante destacar que ha sido el aumento de la demanda en áreas urbanas donde el desbalance frente a la disponibilidad ha llevado a las autoridades a tomar decisiones en favor de los proyectos de desalinización como vía para garantizar el abastecimiento (Berkday, 2011; Biswas y Yek, 2016).

Por supuesto, dicha expansión de la desalinización ha sido favorecida por el desarrollo de la tecnología de osmosis inversa con uso de membranas, un factor importante

que ha bajado los costos de producción hasta un grado en el cual son comparables con los de las fuentes convencionales (Dawoud y Al Mullá, 2012) y ha convertido a este proceso en una opción para producir agua en regiones donde la disponibilidad del recurso es severamente limitada, sobre todo si se considera también la ventaja que representa desvincular el acceso al agua dulce de la dependencia del ciclo hidrológico natural y sus variaciones temporales.

Desde hace más de una década se pronosticaba que el número de plantas desalinizadoras seguiría creciendo, impulsado por el cambio climático, aunque ya se advertía que éstas originaban diversos efectos ambientalmente adversos (Höpner y Windelberg, 1996). Consecuentemente, también se indicaba que una planta de este tipo debería cumplir con las regulaciones ambientales y ser rentable en su construcción, operación y gestión, así como en sus costos asociados y en el monitoreo (Berktay, 2011), porque, no obstante el formidable desarrollo que ha alcanzado la tecnología para desalinizar agua, esta actividad se ha vinculado con sus potenciales efectos ambientales (Loya-Fernández *et al.*, 2012) y con la afectación de recursos marinos (Lattemann *et al.*, 2010), los cuales aún siguen siendo motivo de preocupación tanto en la construcción como en la operación de las plantas desalinizadoras (Dawoud y Al Mullá, 2012). Sin embargo, es frecuente que se tiendan a olvidar o minimizar dichos daños ante los beneficios que proporciona la desalinización al cubrir las necesidades de los pobladores, dando la impresión de que se trata de una actividad ambientalmente compatible (Höpner y Windelberg, 1996). Es por ello que se recomienda la evaluación exhaustiva de los grandes proyectos de desalinización, así como su integración en planes y regulaciones sobre recursos hídricos y tecnologías a escala regional, con el propósito de evitar un desarrollo ingobernable e insostenible (Lattemann y Höpner, 2008; McEvoy, 2017).

Por otro lado, el desarrollo tecnológico –que ha permitido bajar los costos de producción y ha facilitado la expansión de la industria desalinizadora de agua a nivel mundial– ha permitido también que dicho crecimiento se haya dado bajo una lógica empresarial con abierta participación del sector privado, donde las plantas desalinizadoras operan al amparo de figuras como las APP, con financiamiento mixto y operación privada.

La participación de particulares, el tema energético y el ambiental integran el núcleo del proceso sobre el que se desarrollan este tipo de proyectos hidráulicos en su dinámica de construcción del consenso social y político entre actores dispares, con el fin de remover el disenso en torno a la gobernanza del agua y lograr un acuerdo alrededor de la propuesta *tecnogerencial* (Swyngedouw y Williams, 2016), donde el financiamiento inicial se hace con aportaciones del gobierno a manera de subsidio (APP).

Swyngedouw y Williams (2016) encuentran que esta forma de participación privada en la construcción y operación de plantas desalinizadoras transcurre en un marco de

despolitización –producto de un discurso posicionado en el ámbito tecnogerencial, en lugar de en las relaciones sociopolíticas–, lo que permite superar la oposición de importantes sectores sociales al involucramiento de empresas privadas en la gestión hídrica. Sin embargo, esta participación se ha facilitado también porque se trata de una nueva fuente de agua sobre la cual no hay derechos establecidos, así como de un campo que hasta ahora es menos disputado (Swyngedouw y Williams, 2016); en todo caso, los disensos se centran en los impactos ambientales que se atribuyen al proceso de producción de agua por medio de estas tecnologías.

Por su parte, McEvoy (2017) llama sistemas sociotécnicos a los proyectos centrados en el uso de la tecnología, los cuales describe como: «conjuntos de componentes tecnológicos que están integrados en complejos contextos sociales, políticos y económicos, tienen el potencial para crear una relación humano-ambiente-tecnología más sostenible» (p. 3); sin embargo, su adopción requiere del desarrollo de mecanismos institucionales de tipo regulatorio para gestionar la infraestructura tecnológica y sus resultados. Para este autor, lo más importante es centrarse en los aspectos de desarrollo institucional y de capacidades, tanto en las empresas locales de agua (organismos operadores) como en los organismos de planeación urbana, porque considera que una de las características comunes en países en desarrollo es la debilidad institucional que hace de los organismos –carentes de recursos para aplicar la normatividad– entidades susceptibles a la corrupción (McEvoy, 2017).

Por otro lado, es importante destacar que la experiencia de los países donde se han construido plantas desalinizadoras de agua muestra que también se han puesto en marcha, de forma simultánea, acciones orientadas a mejorar la eficiencia en el uso del agua procedente de sus fuentes tradicionales, mediante diferentes tipos de instrumentos. Una recomendación general que se hace es que la opción de la desalinización se tenga como la última, es decir, que se agoten antes las posibilidades de aprovechamiento del agua con la que ya se cuenta y se adopten las mejores prácticas adaptativas ante las condiciones de escasez. Así, el entusiasmo que la desalinización despierta en ciertos sectores contrasta con la preocupación por los impactos ambientales que su operación conlleva y también por la posibilidad de que se transmita a la sociedad la idea errónea de que no hay límites a las cantidades que puede usar (Tal, 2017).

*Un proyecto de desalinización para la zona costa de Baja California
y la oportunidad de negocios privados*

Llegados a este punto, se puede asumir que Tecate, Tijuana y Rosarito son el ejemplo de ciudades que han crecido de manera continua por años bajo la amenaza de la escasez de

agua, debido a su localización en un medio árido y sin fuentes hídricas suficientes para satisfacer la demanda al ritmo del aumento que han tenido la población y la economía en las décadas pasadas. En este sentido, la construcción del ARCT en la década de 1970, y su inicio de operaciones a mediados del siguiente decenio, se inscribe en la etapa de la «misión hidráulica» a la que Turton y Ohlsson (1999) caracterizan por la construcción de grandes obras de ingeniería para abastecer la demanda. El dinamismo económico de estas urbes, derivado de su vinculación fronteriza con Estados Unidos, ha obligado a las autoridades del gobierno federal y estatal a crear las condiciones de infraestructura para abastecer las necesidades de agua al ritmo en que la demanda cambia, pero siempre bajo la lógica de incrementos de la oferta.

Ese crecimiento ha ocurrido en ausencia de una visión de largo plazo y de una planeación regional integral para estas ciudades desde las instancias gubernamentales responsables del ordenamiento urbano. Además, el aumento incesante y carente de orden se ha dado en un entorno natural caracterizado por una baja precipitación pluvial y por la contaminación del acuífero debido a insuficiencias de infraestructura, casi nula capacidad institucional de control sobre descargas de aguas residuales y sobreexplotación de sus aguas subterráneas, lo que ha llevado a escenarios de escasez física de agua (Navarro, 2010). Desde hace varios años, las instituciones responsables se mueven bajo la presión de encontrar alternativas que aseguren el acceso al recurso a este conglomerado urbano. Se trata, entonces, de un tema de seguridad hídrica, lo que significa contar con la disponibilidad adecuada para el consumo humano, la producción y el sostenimiento de los ecosistemas, con una gestión sustentable y coherente que garantice el acceso equitativo a los diferentes sectores de la sociedad (Peña, 2016).

Según la definición anterior, las respuestas institucionales a las amenazas de la inseguridad hídrica deberían orientarse a buscar las mejores formas de garantizar el acceso al agua para los diversos usos sociales ambientales, lo cual implicaría tener instituciones sólidas, ágiles y eficientes para la gestión de los servicios de agua, que trasciendan la visión sectorial y trabajen en una perspectiva transversal con otras áreas administrativas que participan de las decisiones sobre el aprovechamiento de los recursos naturales o son responsables de ordenar el crecimiento urbano. Se trata, en principio, de una cuestión de capacidades para hacer cumplir la normatividad, innovar en la gestión de los servicios, y poner en marcha proyectos alternativos para garantizar a la población el acceso al agua.

Aunque, hasta ahora, las respuestas institucionales han sido oportunas en la atención de la demanda de agua de estas ciudades, se trata de soluciones parciales de corto y mediano plazo, pensadas reactivamente como formas de incrementar la disponibilidad, sin alcanzar una gestión integrada ni una coordinación efectiva con los responsables de controlar las dinámicas de uso del suelo, la infraestructura de servicios y el equipamiento

urbano. A pesar de que, a partir de 1990, lograron mejoras en sus objetivos de eficiencia operativa para efectos de cobertura y calidad de los servicios (Castro-Ruiz y Sánchez-Munguía, 1999), no han logrado una gestión integrada del recurso orientada adaptativamente al uso sostenible del agua en condiciones de baja disponibilidad natural.

En este caso, la política hídrica del gobierno parte de pronósticos institucionales que indican que estas ciudades de Baja California se encuentran ante un problema de escasez de agua que se puede agudizar en los próximos años. La información oficial apunta con claridad el tipo de situaciones que los organismos públicos tienen que enfrentar para mantener el suministro del recurso para el consumo directo de la población y los demás usos urbanos en Tijuana-Rosarito, lo cual plantea la necesidad urgente de planear acciones para el mediano plazo y con alcance regional. En su diagnóstico, las autoridades señalan:

De acuerdo a los indicadores e información de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), en los municipios de Playas de Rosarito y Tijuana el abastecimiento de agua potable para los hogares, proveniente de fuente subterránea representó en 2011 sólo el 4 % del consumo total, disminuyendo al 3 % en 2012, 2 % en 2013 y el 1 % en 2014 (acumulado al mes de octubre), debido principalmente a la poca capacidad de recarga de este tipo de fuentes locales, pero también al largo período de estiaje presente en la región (CEABC, 2015, p. 5).

A esto, añaden:

Debido a las escasas precipitaciones que se registran en la cuenca del Río Tijuana (203.7 mm/año en Baja California) no es posible asegurar que se tenga una captación importante en la Presa Abelardo Rodríguez, pues en la actualidad, debido al largo período de sequía, no representa una opción de abasto segura del preciado líquido, pues en 2011 solo se proveyó el 16 % de las necesidades de abasto mientras que en 2014 representó menos del 1 %. Esto es que el agua superficial representa poca importancia para suministro de agua (CEABC, 2015, pp. 5-6).

