



Investigaciones geográficas

ISSN: 0188-4611

ISSN: 2448-7279

Instituto de Geografía, UNAM

Hatch Kuri, Gonzalo  
Fracking en el Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-  
El Burro: implicaciones y daños ambientales transfronterizos  
Investigaciones geográficas, núm. 96, 2018, pp. 01-20  
Instituto de Geografía, UNAM

DOI: 10.14350/rig.59570

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56962459004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## ***Fracking* en el Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro: implicaciones y daños ambientales transfronterizos**

### *Fracking in the Edwards-Trinity-El Burro Transboundary Aquifer: Implications and Transboundary Environmental Damage*

Gonzalo Hatch Kuri\*

Recibido: 25/19/2017. Aprobado: 11/04/2018. Publicado en línea: 19/06/2018.

**Resumen.** En México, la Secretaría de Energía (Sener), a través de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), proyecta en lo inmediato la extracción de gas de lutitas o *shale gas* por medio del fracturamiento hidráulico o *fracking* en el área fronteriza de Coahuila con Texas. Se prevé que la principal fuente de abastecimiento hídrica será la subterránea, subyacente en el Sistema Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro. No obstante, la literatura especializada advierte de los vacíos de conocimiento con relación al funcionamiento hidrogeológico, sociotécnico y ambiental de ese sistema acuífero compartido. De acuerdo con la metodología de evaluación de los Acuíferos Transfronterizos del Programa ISARM/Américas (UNESCO, 2015), este trabajo efectuó un diagnóstico inicial del conjunto de información relativa al Sistema Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro, identificado previamente por este Programa, para demostrar que poco se ha estudiado y relacionado el *fracking* con la perspectiva y gestión de manejo de los sistemas de flujo del agua subterránea transfronteriza, en función de la demanda de agua que implica dicha técnica de fracturamiento. Se consideró, además, que la unidad hidrogeológica en cuestión es un curso hídrico internacional. Asimismo, se llevó a cabo un análisis comparativo entre los marcos jurídicos e institucionales existentes entre Texas y México aplicables a la protección y conservación del agua subterránea con relación al *fracking*, y se advirtió la existencia de importantes asimetrías en el conocimiento, la evaluación y la gestión de estos cursos de agua compartidos.

Los resultados de la presente investigación sugieren que en México existe poco conocimiento e interés en la evaluación sistémica de los acuíferos transfronterizos y, en consecuencia, se observa la falta de un esquema conjunto para la prevención y el control de daños ambientales transfronterizos derivados del *fracking*.

**Palabras clave:** *Fracking*, Acuíferos Transfronterizos, *shale gas*, ambiente, agua subterránea.

**Abstract.** In Mexico, the Secretariat of Energy (SENER), through the National Hydrocarbons Commission, planned the immediate extraction of shale gas using the controversial fracking process in the border area of the State of Coahuila, neighboring the U.S. State of Texas. The main water supply for this economic activity will likely be groundwater from the Edwards-Trinity-El Burro Transboundary Aquifer System, shared by Mexico and the United States, as the surface water of the Río Bravo basin is already committed according to the 1994 Binational Treaty on Water. The scientific literature suggests the existence of huge information gaps about this aquifer regarding geological, technical, social and environmental subjects, especially on the systemic functioning of the underground water circulating through the aquifer. According to the assessment methodology of Transboundary Aquifers of ISARM/Americas published by UNESCO (2015), this work carried out a baseline diagnosis and eva-

---

\* Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM, Becario del Centro de Investigaciones Sobre América del Norte. Torre II de Humanidades, piso 9, Escolar, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, CDMX. Email: ghatch@comunidad.unam.mx

luation of information related to the Edwards-Trinity-El Burro Transboundary Aquifer System, previously identified by UNESCO. This aims to demonstrate that fracking has been barely studied in relation to the perspective and management of transboundary groundwater flows, considering the demand of water involved in fracking, and also bearing in mind that the hydrogeological unit involved, is an international water course subject to international regulations. In addition, we conducted a comparative analysis of the existing legal and institutional frameworks between Texas and Mexico on groundwater protection and conservation in relation to fracking. This revealed significant asymmetries in the approaches to manage environmental damages derived from fracking, as well as in the knowledge, assessment and management of these shared water courses.

The main findings of this research reveal little knowledge of and interest on a systemic assessment of transboundary aquifers in Mexico; consequently, there is a lack of a joint approach for the prevention and control of transboundary environmental damages associated with fracking. In this case study, information gaps were unveiled related to the

geometry of the aquifer (3D-view), the hydrogeological functioning of the system, the characterization of groundwater systems, the definition and monitoring of key water quality indicators, the georeferencing of wells and springs, and the characterization of the human population and economic activities that depend on groundwater located in the Transboundary Aquifer. This in turn translates into the absence of a joint approach seeking effective prevention and management of transboundary environmental damages arising from groundwater fracking; therefore, this activity should be prohibited for being highly polluting, based on two environmental principles: the obligation not to cause significant harm, and the precautionary principle. The former has been established in international conventions and guidelines for the management of transboundary waters; the latter, in international documents that guide environmental protection and conservation.