Por otro lado, la problemática que se vislumbra es bastante compleja, considerando que se trata de un tema regional en principio, pero que se vincula con una dinámica de decisiones que involucran aspectos de orden binacional, en tanto que el río Colorado —como fuente principal— es compartida con Estados Unidos. Los pronósticos sobre los impactos de la variabilidad climática en la cuenca baja de este río indican la probabilidad de disminución del caudal disponible en las siguientes décadas y de reducción del volumen de agua que Estados Unidos entrega a México, de acuerdo con lo establecido en el Tratado internacional de 1944. Adicionalmente, los reportes del monitor de sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2018) señalan que, en los últimos cuatro

años, el fenómeno de sequía para la región ha tenido un comportamiento entre severo y extremo, sobre todo en la franja fronteriza entre el río Colorado y la costa del océano Pacífico, una porción del territorio estatal que comprende parte de los cuatro municipios más dependientes del agua del río Colorado.

Para fines prácticos, el Valle de Mexicali es el reservorio principal de agua para la economía y la mayor parte de la población estatal que se localiza a lo largo de la frontera. La información hidrológica oficial pronostica que para 2035 habrá en el valle un déficit de aguas superficiales, entre el volumen disponible actual y el esperado para ese año, en el orden de 148 millones de metros cúbicos (Mm^3), lo que representa ocho por ciento en este rubro, de acuerdo con el Programa Hídrico del Estado de Baja California (CEABC, 2016), en tanto que el déficit esperado en las fuentes de aguas subterráneas se proyecta en el orden de $523.8 Mm^3$ o de 47.6 por ciento (CEABC, 2016). Es de notarse el desbalance hídrico general, particularmente la sobreexplotación de las aguas subterráneas, donde se requiere mayor intervención de las autoridades responsables para reordenar las concesiones y moderar la extracción.

En otras palabras, la realidad climatológica regional y los pronósticos sobre la disponibilidad de agua en el futuro próximo cuestionan la seguridad hídrica para los municipios de Tecate, Tijuana y Rosarito, principalmente. Hasta ahora la fuente más segura para el suministro de agua a estas ciudades ha sido el río Colorado, del cual han incrementado su dependencia hasta en 99 por ciento (CEABC, 2015), pero las previsiones implican la urgencia de explorar alternativas, y es allí donde la desalinización de agua del océano ha sido considerada por las autoridades como la opción más viable y por la cual han apostado como su propuesta lógica en términos técnicos, financieros y políticos, pero también de negocios en vínculo con el sector privado.

Desde hace años, la Conagua (2012) se refería a ocho plantas desaladoras en el noroeste (tres en Baja California Sur, tres en Baja California Norte y dos en Sonora). El Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 (2014) sólo incluyó los proyectos de desalinización de La Paz y Ensenada, pero en 2015 la cartera de proyectos estratégicos de la Conagua, apoyados por el Fideicomiso del Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin), se refería a la construcción de seis plantas desalinizadoras en el noroeste del país: Los Cabos y La Paz (Baja California Sur), San Carlos (Sonora), Ensenada (una planta en Ensenada y otra en la Misión) y Tijuana, todas con esquemas de inversión 40 por ciento pública y 60 por ciento privada (Conagua, 2017). En 2017, el mismo organismo presentó esos proyectos en estudio, excepto el de La Paz, en revisión de factibilidad por el gobierno del estado (Conagua, 2017).

Por otro lado, aunque tanto la CEABC como la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) han sido reconocidas a nivel nacional en su capacidad de

gestión, es notable la ausencia de un esfuerzo institucional visible orientado a generar en la población un sentido de conciencia sobre los desafíos de vivir en una región con poca disponibilidad hídrica y precipitaciones bajas. La idea de escasez sí está presente en los pobladores, pero también existe la creencia generalizada de que la solución ante ella es traer más agua (Castro-Ruiz y Sánchez-Munguía, 2011), de forma muy similar a lo que las autoridades han manifestado y a la manera en la que han tratado hasta ahora el problema.

La calificación de las mencionadas comisiones como organismos destacados en la gestión del agua tiene que ver, sobre todo, con la capacidad de gestión de proyectos como los que han ejecutado para extender la cobertura de los servicios de agua y drenaje. De este modo, Tijuana registró, en 2016, una cobertura del orden de 98.6 por ciento en agua potable y 91.8 por ciento de alcantarillado, en tanto que, el mismo año, Playas de Rosarito contaba con una cobertura de 97.2 por ciento de agua potable y 88.6 por ciento de alcantarillado (CEABC, 2016). Las proyecciones oficiales señalan que —en 2035— la cobertura alcanzará prácticamente a toda la población, pero es muy probable que en la parte rural de los dos municipios siga habiendo carencia de esos servicios, aunque se trate de una población pequeña y dispersa.

En cuanto a la búsqueda de opciones para asegurar el abastecimiento regional de agua, es importante partir del hecho de que el mayor usuario del recurso es el sector agrícola concentrado en el Valle de Mexicali, dado que del agua que proviene del río Colorado «se destina en un 91 % para uso agrícola (por encima del promedio mundial de 65 % y del país de 75 %); 5 % para uso urbano y 4 % para uso industrial y comercial» (CEABC, s. f.). Al ser la primera una proporción muy superior a la de todos los demás usos, resulta obvio que allí se localice parte de la solución a los problemas de escasez a la que progresivamente se ha ido acercando el estado. Así, pareciera lógico que fuera en ese rubro donde la Conagua y los demás organismos responsables tuvieran que diseñar y ejecutar acciones de ajuste sobre los volúmenes concesionados de agua, así como pudieran introducir algún nuevo mecanismo de inducción que impactara positivamente en la eficiencia y el ahorro por los usuarios agrícolas para liberar agua. Sin embargo, teniendo la información que indica alta probabilidad de escasez, las autoridades enfrentan problemas políticos debido a la incoherencia en sus decisiones, ya que, por ejemplo, otorgan concesiones de agua a una empresa cervecera por grandes volúmenes y a largo plazo, complicando los otros proyectos relacionados con el líquido vital en la región.

Hay que tener en cuenta que el consumo por persona que reporta el organismo operador es de alrededor de 180 litros por día (CESPT, 2017), lo que es relativamente bajo si se compara con los 545 litros persona/día que reportó San Diego en 2012 (SDCWA, s. f.); pero hay que tener en cuenta que el consumo por persona ha bajado de forma impor-

tante en otras ciudades del mundo, particularmente en Europa, donde el promedio es de 128 litros persona/día (European Federation of National Water Associations [EurEau], 2017), lo cual implica que los consumidores urbanos pueden contribuir más en el cuidado del agua y su buen uso, considerando la disponibilidad regional. Otra posibilidad tangible se encuentra dentro del propio sistema de gestión del organismo operador, el cual reporta una pérdida física del orden de 20 por ciento, con un tratamiento primario y secundario de aguas residuales de más de 95 por ciento,¹ pero un reúso bastante limitado que sólo alcanza seis por ciento (CESPT, 2017).

El proceso político de la autorización de la planta desalinizadora de Rosarito

Como se mencionó antes, la Conagua ya tenía varias plantas desalinizadoras en su cartera de proyectos prioritarios a desarrollar en estos años, destacándose los del Pacífico noroeste. Muy alineadas con los pronósticos de escasez de agua y variabilidad climática en la cuenca baja del Colorado, surgieron propuestas para nuevos proyectos en Baja California. En concreto, el Acta 319 de la CILA, firmada en 2012, acordó la construcción de dos plantas de este tipo, las cuales fueron incluidas como parte de la solución a eventuales disminuciones en el caudal disponible del río Colorado. En ese acuerdo se incluyeron también proyectos de conservación de agua en zonas agrícolas, de conservación y reúso en zonas urbanas, así como nuevas fuentes de agua, entre las cuales se incluyen las plantas desalinizadoras en el océano Pacífico y en el mar de Cortés (Sánchez-Munguía y Cortez-Lara, 2015), de modo que la opción de un proyecto de desalinización de agua como alternativa para estas ciudades y otras en la costa de Sonora (Wilder *et al.*, 2016) se ha venido perfilando desde hace algunos años por las autoridades de México y Estados Unidos.

El «Programa Hídrico del Estado de Baja California. Visión 2035» (CEABC, 2016), vigente para la administración 2013-2019, incluyó en sus propuestas el establecimiento de plantas desalinizadoras en la zona costa (Ensenada, San Quintín y Rosarito): la planta de Ensenada comenzó a operar a mediados de 2018, la de San Quintín inició su construcción formal en octubre del mismo año, y la de Rosarito debió haber empezado su construcción en 2018. Dicho programa también se refiere a la planta desalinizadora en Rosarito como solución a la demanda de agua en la zona costa y la posibilidad de un mercado transfronterizo de agua potable (CEABC, 2018).

¹ A pesar del dato oficial en este rubro, las deficiencias en el sistema de alcantarillado y tratamiento siguen siendo fuente de conflicto internacional por los derrames de aguas residuales sin tratar que han cruzado la frontera con efectos contaminantes a las playas de San Diego.

La versión del gobernador Vega de Lamadrid es que la propuesta de la planta desalinizadora de Rosarito se hizo en forma conjunta por él y la Conagua, señalando que el proyecto había sido *palomeado* por este organismo y que él no sólo era un gobernador responsable, sino un impulsor de la iniciativa privada (Arellano, 2017), es decir, que siempre estuvo pensada como una asociación de capitales privados con inversión pública. El funcionario fue enfático al respecto:

Hace más de tres años, como gobernador asistí con la autoridad reguladora de agua que es la Comisión Nacional de Agua, ahí nos sentamos a ver de qué forma resolvemos el problema de escasez de agua en Baja California; trabajamos por más de dos años llegando a la conclusión de que la forma más eficiente, más efectiva y más sustentable económicamente era a través de inversión público privada (Arellano, 2017, párr. 4).

Es importante tener en cuenta que hay antecedentes y experiencias de la desalinización de agua de mar en Baja California, así como iniciativas anteriores en ese tema. Por ejemplo, «en el año de 1970 se puso en operación en la Planta Termoeléctrica de Rosarito la primera planta desaladora de México que fue en su tiempo una de las más grandes del mundo, con una capacidad de producción de 320 Lps, 28.350 m³ día» (Correa, 2007, p. 5). En 2003, el gobierno del estado abortó la propuesta de una empresa gasera internacional para construir un centro regional de energía que incluía una planta desalinizadora en Rosarito con capacidad de 859 lps (Correa, 2007). En ese caso, también los intereses del gobernador en turno jugaron a favor de la empresa que, al final, concretó el proyecto de la estación de regasificación en las proximidades de Ensenada, con lo cual se malogró la propuesta del centro de energía.

Al mismo tiempo, es de tener en cuenta que en la vecina San Diego también se puso en operación, en 2015, una planta desalinizadora considerada la más grande en su tipo en el continente, con una capacidad de producción de 50 millones de galones al día (Fikes, 2015), en un estado como California, donde las normas ambientales son muy restrictivas y socialmente hay un alto rechazo a este tipo de plantas o son vistas con mucha cautela.