**Key words:** Fracking-Transboundary Aquifers-Shale gas-environmental-groundwater

## INTRODUCCIÓN

La gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos (SAT) está convirtiéndose en un asunto prioritario en la agenda internacional, así como en la de aquellos Estados que comparten dichos cuerpos hídricos. El estudio de los SAT es reciente, especialistas como Rivera (2015), señalan que 60% del agua dulce (superficial y subterránea) es atravesada por alguna frontera internacional y 40% de las cuencas internacionales están regidas por algún tipo de acuerdo hídrico. En esa tesitura, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, a través de los *Objetivos para el Desarrollo Sostenible Agenda 2030* y los *17 Objetivos para Transformar Nuestro Mundo*, indica en su objetivo 6: “Asegurar el acceso al agua y saneamiento para todos”, y en el apartado 6.5 dice que, para 2030, se deberá poner en práctica la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza (UNESCO, 2012). En el resto de los puntos que conforman el citado objetivo se establecen metas a mucho más corto plazo, tales como el restablecimiento de los ecosistemas y la protección efectiva de los acuíferos frente actividades altamente contaminantes para antes de 2020. Acorde con lo anterior, el Programa Hidrológico Internacional de UNESCO (2012), en su octava fase, *Seguridad hídrica: Respuesta a los*

*desafíos locales, regionales y mundiales (2014-2021)*, impulsa la investigación científica con relación a seis temas clave, entre ellos el número 2, intitulado “Aguas subterráneas en un mundo cambiante”, que establece como prioritaria, en su punto 2.5, la promoción del manejo integral de los acuíferos transfronterizos.

Por otra parte, en 2015, el International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC) y la UNESCO identificaron en la frontera México-Estados Unidos 11 acuíferos transfronterizos (San Diego-Tijuana, cuenca baja del río Colorado, Sonoyta-Pápagos, Nogales, Santa Cruz, San Pedro, Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla, Bolsón del Hueco, Edwards-Trinity-El Burro, cuenca baja del río Bravo-Grande y Los Mimbres-Palmas). Más tarde, en 2016, Estados Unidos dio por concluido el Programa Federal de Caracterización y Evaluación Binacional de cuatro acuíferos transfronterizos (TAAP, por sus siglas en inglés): Santa Cruz, San Pedro, Conejos Médanos/Bolsón de la Mesilla y Bolsón del Hueco.<sup>1</sup> Quedaron al margen del TAAP los otros siete acuíferos transfronterizos identificados por IGRAC, entre

<sup>1</sup> El Programa TAAP tuvo por objetivo la evaluación de los cuatro acuíferos transfronterizos citados, no obstante, únicamente se evaluaron tres, faltó el Bolsón del Hueco, en el que ya existían estudios previos de finales del siglo pasado.

ellos, el SAT Edwards-Trinity-El Burro, del que según la literatura especializada, aún no se concluye la caracterización ni la evaluación hidrogeológica y sociotécnica. No obstante, es considerado un reservorio hídrico de carácter estratégico para México por el volumen de agua que podría aportar para una diversidad de actividades económicas, entre ellas, la extracción de hidrocarburos.<sup>2</sup> El agua superficial situada en esa cuenca transfronteriza (Río Bravo-Grande) se encuentra comprometida con relación a lo que establece el Tratado de Aguas Binacional de 1944 (Córdova, 2014).

En efecto, gracias a la reforma constitucional en materia energética de 2014, se proyecta en México la intensificación de la extracción de gas de lutitas o *shale gas* por medio del fracturamiento hidráulico o *fracking*,<sup>3</sup> técnica que demanda enormes cantidades de agua subterránea. De acuerdo con el estudio del U. S. Energy Information Administration (2016), se espera un incremento mundial en la producción de *shale gas* en un 30% en el periodo 2016-2040, y México es uno de los seis países que se convertirá, junto con Estados Unidos, Canadá, China, Argentina y Argelia, en miembro del principal bloque económico productor de dicho gas. Las inversiones permitirán que después de 2030, México pueda aportar volúmenes por arriba de 75% de la producción del gas natural mundial, sugiere el estudio. No obstante, se enfrentan diversos obstáculos para que ello suceda, el estudio de BMI Fitch Group Company plantea cuatro grandes problemas: la inseguridad, la falta de infraestructura, el acceso al agua y el acceso al gas estadounidense a precio bajo (BMI Research Senator House, 2015: 30). En el

caso del agua, este estudio advierte que el *fracking* requiere de 60.6 hm<sup>3</sup> de agua para la fracturación en cada pozo.<sup>4</sup> Empero, en el caso Coahuila-Texas, que es una de las cinco áreas geográficas en las que se proyecta el *fracking*, la carencia de estudios puntuales del SAT Edwards-Trinity-El Burro sugiere que desconocer el funcionamiento sistémico del agua subterránea transfronteriza impedirá tomar las medidas necesarias para evitar o prohibir el uso, la extracción y contaminación irracional del agua, frente actividades predatorias como esta.

En efecto, los estudios científicos sobre los SAT en el mundo y en América del Norte son recientes; en el caso citado, son pocos los análisis existentes de sus principales rasgos (geometría; extensión territorial superficial; sistemas de flujo, calidad y cantidad de agua; áreas de recarga, tránsito y descarga; población; usos predominantes del agua, y actividades económicas, entre otros). De acuerdo con la metodología del Programa ISARM/Américas contenido en la publicación de UNESCO (2015) para evaluar los SAT, este trabajo efectuó un diagnóstico exploratorio del conjunto de la información oficial relativa al SAT Edwards-Trinity-El Burro para demostrar que la perspectiva y gestión de manejo transfronteriza, es decir, aquella que considera que la unidad hidrogeológica en cuestión es un curso hídrico compartido y de carácter internacional, es prácticamente inexistente. Asimismo, se llevó a cabo un análisis comparativo entre los mecanismos jurídicos e institucionales existentes entre Texas y México para la protección y conservación efectiva de las aguas subterráneas transfronterizas con relación al *fracking*, y se advirtió la existencia de una marcada asimetría en estos.

<sup>2</sup> En el estado de Texas la extracción de *shale gas* se ha llevado a cabo por lo menos desde hace más de 80 años y, según las estimaciones de autores como Rahm (2011), esa actividad se ha incrementado rápidamente en la primera década de este siglo, de 27.66 mm<sup>3</sup> a 87 mm<sup>3</sup> por año, información que coincide de forma aproximada con las proyecciones del U. S. Energy Information Administration (2016). Empero, en México se proyecta llevarla cabo a la mayor brevedad posible.

<sup>3</sup> El *fracking*, según la definición de la Sener, es el método de extracción de hidrocarburos no convencionales, el cual consiste en generar permeabilidad en el proceso de perforación de pozos horizontales que requieren fracturamiento hidráulico múltiple para inducir el flujo de fluidos hacia el pozo.

<sup>4</sup> En el debate entre los promotores y detractores del *fracking* sobre la cantidad aproximada de agua que demanda esta técnica por cada pozo, no existen cifras definitivas. Sin embargo, parece haber un cierto consenso en el rango promedio, situado de 0.0076 a 0.19 hm<sup>3</sup> (Rahm, 2011; Davis, 2012; IEA, 2012). Por otra parte, el análisis de Jackson *et al.* (2014) revela que en los condados donde se sitúan campos como Barnett, Haynesville y Eagle Ford, el *fracking* dejó márgenes de disponibilidad hídrica de 18%, 11% y 38% respectivamente, previendo que, en momentos de alta demanda, la extracción del agua subterránea pueda ascender a 100%.

De esta manera, este trabajo abona a lo que Maciel (2006) denomina el reto de identificar los desafíos ambientales a lo largo de la frontera México-Estados Unidos para averiguar la forma en que se podrían afectar las comunidades fronterizas y los retos que ambos países deberán asumir en la integración del mercado energético de América del Norte.

## **LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS TRANSFRONTERIZAS Y EL *FRACKING*: IMPLICACIONES**

En México, el debate político de la integración energética con América del Norte ha sido bien estudiado por diversos especialistas como Bartlett y Vargas (2016), pero desde esa perspectiva crítica pocos han advertido la importancia estratégica del nexo agua-energía, apenas autores como Vargas y Valdés (2006), Maciel (2006), Vargas (2015) y Anglés (2015; 2016) lo señalan de forma marginal.

El *fracking* es una técnica muy polémica, no obstante, se ha posicionado como una actividad económica muy atractiva para los capitales transnacionales en la porción noreste de la frontera México-Estados Unidos (Eagle Ford Shale, 2017; Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2017).<sup>5</sup> En 2012, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) posicionó a México en el cuarto lugar mundial por sus recursos “potenciales” de *shale gas* (681 millones ft<sup>3</sup>) detrás de China (1 271 millones ft<sup>3</sup>), Estados Unidos (862 millones ft<sup>3</sup>) y Argentina (774 millones ft<sup>3</sup>). Los estudios de Parraguez *et al.* (2015) y Chen y Carter (2016)

analizan el avance del *fracking* en Texas y Nuevo México; en el primero se destaca que en el periodo 2008-2014 se perforaron más de 10 000 pozos, lo que significa un consumo de agua de cerca de los 166 hm<sup>3</sup>/año. Así, el estudio de la IEA (2012), intitulado *Golden Rules for a Golden Age of Gas*, reconoce que en el campo/*play* de Eagle Ford, situado en el oeste de Texas, se ha reducido el consumo de agua para *fracking* en un rango de 18.5 hm<sup>3</sup>/año a 13.6 hm<sup>3</sup>/año en 2010, gracias a técnicas de tratamiento del agua subterránea. De acuerdo al estudio de Rahm (2011), Eagle Ford es el cuarto campo principal de extracción de gas de lutitas en los Estados Unidos, y el U. S. Energy Information Administration (2016) estima una reserva gasífera de 3 335 000 ft<sup>3</sup>/día (septiembre). También el citado estudio de Chen y Carter (2016) agrega que los pozos de extracción de agua para el *fracking* se localizan en un rango menor a los 100 kilómetros de la línea fronteriza con México, situación que permite plantear, inicialmente, preguntas como el posible daño y los márgenes de alteración en la capacidad de respuesta del sistema hidrogeológico, en la cantidad y la calidad del agua subterránea transfronteriza, así como en las zonas de recarga y descarga del SAT Edwards-Trinity-El Burro, de acuerdo con las conclusiones de los estudios realizados en otras áreas geográficas en México, pero con problemas semejantes, de autores como Carrillo-Rivera *et al.* (1997) y Carrillo-Rivera y Cardona (2012).

El *Plan Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos: 2015-2019* del gobierno federal mexicano (Secretaría de Energía, 2016) consideró que la provincia geológica de Sabinas-Burro-Picacho (Coahuila y Nuevo León) es la que tiene el mayor potencial de extracción de hidrocarburos no convencionales y plantea la intensificación del *fracking* en una superficie de 1 023.9 km<sup>2</sup>, con un volumen de recurso prospectivo calculado en 500.5 MMBpce en las Rondas 2 y 4.<sup>6</sup> En el caso específico de Coahuila, el estudio

<sup>5</sup> De acuerdo con el sitio web de Eagle Ford Shale (consultado en 2017), el listado de compañías que operan en el negocio de la extracción de gas *shale* sobre la formación geológica de Eagle Ford (Texas y Oklahoma) supera la centena, destaca la presencia de BP, ConocoPhillips, Exxon-XTO, Repsol, Shell y Statoil, por citar algunas. En México, en el sitio web de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (consultado en 2017) aún no se reportan las compañías ganadoras en las diversas Rondas en la zona de Coahuila y Tamaulipas, aunque es posible apreciar que en las Rondas 1, 2 y 3, en lo que se refiere a las licitaciones en aguas terrestres, la compañía mexicana Jaguar y la holandesa Shell han ganado más de 11 contratos cada una.