En el caso particular del proyecto promovido por la administración de Vega de Lamadrid para la zona costa de Baja California, el gobierno condujo el proceso para su aprobación de forma excluyente y autoritaria. Se trató de una propuesta cerrada y orientada a un núcleo empresarial, sin consulta con la comunidad y sin acompañamiento de la información pertinente y clara sobre las ventajas del proyecto y las implicaciones de distinto orden en que se incurría, incluidas las cargas financieras y su traducción a las tarifas. En ese sentido, el proyecto adquirió un perfil tecnogerencial (Swyngedouw y

Williams, 2016) excluyente, lo cual explica, parcialmente al menos, la oposición y el rechazo a este y otros proyectos relacionados con la política hídrica impulsada por el gobernador y la Conagua en la entidad.

En consecuencia, aunque los pronósticos de escasez de agua en la región hacia el mediano plazo parecen perfilar la necesidad de la planta desalinizadora como alternativa, la forma en que se procesó la toma de decisiones y la aprobación de los términos de pago por la construcción y los servicios a la empresa concesionaria, por parte de los organismos estatales (CESPT, CEABC), dejó fuera de cualquier discusión otras alternativas y otros temas vinculados, como los impactos ambientales, los costos financieros, las repercusiones de tarifas para consumidores y algunas medidas adicionales para ahorro de agua y optimización del uso, es decir, la gestión integrada del recurso.

El proceso político mediante el cual se llegó a la aprobación del proyecto de la planta desalinizadora en Rosarito no logró el consenso necesario ni la articulación de los distintos actores involucrados, pues se generó un ambiente de polarización con posiciones contrarias dentro del propio Partido Acción Nacional (PAN). Al ser así, el gobierno y sus aliados en el Congreso tuvieron que recurrir a maniobras para neutralizar a la oposición y aprobar el dictamen y decreto que autorizó la forma de financiar la construcción y operación de la desalinizadora, cuya carga financiera derivó en más críticas y demandas judiciales por parte de diputados de la oposición.

La aprobación del decreto de autorización por el Congreso del estado –a partir del dictamen 95 de la Comisión de Hacienda de ese órgano legislativo en diciembre de 2017– fue muy accidentada; tuvo lugar en un ambiente de abierta oposición política, incluyendo la de importantes sectores de la población, entre ellos, una parte del empresarial. Las expresiones de rechazo hicieron referencia a la opacidad con la que se otorgó la concesión, al posible conflicto de intereses de funcionarios del gobierno, a la carga financiera que implica para la administración estatal la forma en que se garantiza el pago del servicio a la empresa concesionaria, y a la posibilidad de que una parte del agua producida en Rosarito se destine para abastecer a Otay Mesa, en San Diego. Las movilizaciones tuvieron lugar en un contexto de extrema desconfianza al gobierno estatal, sobre el cual ha habido reiterados señalamientos de la opinión pública por actos de corrupción, así como por conflictos de interés en los proyectos relacionados con el agua, los cuales se incluyeron en el mismo dictamen en que se aprobó el proyecto de desalinización en Rosarito.

El antecedente previo a la aprobación del dictamen 95 en el Congreso fue la abrogación de la Ley Estatal de Aguas –impulsada por el gobierno ante la presión y las movilizaciones sociales en contra que ocurrieron a finales de 2016–, debido a que incluía medidas como el incremento de 20 por ciento a las tarifas y su liberalización futura,

el corte de servicio por adeudo a los 90 días y otras tantas que se percibieron como una privatización de los servicios de agua, en beneficio de intereses del grupo político cercano al gobernador Vega. Una vez abrogada la ley, el movimiento social opositor se enfocó en el rechazo a la concesión de un importante volumen de agua a una empresa cervecera transnacional en el Valle de Mexicali. En ese sentido, la oposición al proyecto de la planta desalinizadora ha sido más difusa,² aunque en todos los casos se atribuyen conflictos de interés de funcionarios del gobierno estatal y personas cercanas al entorno político del gobernador.

El dictamen aprobado integró un paquete de proyectos –al amparo de las APP para ser aprobados en conjunto y no de forma individual– en donde se incluyó la planta desalinizadora de Rosarito bajo la forma de concesión a una APP por 37 años, la garantía de pago por servicios con la recaudación de la CESPT y el gobierno del estado como deudor solidario. En todo esto fueron notables la ausencia de consensos sociales y acuerdos políticos sólidos en apoyo a las propuestas del gobierno. Las autoridades no lograron transmitir al público una imagen confiable que despejara dudas sobre sus posibles conflictos de interés personales y sus vínculos con los agentes privados (inversionistas), pero tampoco dieron información a la comunidad sobre el grado de dependencia de Tecate, Tijuana y Rosarito respecto al agua del río Colorado como factor de riesgo frente a escenarios de escasez y disponibilidad, por lo que se inhibió la posibilidad de una discusión abierta y con interés genuino de lograr apoyo y legitimidad a la propuesta de la planta desalinizadora; tampoco se esforzaron por presentar una visión de política hídrica integrada y transversal con acciones orientadas a objetivos de eficiencia en los usos del agua a escala regional, o binacional, si fuera el caso.

A través del dictamen 95 se autoriza a la CESPT la contratación de créditos que garanticen el pago –por la prestación de servicios– a la empresa Aguas de Rosarito S. A. P. I. de C. V. hasta por un monto de 149 312 018 pesos mensuales por un período de 37 años. En ese sentido, en el mismo documento se refiere que, el 30 de diciembre de 2016, el decreto 57, *«en su artículo primero ratificó y autorizó la celebración de los siguientes contratos de asociación público privada y los montos de contraprestación por los períodos que se mencionan [cursivas añadidas]»* (Comisión de hacienda y presupuesto, 2017), en referencia a la contratación de la empresa mencionada y las obligaciones de pago por parte del organismo operador de Tijuana.

La propuesta técnica del proyecto señala que se trata de una planta desalinizadora de agua de mar mediante uso de tecnología de ósmosis inversa, una capacidad de pro-

² Por ejemplo, en el acto en el cual el gobernador de la entidad puso la primera piedra como inicio formal de la construcción de la planta en Rosarito, la prensa reportó una treintena de personas manifestando su rechazo.

ducción de $4.38\text{m}^3/\text{s}$ ($387\,500\text{ m}^3$ por día) en dos etapas y un acueducto de 30 km desde la planta desalinizadora hasta El Florido, más 12 km adicionales hasta la frontera con Estados Unidos (SIDUE y CEABC, 2016). Este último dato es particularmente interesante, porque si el gobierno ha negado sistemáticamente la posibilidad de venta de agua a San Diego, no tendría sentido la construcción de un acueducto hasta la frontera.

El 23 de septiembre de 2016, el gobierno de Baja California presentó públicamente el contrato firmado con la empresa Consolidated Water para la construcción de la planta desalinizadora en Rosarito con una inversión superior a los 10 000 millones de pesos y habló de que la planta iniciaría operaciones en 2019 en su primera etapa, mientras que la segunda concluiría en 2024 (*La Jornada de Baja California*, 2016).

La construcción de la planta autorizada debió iniciar en 2018, pero ha sufrido diversos retrasos derivados de los recursos de inconstitucionalidad interpuestos por grupos de la oposición en el Congreso del estado ante la Suprema Corte de Justicia de la Nación, así como también de las disputas legales por la propiedad accionaria entre los socios de la empresa concesionaria, las cuales han sido llevadas a los tribunales judiciales (Cuéllar, 2018), donde un juez ordenó al ayuntamiento de Playas de Rosarito no extender permiso de uso del suelo en tanto no se resuelva el asunto de la propiedad accionaria. Al ser así, aunque el gobernador Vega inauguró simbólicamente el inicio formal de la construcción de la planta desalinizadora, el hecho no trascendió más allá del simbolismo. Un problema adicional para la puesta en marcha de la planta ha sido la falta de concreción de los créditos que requiere la CESPT para garantizar las contraprestaciones a la empresa concesionaria de la construcción y operación de desalinización y potabilización de agua (Linaldi, 2019).

Si se considera en conjunto el pronóstico regional de disponibilidad de agua en la cuenca baja del río Colorado para los próximos años, el proyecto adquiere visos de pertinencia, pero sólo en el marco de la seguridad hídrica para la región y dentro de una visión integral que implique otras acciones encaminadas a mejorar la gestión, el uso y el cuidado del agua de las fuentes superficiales y subterráneas, donde la participación social activa e informada de la sociedad es necesaria para generar las medidas adaptativas que implican el uso y cuidado del recurso en condiciones de escasez.

¿Un mercado transfronterizo de agua potable?

Otro aspecto que también debió tener una discusión abierta en lo que se refiere a los problemas de escasez de agua en la región es la cooperación binacional para encontrar soluciones benéficas para la población en ambos lados de la frontera, incluida la posibilidad de intercambios de agua potable entre ciudades vecinas en México y Estados

Unidos. Hay que tener en cuenta que, desde que se anunció la construcción del proyecto en 2014, también se manifestó cierto interés entre empresarios de San Diego por que el proyecto se perfilara en un sentido binacional, donde habría aportación de inversionistas de California a cambio de que se exportara 50 por ciento del agua producida a la ciudad de San Diego (Sánchez, 2014).

No es un tema nuevo y ha sido planteado en diversas ocasiones previas en que el tema de una planta desalinizadora en Rosarito se ha puesto sobre la mesa. Pero en dicha ocasión causó mucha polémica porque las autoridades negaron sistemáticamente esa posibilidad, en tanto que en San Diego se dio por hecho que habría un acuerdo para acceder al agua producida por la planta de Rosarito, lo que se suma a que la misma Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) señalaba esa posibilidad. En el resumen ejecutivo de ese documento se puede leer:

También se tiene contemplado vender los excedentes que no sean demandados por la CESPT a consumidores al norte de la frontera [cursivas añadidas]. Con base en esta información, resulta evidente que la producción de agua potable pretendida por este proyecto atenderá una importantísima demanda regional, que proveerá de significativos beneficios sociales, económicos y ambientales, además de que confiablemente producirá un efectivo retorno a la inversión (Cisco Consultores Ambientales 2014, p. 3).

En este sentido, el diputado local Luis Moreno ha señalado que, desde 2008, se registraron conversaciones entre empresarios americanos y funcionarios públicos mexicanos para explorar posibilidades de un mercado transfronterizo de agua (*Agencia Fronteriza de Noticias [AFN]*, 2017).

El interés en ambos lados de la frontera por proyectos binacionales es un hecho, tanto en California como en Arizona (Wilder *et al.*, 2016), pero el gobierno de Baja California ha negado esa posibilidad, lo mismo que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Se trata de una posición ambigua que ha inhibido la posibilidad de una discusión abierta sobre las ventajas e inconvenientes de la desalinización en proyectos binacionales compartidos, así como sobre las formas más adecuadas de aprovechar el recurso y minimizar las externalidades. La cooperación binacional en el proyecto actual y otros de este tipo podría verse a la luz de una revisión de los marcos institucionales y las regulaciones para esta clase de proyectos, buscando la convergencia en una regulación homologada con el objetivo de minimizar los impactos ambientales a escala regional.