<sup>6</sup> Las Rondas son los procesos de licitación pública internacionales que el gobierno federal mexicano convoca a través de la CNH para la exploración y extracción de hidrocarburos. La Ronda 2 estuvo compuesta de tres convocatorias



de Manzaneros (2014) señala que en Eagle Ford se identificaron los principales yacimientos de *shale gas* de toda la frontera México-Estados Unidos, por ello es posible advertir, a la fecha, más de 870 pozos que operan en Texas y 5 en México, y reporta la existencia de proyectos para ampliar la extracción del gas de lutitas a través de 27 000 pozos (con prospección a 2030), la cuarta parte de ellos (6 750) se localizará en Coahuila. Lo anterior coincide con el análisis publicado por la Alianza Mexicana contra el *Fracking* en dicha zona geográfica; su cartografía revela la existencia de más de una veintena de pozos situados en la frontera de Coahuila con Texas y en un rango no mayor a los 100 km de distancia del río Bravo.<sup>7</sup> Debe agregarse que la Organización No Gubernamental Fundar publicó la ubicación y el nombre de las compañías operadoras de los pozos exploratorios de gas de lutitas, de acuerdo con información oficial de la CNH en 2016. En ese estudio se reportan 16 pozos en Coahuila (De la Fuente *et al.*, 2016).

A pesar de lo anterior, la literatura revela que poco se ha estudiado y relacionado el *fracking* con los procesos y márgenes de alteración de los sistemas de flujo del agua subterránea transfronteriza, es decir, los que se clasifican como locales, intermedios y regionales (Tóth, 1970; UNESCO, 2015), en aquellos casos donde esta actividad se efectúa en SAT compartidos por dos o más naciones. En América del Norte existe un antecedente de *fracking* en SAT: el caso del Milk River, compartido por Estados Unidos (Montana) y la provincia canadiense de Alberta. Por lo menos desde hace tres décadas se registraron alteraciones preocupantes en

los niveles de disponibilidad de agua subterránea de naturaleza transfronteriza (volumen y cantidad) en la parte canadiense, como resultado de la extracción irracional de esas aguas para *fracking* en la porción estadounidense de ese acuífero; el estudio de O' Connell (2014) analiza el impacto de dicha actividad en el campo Montana Thrust Belt y concluye que estaba asociado a la presencia de más de 45 800 compañías operadoras de *shale gas* y petróleo por medio de 2 207 pozos.

Posteriormente, las evaluaciones científicas y técnicas por parte del gobierno canadiense y de los especialistas sirvieron para determinar los daños e impactos ambientales transfronterizos derivados del *fracking* en ese acuífero (Ghaderi *et al.* 2011; Pétré y Rivera, 2015). Como resultado, se impulsaron esquemas de regulación local y protección y conservación del agua en la porción canadiense con la finalidad de mitigar los impactos derivados del *fracking* en Montana. De esta manera, el Programa Milk River Aquifer Reclamation and Conservation se convirtió en uno de los programas de gestión del acuífero en cuestión con más éxito (Printz, 2004). El Programa se ejecutó al margen de los Tratados Internacionales signados por ambas naciones en materia de aguas compartidas, es decir, el Boundary Water Treaty U. S.-Canadá, de 1909, y el Great Lakes Water Quality Agreement, de 2013.<sup>8</sup>

Por lo anterior, es preocupante que en los recientes avances reportados en la caracterización binacional de los acuíferos transfronterizos México- Estados Unidos no se haya incorporado una evaluación integral del SAT Edwards-Trinity-El Burro, al considerar aquellos elementos fundamentales que sugieren algunos de los instrumentos internacionales en materia de gestión y manejo adecuado de estos cursos hídricos internacionales. En esta tesitura, tanto las *Directrices sobre seguimiento y evaluación de aguas subterráneas transfronterizas* y las *Model Provisions on Transboundary Groundwaters*

en las que se contemplaron las siguientes categorías: aguas profundas, aguas someras y terrestre. Se firmaron 30 contratos con diversas compañías y concluyó en diciembre de 2017. Al terminar la redacción de la presente investigación, la Ronda 4 todavía no se llevaba a cabo.

<sup>7</sup> Según el sitio web de Alianza Mexicana contra el *Fracking* (2016), se trata de un colectivo de más de 40 organizaciones y civiles y sociales en diversos estados del país que, desde 2013, buscan prohibir el uso de la fractura hidráulica. Algunas de las organizaciones señaladas sí están constituidas como Organizaciones No Gubernamentales, como Greenpeace, Fundar y Oxfam, por citar algunas. Esta información y la cartográfica se encuentran disponibles en línea.

<sup>8</sup> En este caso, Canadá sentó un precedente en la conservación del agua subterránea transfronteriza en un escenario de abatimiento por *fracking*. Sin duda, es una veta de investigación abierta para los efectos de esta actividad en materia de gestión y conservación de aguas transfronterizas en América del Norte.

(Disposiciones modelo sobre aguas subterráneas transfronterizas), ambas emitidas por la UNECE (2000; 2014), resaltan que hay aspectos de carácter crítico que no se pueden marginar en la definición de un SAT, tales como el volumen de agua compartida entre ambos países, la dirección del flujo de esos cursos transfronterizos con relación a las zonas de recarga-tránsito-descarga, la calidad del agua, la cantidad y el tipo de población que depende del acuífero y la proyección de los usos de agua a futuro, entre otros. Incluso, debe mencionarse que, a pesar de los estudios pormenorizados de este acuífero en su porción estadounidense, para autores como Barker y Ardis (1996), Boguici (2004), Tintera y Savage (2006), Rahm (2011), Wong *et al.* (2013) y Sánchez *et al.* (2016), todavía está pendiente la generación de información de su referente hidrogeológico. Como será evidente

más adelante, en México existe poca información que considere el SAT como una unidad de gestión transfronteriza; es decir, se carecen de estudios rigurosos sobre el funcionamiento del agua subterránea en el citado acuífero que terminen de confirmar su conexión hidrogeológica transfronteriza, lo que dificulta plantear su manejo desde un enfoque binacional.