Algunas expresiones de preocupación por parte de la comunidad en San Diego se refieren a los impactos ambientales en el océano por la desalinizadora en Rosarito, una preocupación similar a la que tiene la parte más informada de la comunidad en el lado

mexicano. La experiencia en Baja California con esta planta indica que es necesario impulsar procesos transparentes de toma de decisiones sobre proyectos de desalinización, que reporten confianza y legitimidad a los procesos y los resultados.

Como nota final hay que mencionar que, el 15 de julio de 2020, el gobierno encabezado por Jaime Bonilla tomó la decisión de cancelar el contrato de concesión del proyecto al consorcio Aguas de Rosarito, bajo el argumento de los altos costos para las finanzas públicas estatales y la falta de consenso político; la empresa ha demandado al gobierno y ha recibido de un juez una suspensión provisional, lo cual indica que, por lo pronto, el proyecto de una desalinizadora de agua para la región binacional quedará en espera de condiciones políticas propicias.

Conclusiones

La escasez de agua, real o percibida, es motivo de preocupación de las autoridades y oportunidad de negocios para agentes privados. La autorización para construir y operar nuevas plantas desalinizadoras de agua de mar en diversas ciudades del noroeste del país, notoriamente en la península de Baja California y Sonora, son indicativos de la incorporación de México a la tendencia global de acudir a ese tipo de tecnologías que ya se aplican en varios países de clima árido y con acceso al mar, pero también para abrir un espacio de negocios al sector privado bajo la figura de la APP. El propósito formal que se ha esgrimido es complementar los volúmenes necesarios para atender la demanda y enfrentar la escasez; en cuanto a la planta de Rosarito ya autorizada, la capacidad proyectada de producción va más allá de la demanda y, aunque haya disonancias, construido el proyecto habrá la posibilidad de exportar agua a San Diego, más ahora que encabeza el gobierno de Baja California una persona con antecedentes de vínculos directos con los intereses que giran en torno al agua en aquella ciudad.

El proyecto en cuestión no trata sólo de atender el problema de escasez de agua, pues es también una oportunidad de negocios, así como una forma de eludir reformas y ajustes al régimen de concesiones y asignaciones de agua que implican costos políticos y la generación de incentivos para mejorar la eficiencia en el sector de usuarios que más agua usan, todo lo cual no ha estado presente en el plano rural ni en el urbano. Y es que no se proponen acciones de política para mejorar la eficiencia y disminuir las pérdidas, ni para mejorar el saneamiento de las aguas residuales e incorporarlas como recursos disponibles para incrementar su reuso y prolongar el ciclo de circularidad del agua en las redes.

No es la primera vez que en México se expresa resistencia a la participación privada en servicios de agua para uso urbano; en este caso la sospecha de conflictos de interés y la opacidad han jugado como parte de una aprobación accidentada políticamente, lo

cual ha retrasado el inicio de la construcción de la planta autorizada. La forma en que fue aprobado el dictamen 95 –que abre la puerta a la operación privada de la desalinizadora con garantía de compra del agua por parte del organismo operador– ha generado mayor desconfianza social hacia las autoridades, complicando la posibilidad de una articulación necesaria en la formulación de política pública. Aunque en la propuesta se espera que el proyecto contribuya a liberar el agua para la recarga del acuífero del Valle de Mexicali, no se observa congruencia entre los diagnósticos oficiales y las decisiones que se han traducido en otorgamiento de concesiones de agua, así como tampoco hay señal alguna que indique la fortaleza institucional para ejercer control sobre la extracción de aguas subterráneas.

No debiera extrañar el interés en Estados Unidos y en México por los proyectos de desalinización de agua como forma de enfrentar la escasez; es muy probable que en el futuro próximo el mercado transfronterizo de agua potable sea una realidad, dados los impulsos hacia un interés convergente en ambos lados de la frontera y el largo proceso de integración transfronteriza que ha venido ocurriendo, pero es importante que se estudien y conozcan las ventajas y los inconvenientes para que esta forma de producir y acceder al agua potable considere las externalidades ambientales, prevenga los impactos y promueva un intercambio equitativo. Lo cierto es que, aún sin construirse el proyecto, el agua desalinizada es ya parte de una conversación relacionada con la integración y cooperación transfronterizas, lo que implica la necesidad de trabajar en un marco normativo adecuado a escala regional, más allá de los límites fronterizos y con el propósito de minimizar impactos y contar con criterios de equidad en beneficios y costos asociados a la operación de este tipo de proyectos.

Referencias

- Acta 319 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Medidas interinas de cooperación internacional en la cuenca del río Colorado hasta el 2017 y ampliación de las medidas de cooperación del Acta 318, para atender los prolongados efectos de los sismos de abril de 2010 en el Valle de Mexicali, Baja California.* Coronado, California, 20 de noviembre de 2012. <http://www.cila.gob.mx/actas/319.pdf>
- Agencia Fronteriza de Noticias (AFN).* (22 de noviembre de 2017). Insiste diputado sobre venta del agua. Autor. http://www.afntijuana.info/informacion_general/76708_insiste_diputado_sobre_venta_del_agua
- Aguilera-Klink, F., Pérez-Moriana, E. y Sánchez-García, J. (2000). The Social Construction of Scarcity. The Case of Water in Tenerife (Canary Islands). *Ecological Economics*, 34(2), 233-245.

- Arellano, L. (22 de septiembre de 2017). Desalinizadoras APP están “palomeadas” por el gobierno federal: Vega. *La Jornada de Baja California*. <http://jornadabc.mx/tijuana/22-09-2017/desalinizadoras-app-estan-palomeadas-por-el-gobierno-federal-vega>
- Barnett, T. P. y Pierce, D. W. (2009). Sustainable Water Deliveries from the Colorado River in a Changing Climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(18), 7 334-7 338.
- Berkday, A. (2011). Environmental Approach and Influence of Red Tide to Desalination Process in the Middle East Region. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 2(3), 183-188.
- Bernardo, V., Fageda, X. y Termes, M. (2015). Do Droughts Have Long-Term Effects on Water Consumption? Evidence from the Urban Area of Barcelona. *Applied Economics*, 47(48), 5 131-5 146. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1042147>
- Biswas, W. K. y Yek, P. (2016). Improving the Carbon Footprint of Water Treatment with Renewable Energy: A Western Australian Case Study. *Renewables: Wind, Water and Solar*, 3(14), 1-10.
- Castro-Ruiz, J. L. y Sánchez-Munguía, V. (1999). La gestión urbana del agua en Baja California: ¿Una alternativa a la privatización? *Ciudades*, 43(julio-septiembre), 32-39.
- Castro-Ruiz, J. L. y Sánchez-Munguía, V. (2011). Los servicios de agua en la frontera norte: La visión del sector de consumo residencial. En I. Aguilar-Benítez (coord.), *Los servicios del agua en el norte de México. Gestión, manejo financiero y aspectos ambientales* (pp. 215-244). El Colef/El Colegio de Sonora.
- Cisco Consultores Ambientales. (2014). *NSC Agua. Más Agua para Baja California. Resumen de la manifestación de impacto ambiental del proyecto Planta Desalinizadora, Rosarito, B. C.* Autor. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2014/02BC2014HD027.pdf>
- Comisión de hacienda y presupuesto. Dictamen No. 95. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*. México, 1 de diciembre de 2017. https://www.congresobc.gob.mx/Documentos/ProcesoParlamentario/Dictamenes/95_HACIENDA_01DIC2017.pdf
- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (s. f.). *Construcción, financiamiento y operación de una planta desalinizadora en el municipio de Playas de Rosarito. I. La descripción técnica del proyecto y viabilidad técnica del mismo*. Autor. <http://www.cea.gob.mx/documents/transparencia/NUEVA%20PLATAFORMA/DESALROS/1.Descripci%C3%B3n%20y%20Viabilidad%20T%C3%A9cnica-ROS.pdf>
- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (2016). *Programa Hídrico del Estado de Baja California. Visión 2035*. Semarnat. <http://www.cea.gob.mx/documents/peh/2016-12-15-PH-BAJA%20v11.pdf>

- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (2018). *Programa Hídrico del Estado de Baja California. Visión 2035. Resumen ejecutivo (actualización octubre)*. Gobierno del Estado de Baja California/CEABC/Conagua. <http://www.ceabc.gob.mx/phebc/resejec/RESUMEN%20EJECUTIVO%20PHEBC.pdf>
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT). (2017). *Resumen gerencial de datos básicos e indicadores de gestión*. Autor. https://www.cespt.gob.mx/Documentos/Transparencia/Art_70/70_30/30_01_2017_BASICOS INDICADORESGESTION.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2012). *Proyectos estratégicos de agua potable, drenaje y saneamiento [presentación]*. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/07/proyectosestrategicosaguapotabledrenajesaneamiento_conagua2012.pdf
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2017). *Proyectos Estratégicos. Agua Potable, Drenaje, Saneamiento [presentación]*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187125/Estrat_gicos_-_enero_-_2017.pdf
- Correa, F. (2007). *Evaluación de la sustentabilidad en la instalación de plantas desaladoras, de agua de mar, en la región noroeste de México* (tesis doctoral). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. https://www.researchgate.net/publication/38182806_Evaluacion_de_la_sustentabilidad_en_la_instalacion_de_plantas_desaladoras_de_agua_de_mar_en_la_region_noroeste_de_Mexico
- Cuéllar, M. (24 de marzo de 2018). ¿Quién es el dueño del negocio de la desaladora de Rosarito? *La Jornada de Baja California*. <http://jornadabc.mx/tijuana/24-03-2018/quien-es-el-dueno-del-negocio-de-la-desaladora-de-rosarito>
- Dawoud, M. A. y Al Mullá, M. M. (2012). Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study. *International Journal of Environment and Sustainability*, 1(3), 22-37.
- Escribano, B. (2007). Una visión sostenibilista sobre la escasez de agua dulce en el mundo. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 2, 85-152.
- European Federation of National Water Associations (EurEau). (2017). *Europe's Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water Sectors*. Autor. https://www.danva.dk/media/3645/eureau_water_in_figures.pdf
- Fikes, B. J. (21 de septiembre de 2015). Inauguran planta desalinizadora. *San Diego Union Tribune*. <http://www.sandiegouniontribune.com/hoy-san-diego/sdhoy-inauguran-planta-desalinizadora-2015dec25-story.html>
- Gleick, P. (2003). "Soft path" Solution to 21st-Century Water Needs. *Science*, 320, 1524-1528.