### EL SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO EDWARDS-TRINITY-EL BURRO: UNA APROXIMACIÓN INICIAL

De acuerdo con la UNESCO (2015) e IGRAC (2015), el SAT Edwards-Trinity-El Burro, (Figura 1) situado en la porción norte de Coahuila y en el

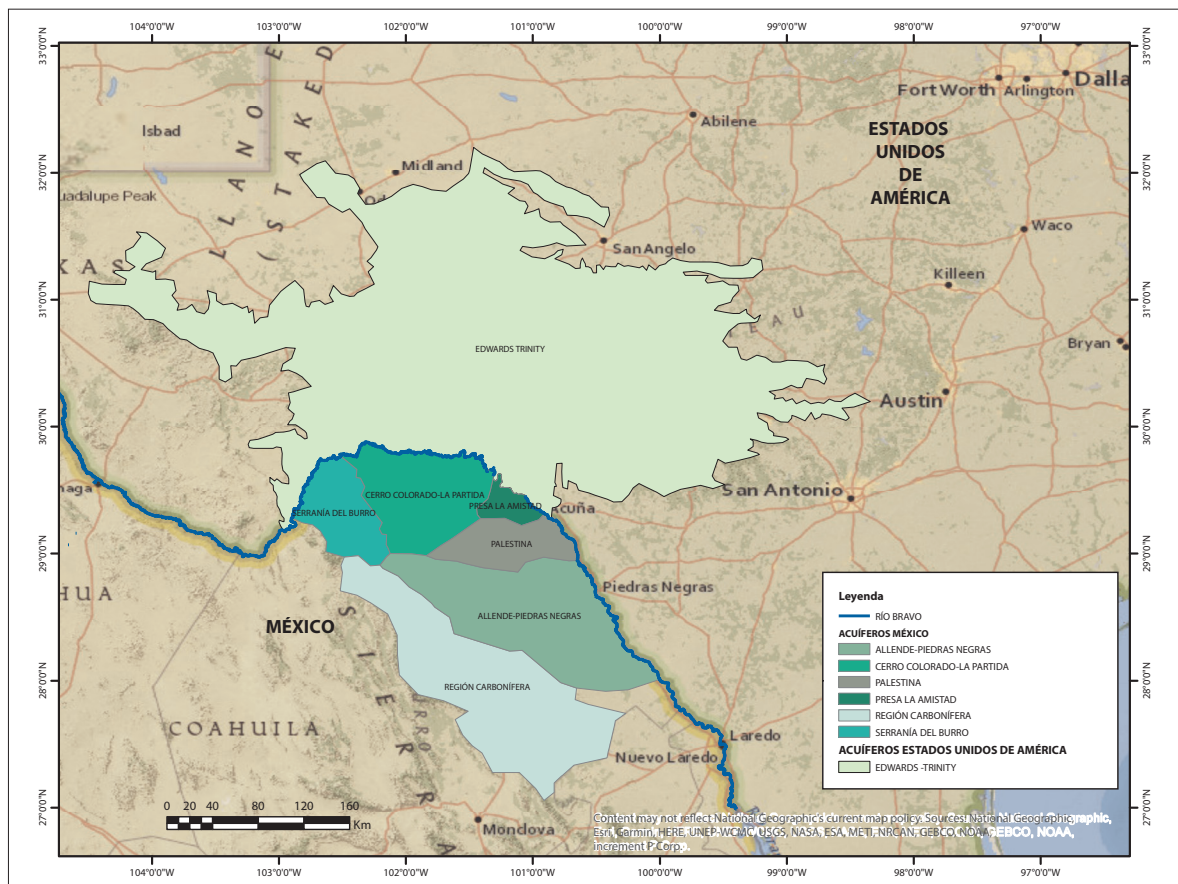


Figura 1. Sistema Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro. Fuente: elaborado por el geógrafo Iván Cervantes con datos de IGRAC (2015), George *et al.* (2011) y Conagua (2015a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2015f; 2015g).

sur-centro de Texas, posee una extensión territorial del orden de 130 005 km<sup>2</sup>, de los cuales aproximadamente 22 000 km<sup>2</sup> se sitúan en México y el resto en Estados Unidos. Su espesor y definición 3D aún no se conocen con exactitud, pero se advierte que, en función de la zona geográfica de donde se esté extrayendo el agua, podría oscilar entre los 150 y los 330 m s. n. m. (San Antonio y Austin, Texas). Respecto de la cantidad y calidad del agua subterránea, se reporta que en México se estima una extracción del orden de 10 hm<sup>3</sup>/año, mientras que en Estados Unidos es de 72 hm<sup>3</sup>/año. En ese país el agua se destina, principalmente, al sector agro-industrial (75%) y el restante (25%) a actividades que comprenden el consumo municipal, la minería y la cría de ganado; en México el agua se destina al sector agrícola y al uso doméstico, aunque no se reportan cifras en concreto. Por lo que se refiere a la calidad del agua, se expresa que es aceptable, aunque en algunos puntos de Texas se detectó contaminación por las salmueras provenientes de los campos de petróleo y escorrentía de origen agrícola (UNESCO, 2015: 47).<sup>9</sup>

Por otra parte, respecto del número de habitantes que podrían depender de este SAT, existen ciertas discrepancias en los datos, toda vez que el citado documento señala que en 2005 se calcularon 110 614 habitantes en la porción mexicana, y en la estadounidense, 49 000. No obstante, al considerar la poligonal horizontal y superficial del SAT, se efectuó una estimación de su población y los resultados difieren de los ya citados. Si se considera el censo de 2010 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) en México, 10 municipios fronterizos mexicanos se encuentran por encima del SAT, con una población que asciende a los 518 699 habitantes (34.67%). En Texas, la extensión del SAT corresponde a 37 condados en los que habitan 977 101 personas (65.33%) (U. S. Bureau of Census, 2015). Se observó que

en Estados Unidos se sitúa el mayor contingente poblacional sobre el SAT y no en México, eso podría explicar, parcialmente, el incremento de la demanda de agua subterránea en ese país. Aunque debe agregarse que existen cinco años de diferencia en los datos del INEGI con respecto a los estadounidenses, aun así, podría considerarse difícil que la población del norte de Coahuila experimentara a la fecha un crecimiento significativo, toda vez que es un territorio poco poblado y desarrollado con relación a la porción sur de esa entidad en la que se concentra la población en ciudades como Torreón o Saltillo. Por el contrario, en el estado de Texas destacan ciudades como Odessa, Fort Stockton, San Angelo, Del Río e Eagle Pass, mientras que en Coahuila únicamente sobresale Ciudad Acuña y Piedras Negras por su tamaño. No obstante, de los 47 condados y municipios analizados, apenas seis rebasan la cifra de los 100 000 habitantes (Tabla 1).