- Godoy, E. (16 de mayo de 2013). México mira hacia el mar para remediar las sequías. *Agronoticias. Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/512025/>
- Goodrich, G. B. y Ellis, A. W. (2006). Climatological Drought in Arizona: An Analysis of Indicators for Guiding the Governor's Drought Task Force. *The Professional Geographer*, 58(4), 460-469.
- Höpner, T. y Windelberg, J. (1996). Elements of Environmental Impact Studies on Coastal Desalination Plants. *Desalination*, 108(1-3), 11-18.
- La Jornada de Baja California*. (23 de septiembre de 2016). Firma gobernador Vega contrato de planta desalinizadora de agua en Rosarito. Autor. <http://jornadabc.mx/tijuana/23-09-2016/firma-gobernador-vega-contrato-de-planta-desalinizadora-de-agua-en-rosarito>
- Lattemann, S. (2010). *Development of an Environmental Impact Assessment and Decision Support System for Seawater Desalination Plants*. CRC Press.
- Lattemann, S. y Höpner, T. (2008). Environmental Impact and Impact Assessment of Seawater Desalination. *Desalination*, 220(1-3), 1-15.
- Lattemann, S., Kennedy, M. D., Schippers, J. C. y Amy, G. (2010). Global Desalination Situation. *Elsevier*, 2(2), 7-39.
- Linaldi, C. (14 de enero de 2019). Detenido el proyecto de planta desaladora en Rosarito: diputado Moreno. *Cadena Noticias*. <https://cadenanoticias.com/nacional/2019/01/detenido-el-proyecto-de-planta-desaladora-en-rosarito-diputado-moreno>
- Loya-Fernández, Á., Ferrero-Vicente, L. M., Marco-Méndez, C., Martínez-García, E., Zubcoff, J. y Sánchez-Lizaso, J. L. (2012). Comparing Four Mixing Zone Models with Brine Discharge Measurements from a Reverse Osmosis Desalination Plant in Spain. *Desalination*, 286, 217-224.
- McEvoy, J. (2017). Can the Adoption of Desalination Technology Lead to Aquifer Preservation? A Case Study of a Sociotechnical Water System in Baja California Sur, Mexico. *Water*, 7(10), 5 224-5 238.
- Nair, M. y Kumar, D. (2013). Water Desalination and Challenges: The Middle East Perspective: A Review. *Desalination and Water Treatment*. 51(10-12), 2030-2040. doi: 10.1080/19443994.2013.734483
- Navarro, S. K. (2010). *La problemática del agua urbana en la ciudad de Tijuana, Baja California y algunas alternativas para una gestión sustentable* (tesis de maestría). El Colef/Centro de Investigación y Enseñanza Superior de Ensenada, Tijuana.
- Ohlsson, L. (2000). Water Conflicts and Social Resource Scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth. Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(3), 213-220.

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2014). Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005-2015. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. *Informe Sobre Sistemas Hídricos*, 38. <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- Padilla, E. (2012). La construcción social de la escasez de agua. Una perspectiva teórica anclada en la construcción territorial. *Región y sociedad*, 24(3), 91-116.
- Peña, H. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe*. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura, 178). Cepal/Cooperación Alemana.
- Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018. *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 21 de abril de 2014. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342547&fecha=29/04/2014
- Rijsberman, F. (2006). Water Scarcity: Fact or Fiction? *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 5-22.
- Sánchez, J. L. (25 de agosto de 2014). Proponen planta desalinizadora binacional en Rosarito. *San Diego Red*. <http://www.sandiegored.com/es/noticias/84553/Proponen-planta-desalinizadora-binacional-en-Rosarito>
- Sánchez-Munguía, V. y Cortez-Lara, A. A. (2015). Minute 319 of the International Boundary and Water Commission between the U. S. and Mexico: Colorado River Binational Water Management Implications. *International Journal of Water Resources Development*, 31(1), 17-27.
- San Diego County Water Authority (SDCWA). (s. f.). Residential WaterSmart FAQ. www.watersmartsd.org/es/faq
- Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado (SIDUE) y Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEABC). (2016). Contrato C-SIDUE-CEA-APP-2015-002. Contrato de Asociación Público Privada para la “Construcción, financiamiento y operación de una planta desalinizadora en el Municipio de Playas de Rosarito”. Autores. <http://www.ceabc.gob.mx/documents/transparencia/NUEVA%20PLATAFORMA/DESALROS/C-SIDUE-CEA-APP-2015-002-CONT.PDF>
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2018). Monitor de Sequía de América del Norte. Julio 2014-julio 2018. <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-de-america-del-norte>
- Swyngedouw, E. y Williams, J. (2016). From Spain’s Hydro-Deadlock to the Desalination Fix. *Water International*, 41(1), 54-73.

- Tal, A. (2017). The Evolution of Israeli Water Management: The Elusive Search for Environmental Security. En J. A. Cahan (edit.), *Water Security in the Middle East* (pp. 125-143). Anthem Press.
- Tortajada, C., González-Gómez, F., Biswas, A. K. y Buurman, J. (2019). Water Demand Management Strategies for Water-Scarce Cities: The Case of Spain. *Sustainable Cities and Society*, 45, 649-656. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.044>
- Tratado entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México.* Washington, Estados Unidos, 3 de febrero de 1944. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1944.pdf>
- Turton, A. y Meissner, R. (2000). *The Hydrosocial Contract and its Manifestation in Society: A South African Case Study*. African Water Issues Research Unit (awiru)-Pretoria University. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=BFA9C4AD8C436D55B44032D0344E427B?doi=10.1.1.531.9693&rep=rep1&type=pdf>
- Turton, A. y Ohlsson, L. (1999). Water Scarcity and Social Stability: Towards a Deeper Understanding of the Key Concepts Needed to Manage Water Scarcity in Developing Countries. *Occasional Papers* 17. SOAS/KCL-Water Issues Study Group/University of London. <https://www.soas.ac.uk/water/publications/papers/file38360.pdf>
- Wilder, M., Aguilar-Barajas, I., Pineda-Pablos, N., Varady, R. G., Megdal, S. B., McEvoy, J., Merideth, R., Zúñiga-Terán, A. A. y Scott, C. A. (2016). Desalination and Water Security in the U. S.-Mexico Border Region: Assessing the Social, Environmental and Political Impacts. *Water International*, 41(5), 756-775. doi: 10.1080/02508060.2016.1166416

Conclusiones generales

José Luis Castro Ruiz / Alfonso Andrés Cortez Lara /
Vicente Sánchez Munguía

En este volumen se han integrado una amplia gama de visiones provenientes de especialistas de diversas disciplinas a ambos lados de la frontera México-Estados Unidos. Se abordan temas contemporáneos que ocupan actualmente la agenda de investigación en torno a la cooperación y gestión de los recursos hídricos compartidos entre ambos países: la relación entre instituciones binacionales y nacionales; la cooperación binacional y la gobernanza en los niveles locales y regionales; la situación, las características y la perspectiva de las aguas subterráneas transfronterizas, así como temas más puntuales que comprometen la seguridad hídrica de las comunidades fronterizas en la región norte de México y suroeste de Estados Unidos. Este ejercicio ofrece una idea clara y precisa de las especificidades, la complejidad y amplitud que implica el estudio de los temas tratados, y representa, a su vez, una base sólida para desarrollar conclusiones en torno a los mismos. A continuación, se presentan en forma resumida los puntos más relevantes surgidos de cada una de las secciones generales.

En la primera sección, «Marcos binacionales del agua, evolución y tendencias», se abordan dos aspectos de relevancia regional, como son las iniciativas binacionales que se han realizado en la búsqueda por resolver problemáticas ambientales e hídricas y, por otra parte, las implicaciones que el Tratado de distribución de aguas de 1944 tiene en el desarrollo de la legislación estatal en los estados fronterizos mexicanos. En el primer caso, es notable la evidencia que muestran las cuencas metropolitanas de Tijuana-San Diego y Juárez-El Paso en las últimas décadas respecto a la movilización de esfuerzos binacionales, donde los actores fuera del ámbito gubernamental han jugado un papel central, a partir de liderazgos académicos como el de la Universidad Estatal de San Diego y el de El Colegio de la Frontera Norte (El Colef), para la cuenca del río Tijuana, y el del Consejo del Agua de Paso del Norte, en lo que atañe al conglomerado urbano de Ciudad Juárez-El Paso. Un logro sobresaliente de la participación de estos grupos ha

sido, sin duda, la firma del Acta 320 por parte de la Comisión Internacional de Límites y Aguas/International Boundary and Water Commission (CILA/IBWC), que reconoce la necesidad de un enfoque incluyente e integrado dirigido a un manejo sustentable de la cuenca en beneficio de ambos países. El futuro que delinean estos dos casos es prometedor a nivel operativo, a partir de una mayor participación de las contrapartes mexicanas y de los organismos involucrados que promueven la interacción binacional en esos niveles. Esta experiencia puede ser instructiva para los residentes de otras cuencas internacionales que busquen avanzar en enfoques binacionales para abordar problemáticas específicas en torno al manejo sostenible de recursos hídricos.

El segundo trabajo de esta sección aborda un aspecto poco estudiado del Tratado de distribución de aguas de 1944 entre México y Estados Unidos: los usos sociales del agua contemplados en su artículo 3 y las implicaciones en las negociaciones y en el desarrollo de obras hidráulicas que ambas naciones realizaron como parte del mismo acuerdo internacional, así como en la legislación hídrica fronteriza en México en años subsecuentes, a partir del caso de Baja California. La instrumentación interna de los usos establecidos se dio en forma diferenciada en cada país, en función de sus necesidades y resolución de conflictos. En el caso de México, la asignación de agua del río Colorado tomó como referente los usos agrícolas en el Valle de Mexicali, a pesar de haber estado definida en el cuarto lugar del orden de prelación que indica la ley nacional, quedando las entregas correspondientes a cargo de la CILA, la institución de mayor relevancia binacional, dado que las figuras de gobierno estatal y municipal las tuvo Baja California hasta que dejó de ser territorio federal, en 1953. Fue en la década de 1960 cuando el gobierno del estado tomó un papel central en la distribución del recurso, rigiéndose por las prioridades establecidas en el Tratado de 1944 en las décadas subsecuentes. Surgieron las leyes de Agua Potable y de las Comisiones Estatales de Servicios Públicos en 1969 y 1979, respectivamente, y se puso en operación el Acueducto Río Colorado-Tijuana en la década siguiente. Esta tendencia contrasta profundamente con la iniciativa de ley presentada en diciembre de 2016 por el entonces gobernador de la entidad, Francisco Vega de Lamadrid, que pasa por alto las características de la cuenca y las disposiciones del Tratado de distribución de aguas de 1944 y que, a pesar de haber sido abrogada el siguiente año –enero de 2017– debido a la fuerte presión social de actores locales, mantiene vigentes dos de sus temas centrales: la instalación de la empresa cervecera transnacional Constellation Brands en el Valle de Mexicali y la construcción de una planta desalinizadora en el municipio de Playas de Rosarito para el abastecimiento de agua a los municipios de Rosarito, Tijuana y, de acuerdo con el proyecto original, al condado de Otay, en California. Desde la historicidad del proceso, se concluye que las instituciones que actúan en la actualidad son posteriores a la firma del Tratado y, al sumarse a las

modalidades de los acuerdos internacionales de las últimas décadas, han provocado que no se ubiquen en el contexto legal, del cual surgen los derechos para México.

Como se expone, la problemática que presentan las regiones binacionales más importantes a lo largo de la frontera común es compleja por las condiciones que inciden en ella y en los actores participantes. En la segunda sección se tratan en específico dos temas íntimamente vinculados con esta problemática, y poco estudiados en el contexto de la frontera entre México y Estados Unidos, como son la seguridad hídrica y el cambio climático. La región que conforman los valles de Mexicali, en Baja California, y de San Luis Río Colorado, en Sonora, presenta un panorama complejo en torno a la gestión y el manejo de sus recursos hídricos, como efecto de sus características climáticas y geográficas, de las actividades antrópicas y demandas de agua, así como del contexto fronterizo en que se ubica. Estas condiciones plantean cuestionamientos sobre las potencialidades y riesgos de la zona para lograr el acceso al agua en términos de cantidad, calidad, equidad, oportunidad y costos asequibles. Un aspecto importante que emana de la reflexión acerca del concepto de seguridad hídrica es la estrecha relación que existe entre su consecución y un gobierno efectivo del agua, entendido éste como el conjunto de instituciones y estructuras administrativas, formales e informales, involucradas en el acceso, la distribución y la conservación del recurso. Las estrategias institucionales implementadas recientemente tanto en los ámbitos locales como binacionales –Actas 319 y 323 de la CILA– han buscado de alguna manera aminorar dichas tensiones provocadas por condiciones naturales adversas y comportamientos antropogénicos no sostenibles; sin embargo, la falta de transparencia en los procesos de gestión del agua y de participación efectiva y representativa de actores locales clave han puesto en riesgo el logro de los fundamentos de la seguridad hídrica, que busca eliminar riesgos y utilizar de manera sostenible un recurso escaso y base del desarrollo regional.

Otro de los temas abordados se enfoca en la problemática vinculada estrechamente con la seguridad hídrica y se enfoca en la contaminación de cuerpos de agua y ríos, en este caso en un estado fronterizo como es Sonora. En este contexto, un concepto que se ha posicionado en el estudio de los conflictos por el agua es la justicia hídrica, que pone énfasis en las condiciones de desigualdad de los grupos sociales en su acceso al recurso, así como en sus acciones colectivas e individuales. El caso del derrame de contaminantes por parte de la Compañía Minera Buenavista del Cobre –ubicada justo en la delimitación de cuenca alta que vierte hacia el río Sonora en dirección al mar de Cortés y que en agosto de 2014 presentó un episodio crítico– es emblemático, no únicamente por sus efectos nocivos al medio ambiente, sino por la historia de defensa legal llevada a cabo por las comunidades afectadas en los años subsecuentes. En el período de 2014 a 2018, las acciones de la población pasaron de los bloqueos, las manifestaciones y las protestas

hasta la conformación de los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) para continuar la lucha sociolegal. A pesar de esto, poco ha sido el avance en términos de reparación de daños a los grupos afectados y al ambiente. La Ley de Responsabilidad Ambiental de 2013 no ha sido aplicada, y en su lugar han surgido estrategias disuasorias, como la creación del Fideicomiso Río Sonora (FRS) y la promulgación de la Ley que Crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora (ZEERS). El análisis de la evolución de los juicios de amparo en el período referido lleva a concluir que no existe un marco legal que ofrezca a los afectados ambientales mecanismos efectivos de reparación del daño. Las mismas condiciones de operación de las autoridades judiciales y su carga de trabajo han obrado en contra de los afectados ambientales que requieren de soluciones expeditas, un reconocimiento a los derechos humanos y la salvaguarda de los recursos naturales. El escenario resultante ha sido de incertidumbre, daño ambiental y afectaciones a la salud, que permanecen junto con las acciones de defensa legal de las comunidades, en espera de otros aliados en el nuevo contexto social y político que se vislumbra en la entidad y en el país.

La investigación sobre los efectos del cambio climático adquiere una prioridad estratégica en la región fronteriza del norte de México, por sus características de alta aridez y niveles de precipitación relativamente bajos, combinados con la existencia de modelos intensivos de producción agropecuaria, minera, pesquera e industrial, y de un crecimiento urbano acelerado. Particularmente, las entidades estudiadas en esta sección –Baja California Sur y Sonora– son altamente dependientes de sus recursos hídricos subterráneos y presentan déficits en algunos de sus acuíferos más importantes, además de contar con problemas de contaminación por intrusión salina en aquellos localizados en las zonas costeras. De manera adicional, se enfrentan diversos retos para la recarga de los acuíferos, las estrategias de almacenamiento y la recuperación de agua e infraestructura. Estas condiciones definen un panorama incierto de fuentes confiables para el futuro y un estado de alta vulnerabilidad para la región, afectando las actividades productivas y los ecosistemas que dependen de agua subterránea. La Recarga Gestionada de Acuíferos (MAR, por sus siglas en inglés), como se ha descrito aquí, es un concepto que ha demostrado la viabilidad de su aplicación en México. En el caso del norte y noroeste del país, esta técnica puede constituir uno de los ejes principales de política pública para atender la escasez de agua para consumo humano o uso agrícola, por sobre la construcción de plantas desalinizadoras que impactan negativamente al ambiente e implican altos costos de construcción, operación y mantenimiento. Existe una historia de cooperación técnica entre México y Estados Unidos –a partir de programas como los de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (Cocef) y el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) y de la Evaluación de Acuíferos Transfronterizos (TAAP)–,

la cual ofrece una base sólida para la elaboración de memorandos de entendimiento binacional que apoyen el desarrollo de este tipo de proyectos, así como la capacitación del personal técnico y administrativo correspondiente. Esto permitirá avanzar en el establecimiento de balances aceptables en términos ecosistémicos y, de manera más importante, en el reconocimiento de los impactos de la acción humana sobre el ambiente.

Como se aprecia en el trabajo anteriormente mencionado, los efectos del cambio climático se suman a la problemática compleja que presentan los recursos hídricos subterráneos en la región fronteriza entre México y Estados Unidos. Este tema, a pesar de su creciente importancia estratégica, presenta una historia contrastante de atención y conocimiento diferenciado por parte de ambos gobiernos. La tercera sección busca profundizar y ampliar esta evidencia a través de tres casos de estudio. El acuífero fronterizo del delta del Colorado representa un eje fundamental para la región que comparten los estados de California y Arizona, en la Unión Americana, y Baja California y Sonora, en México. El hecho de que estas cuatro entidades compartan la administración del mismo ha motivado que el monitoreo y el estudio de estos acuíferos se haya realizado, a su vez, de forma independiente y aislada. Este arreglo tiene implicaciones muy relevantes, ya que el sistema hidrogeológico en su conjunto es continuo e interdependiente, con afectaciones históricas por la ocurrencia de fenómenos naturales intensos y transgresiones marinas. A lo anterior hay que agregar la creciente actividad antropogénica en la región y el cambio climático global con sus efectos en el régimen hídrico de todo el sistema del río Colorado. Estas condiciones hacen imprescindible que los gobiernos involucrados adopten una visión holística de sus respectivas acciones, considerando los impactos en el agua subterránea y en el ambiente. Un ejemplo de este enfoque holístico de alcance binacional lo muestra la generación de flujos ambientales al delta establecidos en las Actas 319 y 323 de la CILA. Independientemente de la voluntad política de lograr una gestión común entre países y estados, lo anterior representa el reto –para los tomadores de decisiones y para la investigación interdisciplinaria y binacional– de alcanzar el uso sustentable del recurso hídrico en la región.

La identificación y el estudio de las características de los acuíferos compartidos entre México y Estados Unidos ha sido –por mucho– una asignatura pendiente, incluso sin atención en el Tratado internacional de 1944, de manera general. Esto ha ocurrido así principalmente por la falta de información y por un mínimo trabajo de investigación al respecto. Tal es el caso del acuífero Allende-Piedras Negras (APN), entre los estados de Texas (Estados Unidos) y Coahuila (México), de un valor estratégico para la relación binacional, debido a la alta dependencia al agua subterránea de la región, el cual no ha sido oficialmente reconocido como acuífero transfronterizo por ambos gobiernos, ni cuenta con información o investigación suficientes, ya que las disponibles

no cubren el área total. A pesar de su baja resolución espacial y temporal, la percepción remota ofrece algunas ventajas para este tipo de análisis, como su capacidad para cubrir grandes extensiones geográficas en la medición de parámetros, y la posibilidad de capturar información de áreas no accesibles con estaciones en tierra. Este texto generó un aporte inicial al conocimiento sobre las tendencias en los niveles de temperatura y precipitación en la región en el período de años cubierto, y sus impactos potenciales en los cuerpos de agua superficial y subterránea. Una expectativa derivada de este análisis refiere a su potencial de aplicación en otros acuíferos pobremente estudiados a lo largo de la frontera común entre ambos países, como una forma alterna de llevar a cabo evaluaciones que sirvan de base para el manejo compartido de acuíferos. Por otro lado, se hace hincapié en la utilidad de las técnicas de percepción remota como una alternativa en casos como el estudiado, por la accesibilidad que ofrecen los productos satelitales de naturaleza pública.

De manera complementaria a lo anteriormente mencionado, el tercer trabajo de la sección sobre aguas subterráneas transfronterizas profundiza en el análisis de esas condiciones. Uno de los factores más evidentes que impiden una gestión adecuada del agua a nivel binacional son las asimetrías institucionales, jurídicas y financieras existentes entre ambos países. En tanto que el gobierno federal mexicano centraliza el control y la asignación de los derechos del agua, en Estados Unidos la gestión y soberanía del recurso recaen exclusivamente en los estados. En este contexto, es de notar el poco prestigio social de que goza el agua subterránea en términos generales en México, lo que ha desmerecido su importancia y presencia estratégica en la política hídrica en el territorio nacional. Existe, en este sentido, la percepción de que dicho tema es exclusivo del ámbito de la política exterior mexicana, a través de la CILA. En contraste, para los estados fronterizos estadounidenses es de primordial interés el conocimiento de la calidad, la cantidad y el funcionamiento del agua subterránea. Por ejemplo, la generación de información cartográfica ha estado básicamente centrada en las instancias estadounidenses, existiendo una diferencia notable en la definición de conceptos y unidades de medición relacionadas con los acuíferos, así como en el número de variables y condiciones cubiertas. Las discrepancias mencionadas limitan seriamente la posibilidad de desarrollar un trabajo sistémico de evaluación binacional de los recursos subterráneos transfronterizos que pueda aportar valiosos elementos en torno a sus características y problemáticas ambientales. Estos hallazgos sugieren la necesidad de plantear un cambio radical en la forma de concebir, evaluar y gobernar el agua subterránea transfronteriza, al menos en México. Un paso necesario será promover la construcción de un marco institucional adecuado que visibilice y sienta las bases para programas de gestión binacional similares al llamado TAAP, que no sólo amplíen el conocimiento en torno a

los recursos subterráneos compartidos entre ambos países, sino que aseguren la efectiva protección y conservación ambiental del recurso.