Respecto a la geometría poligonal horizontal de este SAT, que se encuentra definida en el estudio de IGRAC (2015) y UNESCO (2015), una revisión detallada a la literatura especializada revela, nuevamente, discrepancias. En Texas, la autoridad estatal hídrica, es decir, la Junta del Agua de Texas (TWDB, por sus siglas en inglés), calculó la extensión territorial en 2011 de los acuíferos Edwards y Trinity en 83 641.07 km<sup>2</sup>; por su parte, Barker y Ardis (1996) y Wong *et al.* (2013) confirman la conexión geológica-estratigráfica e hídrica de los citados acuíferos; en el estudio de Barker y Ardis (1996) incluso se reporta una estimación de 16 000 km<sup>2</sup> adicionales situados en la porción mexicana de estos acuíferos, denominados El Burro y, finalmente, el estudio de Boguici (2004) verifica su conexión hidrogeológica con Edwards y Trinity. Debe mencionarse que en los polígonos definidos por IGRAC (2015) y UNESCO (2015) se aprecia poca claridad con la extensión territorial total del SAT Edwards-Trinity-El Burro, pues faltarían incorporar a la geometría (en su plano horizontal y 3D) los otros cinco acuíferos administrativos mexicanos (Cerro Colorado-La Partida, Presa la Amistad, Palestina, Allende-Piedras Negras y Región Carbonífera), por ello, existe la incertidumbre acerca del incremento en su extensión

<sup>9</sup> Cabe señalar que el estudio de la UNESCO no especifica a detalle las referencias de donde se obtuvieron las cifras aquí citadas, se limita a enunciar referencias de carácter general. Lo anterior posiblemente se deba a un ejercicio de síntesis, pues el estudio comprende el resumen analítico de los 73 SAT evaluados y localizados a lo largo del continente americano.



Tabla 1. Población total del SAT Edwards-Trinity-El Burro (2015).

Número de habitantes por municipios de Coahuila		Número de habitantes por condados de Texas							
Acuña	136 755	Andrews	18 105	Glasscock	1 315	McCulloch	8 341	Sutton	3 913
Allende	22 675	Bandera	21 269	Howard	37 206	Menard	2 164	Taylor	136 051
Jiménez	9 935	Blanco	11 004	Irion	1 554	Midland	161 077	Terrell	837
Morelos	8 207	Brewster	9 145	Jeff Davis	2 156	Nolan	15 107	Tom Green	118 105
Múzquiz	66 834	Coke	3 238	Kendall	40 384	Pecos	16 203	Upton	3 651
Piedras Negras	152 806	Concho	4 081	Kerr	50 955	Reagan	3 792	Uvalde	27 245
Sabinas	60 847	Crockett	3 710	Kimble	4 388	Real	3 307	Val Verde	48 988
San Juan de Sabinas	41 649	Ector	159 436	Kinney	3 549	Reeves	14 732		
Villa Unión	6 289	Edwards	1 894	Martin	5 641	Schleicher	3 211		
Zaragoza	12 702	Gillespie	25 963	Mason	4 032	Sterling	1 352		
Total de habitantes municipios de Coahuila: 518 699.		Total de habitantes condados de Texas: 977 101.							
Población total en el SAT Edwards-Trinity-El Burro: 1 495 800.									

Fuente: elaboración propia con datos de Inegi (2010) y U. S. Bureau of Census (2015).

horizontal, la cual podría ser del orden de hasta 44 434.20 km<sup>2</sup>,<sup>10</sup> a pesar de ello, su mayor extensión territorial seguiría situándose en Estados Unidos.<sup>11</sup>

La información que la autoridad hídrica mexicana posee del acuífero Serranía del Burro es pobre si se compara con la existente de los acuíferos Edwards y Trinity en Texas, a partir del reporte emitido por la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2015f), situación semejante a los otros acuíferos mexicanos mencionados. De acuerdo a lo que plantea la UNESCO (2015), un aspecto clave para

la gestión correcta de estos cuerpos hidrogeológicos compartidos es la definición de los límites laterales y verticales (espesor) que acotan, a su vez, el tamaño real del acuífero, lo que en consecuencia clarifica su tipo (confinado, semiconfinado-no confinado),<sup>12</sup> sin embargo, en los informes oficiales mexicanos sólo se aprecia la descripción de sus límites horizontales, los cuales, cabe señalar, son de un carácter convencional o administrativo.

En ese tenor, el estudio de Sánchez *et al.* (2016) ilustra la dicotomía imperante entre la definición oficial y operativa de “acuífero” en México y en Texas; en este último, el Código del Agua (§§

<sup>10</sup> Para este cálculo, se sumó la extensión territorial reportada en el Diario Oficial de la Federación (Disponibilidad Media Anual) de 2015 de los acuíferos citados.

<sup>11</sup> Sin duda, esta es una veta de investigación importante en términos de una evaluación hidrogeológica mucho más profunda que deberá ser estudiada posteriormente por especialistas del campo de la hidrogeología.