En la cuarta sección, «Espacios locales, gobernanza del agua y cooperación», se abordan dos temas que forman parte de las nuevas tendencias en torno a la gestión del agua en la región fronteriza común: los contextos locales y subnacionales y la gobernanza de los recursos hídricos. Esta última se percibe como el enfoque que podría ayudar a superar los conflictos de la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), un modelo global que promueve la descentralización administrativa, la democracia en la toma de decisiones y la privatización regulada como elementos que permiten atenuar los problemas asociados a la escasez y el deterioro del agua, y que a partir de 2004 forma parte central de la política hídrica federal en México. El estado de Baja California, como ya se ha descrito, presenta una situación única en relación con sus recursos hídricos; por ello, sus condiciones climáticas heterogéneas y extremosas –zonas secas, como Mexicali, y de precipitación alta, como la zona costa del Pacífico– el crecimiento urbano acelerado, la alta dependencia del agua del río Colorado, la sobreexplotación de los acuíferos más importantes y la diversidad de arreglos institucionales y actores que intervienen en la gestión del agua son algunos de los retos que tienen ante sí los objetivos de una gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos, en línea con los preceptos de la política hídrica en el país. Sin embargo, estas condiciones, como plantea el primer trabajo, representan una oportunidad para implementar estrategias de gestión basadas en los preceptos y elementos de la gobernanza hídrica, como un medio para revertir o atenuar los efectos de la degradación del agua de las fuentes disponibles en la entidad, principalmente el agua subterránea, por sus condiciones de sobreexplotación y contaminación. Se propone una estrategia integral con los siguientes elementos: 1) una descripción del problema que incluya las características de la zona y los impactos a las fuentes hídricas; 2) un diagnóstico actual de la disponibilidad y calidad del agua y las soluciones técnico-ingenieriles disponibles; 3) los marcos institucionales y políticos relacionados con la gestión del agua; 4) la relación costo-beneficio de las alternativas de gestión; 5) un programa o plan de manejo que establezca estrategias ambientalmente sostenibles, económicamente factibles, técnicamente viables y, ante todo, socialmente aceptables, que integre a usuarios y grupos de interés.

Los últimos tres capítulos de la cuarta sección se analizan desde una perspectiva local para abordar temas puntuales relacionados con la gestión del agua en la región fronteriza. El conglomerado urbano que forman el Valle del Río Grande (VRG) y los municipios fronterizos tamaulipecos en la parte final de la cuenca baja del río Bravo presenta características comparables a otras metrópolis binacionales de importancia a lo largo de la frontera común. Estas condiciones fundamentan el trabajo desarrollado para

explorar la posible existencia de una base de actores no gubernamentales en los espacios subnacionales como un potencial recurso de apoyo en la búsqueda de soluciones a su problemática hídrica común. En la primera sección de este volumen se ha dado cuenta de la experiencia comparativa de esquemas de gobernanza que incluyen un activo papel por parte de actores no gubernamentales en otras regiones binacionales. En este caso de estudio, y con algunas variantes, las estructuras de gobernanza en torno a la gestión de los recursos hídricos comunes a ambos lados de la frontera son similares: un modelo operativo federalizado en el VRG, con mecanismos de participación en todos los niveles y en ámbitos no gubernamentales para la atención de problemáticas específicas, y un reflejo de la estructura centralizada del modelo federal mexicano en los niveles subnacionales en los municipios fronterizos tamaulipecos, con la Comisión Nacional del Agua (Conagua) como actor central, y poca autonomía de los niveles estatales y municipales. En este escenario, a pesar de que no existen iniciativas formales de cooperación binacional transfronteriza para abordar problemáticas comunes relacionadas con la gestión del agua, la misma evolución de diferentes sectores –academia, sociedad civil– a ambos lados de la frontera y su disposición para interactuar con sus contrapartes transfronterizas, así como la presencia de relaciones informales o de intercambio de información sobre temas específicos, aportan señales positivas dirigidas a la construcción de una agenda de cooperación binacional. Nuevamente, el insumo de otros casos binacionales, a través de las organizaciones y gobiernos promotores, será fundamental.

La región binacional que conforman los valles de Mexicali e Imperial proporciona un claro ejemplo de las condiciones de inequidad que se viven en la actualidad en torno a la distribución de los recursos hídricos en la región fronteriza. La gestión del agua en este escenario involucra un amplio marco de instituciones binacionales y gubernamentales en sus tres órdenes en los ámbitos subnacionales de cada país, con un número similar de actores operativos, así como de actores fuera del ámbito gubernamental. Esto implica que en las decisiones en torno a la distribución del recurso incidan factores propios de cada país y de su relación binacional, con un marco legal resultante que parece estar diseñado más para controlar la competencia que para crear un sistema de cooperación, lo cual conlleva una ausencia de recursos para la comunidad. En esta situación de múltiples niveles administrativos orientados a la eficiencia y la efectividad, la presencia de un componente de equidad social se vuelve crucial para el desarrollo de la región, por medio de un marco sólido que dé voz a los grupos de interés y actores afectados. Los resultados del tercer trabajo de esta sección reportan diferencias en las condiciones de igualdad existentes en el área binacional de estudio, lo anterior en temas como la calidad del agua –un punto histórico de disputa entre ambos países–, su acceso más limitado en la parte mexicana, y condiciones contextuales relacionadas, como es un ingreso per cápita

considerablemente menor. Aunque, con base en los principios de la equidad social, se puede decir que estas condiciones son justas en el contexto nacional de cada país y en el nivel de negociación que cada parte tiene con la CILA/IBWC, se concluye que el desarrollo de un marco que garantice la equidad social a futuro requerirá de un trabajo importante bajo un liderazgo dinámico, que no únicamente promueva la equidad en el sistema institucional administrativo existente, sino que impulse de manera particular la creación de capacidades en las comunidades locales. En ausencia de esto, el proceso de toma de decisiones llevará al deterioro de la región.

Finalmente, el tema del abasto futuro de agua en la zona costa de Baja California ha ganado presencia ante las perspectivas de escasez y cambio climático que amenazan al recurso proveniente del río Colorado. En este contexto, las ciudades de Tijuana y Rosarito han sido incluidas desde hace tiempo en otro tipo de alternativas técnicas que permiten atender sus necesidades más allá de su capacidad, en el año 2030. Estas ciudades han estado en el horizonte de los proyectos de desalinización que la Conagua ha incorporado como prioritarios en administraciones pasadas y en los que hay evidente interés en el lado americano para que su alcance –en capacidad de producción de agua potable– permita abastecer parte de su demanda, en una operación de compra-venta de agua en el contexto transfronterizo y en una vía de cooperación binacional inédita. Aunque hay una concesión y un proyecto aprobado, su inicio se encuentra actualmente –2021– detenido debido a una gestión política carente de transparencia y a la falta de los consensos políticos necesarios para su viabilidad práctica. Como concluye el último trabajo de esta sección, la propuesta parece pertinente frente a los escenarios de escasez de agua y de vulnerabilidad en esta región ante eventos de sequía; sin embargo, el proceso de aprobación ha pasado por alto otras medidas y alternativas de abastecimiento que consideren un enfoque adaptativo más efectivo –menos costoso en los ámbitos social, económico, energético y ambiental– y de mejora en la eficiencia en diversos segmentos del proceso de gestión del agua, así como también las regulaciones de la operación de la desalinización, a fin de minimizar los impactos en los ecosistemas marino y terrestre, al igual que las emisiones a la atmósfera. Es probable que la planta autorizada siga adelante una vez superados los obstáculos relacionados con los costos financieros y los términos de la concesión, pero es deseable que se haga desde una visión amplia de cooperación transfronteriza y dentro de un marco regulatorio para este tipo de proyectos en el espacio regional transfronterizo, debido al tipo de impactos que implican.

ACERCA DE LOS AUTORES

Christopher Brown

Doctor en Geografía por la Universidad Estatal de San Diego y la Universidad de California en Santa Bárbara, Estados Unidos, y maestro en Artes en Geografía por la Universidad Estatal de Michigan, Estados Unidos. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Geografía y director del Centro de Investigación y Aplicaciones Espaciales de la Universidad Estatal de Nuevo México, Las Cruces. Su publicación más reciente, en coautoría con M. Uchansky, J. Garlisch, J. M. Patrick, S. Walker y D. Clark, es «FOOD: A Multicomponent Local Food System Assessment Tool» (*Journal of Extension*, 2018).

brownchr@nmsu.edu

José Luis Castro Ruiz

Doctor en Planeación Urbana y Regional por la Universidad del Sur de California, Estados Unidos, con especialidad en Análisis Urbano, y maestro en Ciencias en Planeación del Transporte por la Universidad de Stanford, Estados Unidos. Es miembro del SNI, nivel II, e investigador titular C en el Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente de El Colef. Su última publicación, en coautoría con A. A. Cortez Lara y V. Sánchez Munguía, es «Local Perspectives on Confronting Water Scarcity. The Mexican Portion on the Colorado River» (*Regions and Cohesion*, 2019).

jlcastro@colef.mx

Kimberly Collins

Doctora en Ciencias Sociales Aplicadas por El Colef y maestra en Artes en Ciencia Política por la Universidad Estatal de San Diego, Estados Unidos. Es profesora asociada de Administración Pública y directora ejecutiva del Leonard Transportation Center, de

la Universidad Estatal de California, en San Bernardino, Estados Unidos. Su último trabajo en vías de publicación, en coautoría con P. Ganster, es *The U. S.-Mexican Border Today: Conflict and Cooperation in Historical Perspective* (Rowman & Littlefield [en prensa]). Se dedica a las siguientes líneas de investigación: gobernanza local y planeación; globalización y redes sociales; liderazgo, democracia y participación comunitaria. kimberly@csusb.edu

Alfonso Andrés Cortez Lara

Doctor en Desarrollo de Recursos con especialidad en Gestión de Recursos Hídricos y Desarrollo por la Universidad Estatal de Michigan, Estados Unidos, y maestro en Uso y Manejo del Agua en Zonas Áridas por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Es miembro del SNI, nivel II. Una de sus recientes publicaciones, en coautoría con J. L. Castro Ruiz y V. Sánchez Munguía, es «Local Perspectives on Confronting Water Scarcity. The Mexican Portion on the Colorado River» (*Regions and Cohesion*, 2019). Actualmente es profesor-investigador titular C del Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente en El Colegio de la Frontera Norte (El Colef). acortez@colef.mx