<sup>12</sup> En ese tenor, autores como Rivera (2015) han demostrado la necesidad de una tipología inicial de los diferentes tipos de acuíferos transfronterizos a partir de la generación de evidencias científicas en la frontera Estados Unidos-Canadá y su incidencia en la formulación de un derecho internacional para estos cursos de agua internacionales.

35.002[6] y 36.001[6]) lo define como un reservorio de agua subterránea o un “depósito de agua específico en el subsuelo que posee límites determinables y que contiene a las aguas subterráneas”. Como señalan estos autores, no es claro si “reservorio de agua subterránea” es equivalente a “acuífero”, pero tampoco lo es si se refiere a sistema de flujo, aunque, en comparación con la concepción mexicana, su definición no es un acto convencional. Sin embargo, lo que se debe hacer notar es que en Texas los límites de los acuíferos están representados por la geología de la roca, lo que considera sus límites horizontales y, además, verticales (visión 3D). En México, la definición de “acuífero” se encuentra en el artículo 3 de la Ley de Aguas Nacionales (LAN, 2016) y dice que es

cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso y aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

El problema de esta concepción es que en ella se destaca una incertidumbre en la definición de los límites horizontales y verticales de los acuíferos, por ello, es un acto de conveniencia de la autoridad que soslaya las características de todo el referente hidrogeológico. Además, esta forma de delimitar los acuíferos es un acto de poder que recae en el titular del Poder Ejecutivo Federal, lo que revela la falta de una incorporación sistemática de los conocimientos científicos al respecto y de la democratización de la gestión del agua en México.

Este es un problema no menor, porque ilustra las dicotomías y asimetrías que rigen en el plano jurídico para los procesos de conocimiento y evaluación del agua subterránea en México y en apenas una entidad subnacional de Estados Unidos, es decir, Texas. De esta manera, las conclusiones del estudio citado con relación a la falta de elementos que permitan verificar el tipo de conexión hidrogeológica en los acuíferos fronterizos México-

Estados Unidos fortalece la presente hipótesis de trabajo.<sup>13</sup>

De forma adicional, los programas de evaluación citados para la gestión de estos acuíferos sugieren identificar y monitorear todos los aprovechamientos naturales y artificiales, los usos del agua, la delimitación de la zona de recarga/descarga, el tipo de acuífero (libre, confinado, semiconfinado) y la calidad del agua. Considerando lo anterior, la información oficial disponible de los seis acuíferos administrativos mexicanos que podrían conformar el SAT en cuestión (Tabla 2) arroja falta de información básica de los rasgos mencionados. Únicamente en dos de éstos se apreció mucho mayor cantidad y calidad de información en comparación con los otros cuatro restantes. Un ejemplo es en los acuíferos Allende-Piedras Negras y Región Carbonífera, en donde se reportan estudios más profundos de su estratigrafía, sus zonas de recarga/descarga y el análisis de la calidad del agua en un amplio número de pozos, aunque debe decirse que el monitoreo de esta actividad es difuso, según la propia autoridad. No obstante, en ninguno de los documentos analizados se alude a la naturaleza transfronteriza de estos acuíferos a partir de su conexión hidrogeológica transfronteriza, en ese sentido, apenas los estudios de Boguici (2004) y de George *et al.* (2011) reportan que en la porción alta de la Serranía del Burro se efectúa la recarga del SAT, y se infiere que su descarga se lleva a cabo en la Presa la Amistad, la Presa Falcón y en los ríos próximos, como San Rodrigo, Escondido, San Diego y Las Vacas, en Coahuila, y en Texas, en los ríos Devils, Sycamore y Nueces.

Respecto del número total de aprovechamientos, el uso y la calidad del agua, existen también discrepancias. Por una parte, en los Decretos Oficiales

<sup>13</sup> El vacío de información en México tiene que ver con la falta de estudios puntuales sobre estratigrafía basados en columnas de pozos perforados y registros geofísicos de gravimetría, estudios electromagnéticos, estudios de geoquímica e hidrogeoquímica, estudios de isotopía de elementos estables y radiactivos y la falta de un modelo computacional de flujo simulando las tres dimensiones, incorporando el balance de masa y de energía. Lo anterior es parte del conjunto de lineamientos para la gestión de SAT del Programa ISARM/Américas UNESCO (2015) y UNECE (2000; 2014).

Tabla 2. Principales indicadores de los acuíferos fronterizos de Coahuila (2015).

Nombre del acuífero y clave	Extensión km <sup>2</sup>	Número de pozos o aprovechamientos	Uso del agua predominante	Zona de recarga/descarga	Sistema de flujo	Tipo de acuífero	Calidad del agua
Serranía del Burro (526)	4 016.00	4	Doméstico	No definidas	No identificado	Libre	Sí hay indicadores
Cerro Colorado-La Partida (503)	7 131.30	13	S/I	No definidas	No identificado	S/I	Sin indicadores
Presa la Amistad (522)	1 071.60	9	S/I	Parcialmente	No identificado	S/I	Sin indicadores
Palestina (513)	3 500.30	240	S/I	No definidas	No identificado	S/I	Sin indicadores
Allende-Piedras Negras (501)	12 961.00	981	Agrícola	Definidas	13 Sistemas	Confinado	Sí hay indicadores
Región Carbonífera (512)	15 754.00	1 338	Agrícola	Definidas	Identificado	Libre	Sí hay indicadores

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2015a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2015f; 2015g) y Repda (Conagua, 2018).

sobre la Disponibilidad Media Anual publicados por la Conagua (2015a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2015f; 2015g), las cifras relativas al número de aprovechamientos no coinciden con lo que se contabilizó en la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua (Repda) (Conagua, 2018), pues para el caso del acuífero Allende-Piedras Negras, en su Informe de Disponibilidad Media Anual se reportan 674 aprovechamientos, mientras que en el Repda se encontraron 981 concesiones. Incluso un análisis de su distribución espacial por medio de la capa de esa misma base de datos (Conagua, s.f.) arrojó imprecisiones sobre su georreferenciación, al verificarse pozos situados en territorio estadounidense o fuera de los límites convencionales-administrativos del acuífero establecidos por la propia autoridad del agua.