Mary Belle Cruz Ayala

Candidata a doctora en Recursos y Ciencias de Zonas Áridas con especialización en Geografía por la Universidad de Arizona, Estados Unidos, y maestra en Ciencias por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Recientemente ha publicado los siguientes artículos: «An Overview of Managed Aquifer Recharge in Mexico and its Legal Framework» (*Water Resilience*, 2020), en coautoría con S. B. Megdal, y «The Human Right to Water in Mexico: Challenges and Opportunities» (*Water Alternatives*, 2020), en coautoría con M. Wilder, P. F. Martínez Austria y P. Hernández Romero. marybelca@email.arizona.edu

Alba E. Gámez

Doctora en Relaciones Internacionales por la Universidad de Essex, Gran Bretaña; máster en Estudios Internacionales por la Universidad Autónoma de Barcelona-Barcelona Centre for International Affairs (UAB-CIDOB) y licenciada en Economía por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Profesora-investigadora del Departamento Académico de Economía de la UABCS a partir de enero de 2000 y miembro del Cuerpo Académico Región, Economía y Desarrollo (CARED) de la misma universidad, es también miembro del Sistema Nacional

de Investigadores (SNI), nivel II y perfil preferente de la Secretaría de Educación Pública-Programa para el Desarrollo Profesional Docente (SEP-Prodep) desde 2002. Su publicación más reciente, en coautoría con M. Ángeles, es «Basic Salary/Remuneration of Women to Men Ratio», en *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Gender Equality* (Springer, 2019). Sus líneas de investigación son cambio global y desarrollo, así como turismo y desarrollo regional. agamez@uabcs.mx

Gonzalo Hatch Kuri

Doctor, maestro y licenciado en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Miembro del SNI, nivel I. Actualmente es profesor-investigador del Colegio de Geografía, así como coordinador del área de Análisis de Aguas Transfronterizas de la Red del Agua de la UNAM. Entre sus publicaciones recientes se encuentra *Paso del Norte: La competencia por las aguas subterráneas transfronterizas* (El Colegio de Chihuahua/Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2017). ghatch@comunidad.unam.mx

María Fernanda Ibarra Barreras

Maestra en Ciencias Sociales por El Colegio de Sonora y licenciada en Derecho por la Universidad del Valle de México. Actualmente estudia el posgrado integral en Ciencias Sociales de la Universidad de Sonora, con el proyecto de investigación «Productividad de los conflictos ambientales en México, cuando éstos se inclinan hacia la movilización legal, para advertir los efectos sociopolíticos y jurídicos de su judicialización». Su trabajo más relevante, en coautoría con J. L. Moreno Vázquez, es «La justicia ambiental en el río Sonora» (*Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 2017). Sus líneas de investigación apuntan hacia desarrollo, sustentabilidad y género. feribafe83@hotmail.com

José Luis Moreno Vázquez

Doctor en Ciencias Sociales por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)-Occidente y maestro en Recursos Naturales por la UNAM. Es miembro del SNI, nivel II, y profesor-investigador de El Colegio de Sonora desde 1989. Sus áreas de interés giran en torno a la gestión y los conflictos por el agua en el norte de México. Entre sus últimas publicaciones están *Por abajo del agua: Sobreexplotación y agotamiento del acuífero en la Costa de Hermosillo 1945-2005* (El Colegio de Sonora, 2006) y *Despojo de agua en la cuenca del río Yaqui* (El Colegio de Sonora, 2014). jmoreno@colson.edu.mx

Stephen P. Mumme

Doctor en Ciencia Política por la Universidad de Arizona, Estados Unidos, y maestro en Artes por la misma universidad. Es profesor de Ciencia Política en el Departamento de Ciencia Política de la Universidad Estatal de Colorado. Su publicación más reciente es «Water and Environmental Justice at the U. S.-Mexican Border» (*Colorado Water*, 2019). Maneja las siguientes líneas de investigación: política ambiental comparativa, manejo ambiental en la frontera de Estados Unidos y México, y manejo ambiental transfronterizo en Norteamérica.

Stephen.Mumme@colostate.edu

Jorge Ramírez Hernández

Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad de Alcalá, España; maestro en Ciencias en Geofísica de Exploración por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y licenciado en Oceanografía Física por la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC. Desde 1989 colabora como investigador del Instituto de Ingeniería de la UABC en el estudio de los recursos hídricos regionales. Actualmente es miembro del SNI, nivel I, así como perfil de profesor deseable del Prodep desde 1999. Entre sus publicaciones más relevantes destaca «Hydrological Response to an Environmental Flood: Pulse Flow 2014 on the Colorado River Delta» (*Ecological Engineering*, 2017), en coautoría con J. E. Rodríguez Burgueno, E. Kendy, A. Salcedo Peredia y M. A. Lomeli B.

jorger@uabc.edu.mx

Laura Rodríguez Lozada

Maestra en Ciencias en Manejo del Agua y Ciencia Hidrológica por la Universidad de Texas A&M, Estados Unidos, y geóloga por la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente estudia el doctorado en el Programa de Manejo y Ciencia Hidrológica, del Departamento de Geografía y Geociencias, en el Instituto de Investigación del Agua de la Universidad de Texas A&M, donde también colabora como asistente graduado de investigación. Su última publicación, en coautoría con R. Sánchez y C. Tortajada, es «Transboundary Aquifers between Chihuahua, Coahuila, Nuevo Leon and Tamaulipas, Mexico and Texas, USA: Identification and Categorization» (*Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2018).

lmrodriguezlo@tamu.edu

Marco Antonio Samaniego López

Doctor y maestro en Historia por el Centro de Estudios Históricos de El Colegio de México (El Colmex), cuenta también con posdoctorado en Ciencias del Agua por el Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Es miembro del SNI, nivel I, e investigador de tiempo completo del Instituto de Investigaciones Históricas de la UABC. Su publicación más reciente es «Cambios tecnológicos en condición de frontera: El surgimiento de San Luis Río Colorado, Sonora» (*Frontera Norte*, 2019).

samaniego@uabc.edu.mx

Rosario Sánchez Flores

Doctora en Manejo del Agua y Ciencias Hidrológicas por la Universidad de Texas A&M, Estados Unidos; maestra en Estudios Diplomáticos por el Instituto Matías Romero y licenciada en Relaciones Internacionales por el Tecnológico de Monterrey. Es *senior research scientist* en el Instituto de Investigación sobre el Agua y profesor asociado del Posgrado en Manejo del Agua y Ciencia Hidrológica en el Colegio de Geociencias de la Universidad de Texas A&M. Su última publicación, en coautoría con L. Rodríguez y C. Tortajada, es «Transboundary Aquifers between Chihuahua, Coahuila, Nuevo Leon and Tamaulipas, Mexico and Texas, USA: Identification and Categorization» (*Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2018).

rosario@tamu.edu

Vicente Sánchez Munguía

Doctor en Estudios de América Latina Contemporánea (Ciencia Política) por el Instituto Universitario Ortega y Gasset y la Universidad Complutense de Madrid, España. Cuenta con la maestría en Administración Pública por la UAEM y un diploma en Derecho Constitucional y Ciencia Política por el Centro de Estudios Constitucionales de Madrid. Es miembro del SNI, nivel I, y profesor-investigador titular C adscrito al Departamento de Estudios de Administración Pública de El Colef. Su última publicación, en coautoría con A. A. Cortez Lara y J. L. Castro Ruiz, es «Local Perspectives on Confronting Water Scarcity. The Mexican Portion on the Colorado River» (*Regions and Cohesion*, 2019).

vsanchez@colef.mx

Elia M. Tapia Villaseñor

Candidata a doctora en Ciencias de Recursos de Tierras Áridas por la Universidad de Arizona, Estados Unidos; maestra en Ciencias-Geología y licenciada en Geología por la

Universidad de Sonora. Es especialista de investigación en el Centro de Investigación de Recursos Hídricos de la Universidad de Arizona y miembro del equipo técnico del Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos (TAAP, por sus siglas en inglés), un esfuerzo conjunto entre Estados Unidos y México. Su última publicación es «Impacts of Variable Climate and Effluent Flows on the Transboundary Santa Cruz Aquifer» (*Journal of the American Water Resources Association*, 2020).
emtapia@email.arizona.edu

Mariana Villada Canela

Doctora en Estudios Urbanos y Ambientales por El Colmex, maestra en Ingeniería Ambiental, con especialidad en Agua Subterránea por la UNAM, e ingeniera civil por el Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCh). Es miembro del SNI, nivel I, e investigadora titular C de tiempo completo de la División de Oceanografía Química del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC. Su última publicación, en coautoría con N. B. Martínez Segura, L. W. Daesslé Heuser y L. G. Mendoza Espinosa, es «Fundamentals, Obstacles and Challenges of Public Participation in Water Management in Mexico» (*Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 2019).
mvilladac@uabc.edu.mx

Jobst Wurl

Doctor y maestro en Ciencias en Geología por la Freie Universität, Alemania, es miembro del SNI, nivel I. Actualmente es profesor-investigador titular C adscrito al Departamento Académico de Ciencias de la Tierra, de la UABCS. Su publicación más reciente, en coautoría con A. E. Gámez, A. I. Boncheva, M. A. Imaz Lamadrid y P. Hernández Morales, es «Socio-Hydrological Resilience of an Arid Aquifer System, Subject to Changing Climate and Inadequate Agricultural Management: A Case Study from the Valley of Santo Domingo, Mexico» (*Journal of Hydrology*, 2018).
jwurl@uabcs.mx

*Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua
en la frontera México-Estados Unidos*

Edición al cuidado de la Coordinación de Publicaciones de
El Colegio de la Frontera,
17 de septiembre de 2021.

Para comentarios, enviarlos a:
publica@colef.mx

Este libro tiene su origen en el proyecto «Recursos hídricos y desarrollo sustentable: estrategias de gestión de los actores sociales y gubernamentales en tres cuencas transfronterizas entre México y Estados Unidos» financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) en México. Es el resultado de una reflexión colegiada e interdisciplinaria de especialistas de México y Estados Unidos, que buscan contribuir al conocimiento actual sobre las tendencias de la agenda de investigación —en torno a la cooperación y gestión de los recursos hídricos compartidos en la frontera México-Estados Unidos— en cuatro de sus temáticas contemporáneas más generales y recurrentes: la relación binacional, los marcos, acuerdos y programas institucionales con que cuentan actualmente ambos países; los efectos del cambio climático y la seguridad hídrica; la problemática del agua subterránea transfronteriza; así como la gobernanza y gestión cooperativa del agua en los espacios locales.

Adicionalmente, se pretende contribuir al fortalecimiento del diálogo integral y multidisciplinario binacional, no únicamente entre miembros de la academia, sino entre actores gubernamentales y sociales en diferentes ámbitos y contextos a lo largo de la frontera México-Estados Unidos.



**El Colegio
de la Frontera
Norte**