De esta manera, se contabilizaron 2 585 concesiones en los seis acuíferos administrativos, en los que el principal uso del agua es de carácter público-urbano (1 561 concesiones), seguido de 507 de tipo agrícola, 328 de tipo pecuario, 129

para diferentes usos, 26 de tipo industrial, 20 de uso doméstico y 14 para servicios. Vale la pena plantear interrogantes respecto a este tema, puesto que en acuíferos como Serranía del Burro, con una extensión territorial del orden de 4 016 km<sup>2</sup>, se reportan tanto en su Disponibilidad Media Anual como en el Repda, apenas 4 pozos y/o 4 aprovechamientos. Si bien se observaron aspectos positivos como la georreferenciación de los pozos y las cifras correspondientes a los volúmenes concesionados, es necesario actualizar el Repda para establecer, entre otras, la medición en tiempo real de los caudales de agua utilizados por medio del monitoreo de valores como tiempo-calidad-temperatura.<sup>14</sup>

Sin la previa identificación, caracterización y monitoreo de los anteriores aspectos, será poco

<sup>14</sup> Las variables para el cálculo de la disponibilidad media anual que establece la Ley Federal de Derechos en México (artículo 231) y que se consignan en la Norma Oficial 011 de la Conagua (2015), excluyen la medición de la calidad del agua.

viable poseer un conocimiento actualizado de la dinámica socioespacial del SAT, lo que, en consecuencia, haría difícil el establecimiento de un esquema de gestión binacional que contemple medidas para la prohibición o regulación del *fracking*, como en el caso del SAT Milk River en Canadá-Estados Unidos.

## AGUA SUBTERRÁNEA, *FRACKING* Y CONFLICTO

Según la Conagua (2015g), la disponibilidad del agua en México registra una tendencia a la baja, pues mientras en 2010 fue de 4 090 m<sup>3</sup> por habitante, se proyecta que, para 2030, disminuya a 3 815 m<sup>3</sup>. Este escenario, según esa dependencia, se agravará en regiones del país con condiciones desérticas, como la frontera norte. Así, la dispo-

nibilidad natural media en la región hidrológica administrativa VI. Río Bravo, que es donde se sitúa el norte de Coahuila, existe un balance hídrico negativo (Tabla 3).

En oposición a la carencia de volúmenes de agua superficial para concesionar en esa región hidrológica, la existencia de volúmenes de disponibilidad de agua subterránea en toda esa cuenca es del orden de 1 604.54 hm<sup>3</sup>/año, posicionándose como la opción más viable para la extracción de *shale gas*. Empero, esta cifra se reduce para todo el estado de Coahuila, es decir, 47.53 hm<sup>3</sup>/año (Tabla 4), y que en el caso de los seis acuíferos administrativos perteneciente al SAT Edwards-Trinity-El Burro, se reportan volúmenes suficientes de disponibilidad de agua subterránea con un orden de 118.48 hm<sup>3</sup>/año, superando así la cantidad disponible de agua subterránea en todo el estado de Coahuila (47.53 hm<sup>3</sup>/año) (Tabla 5).

Tabla 3. Disponibilidad de agua natural media en la región VI. Río Bravo (cifras en hectómetros cúbicos por año).

Región hidrológica administrativa	Disponibilidad natural media total	Demanda total de agua	Volumen disponible de agua subterránea	Volumen disponible de agua superficial	Volumen disponible total
VI. Río Bravo	13 022.00	14 681.98	1 604.54	-3 264.52	-1 659.98

Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2015g).

Tabla 4. Disponibilidad y demanda de agua subterránea en Coahuila (2015) (cifras en hectómetros cúbicos por año).

Entidad federativa	Recarga total media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado de agua subterránea	Disponibilidad media anual de agua subterránea
Coahuila	1 921.62	526.74	1 347.35	47.53

Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2015g).

Tabla 5. Balance hídrico en los acuíferos mexicanos del SAT Edwards-Trinity-El Burro (2015) (cifras en hectómetros cúbicos por año).

Acuífero administrativo	Recarga total media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado de agua subterránea	Disponibilidad media anual de agua subterránea	Déficit
Serranía del Burro	11.90	0.30	0.71	10.89	0
Cerro Colorado-La Partida	6.50	0.00	0.63	5.87	0



Tabla 5. Continúa.

Acuífero administrativo	Recarga total media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado de agua subterránea	Disponibilidad media anual de agua subterránea	Déficit
Presa la Amistad	22.60	10.80	1.46	10.34	0
Palestina	10.30	0.00	2.10	8.20	0
Allende-Piedras Negras	496.60	274.40	148.47	73.73	0
Región Carbonífera	84.10	39.10	35.55	9.45	0
Disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos: 118.48.					

Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2015a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2015f; 2015g).

Si las anteriores cifras se emplean para el otorgamiento de concesiones de agua para *fracking*, se puede desencadenar el descontento social, revelando, además, los enormes errores en la gestión del agua subterránea en el país. De acuerdo con la denuncia pública que efectuaron los ejidatarios de Jiménez, Coahuila, en 2016,<sup>15</sup> en razón de la disponibilidad de agua subterránea, en tan sólo 20 días se podría extraer para el *fracking* toda el agua subterránea disponible en el acuífero fronterizo Allende-Piedras Negras. De obtener esas compañías la ampliación de su concesión, significaría acabar en 10 días con el agua del volumen disponible y equivalente del acuífero Serranía del Burro (10.89 hm<sup>3</sup>/año).<sup>16</sup>

<sup>15</sup> En la IX Audiencia Pública del Tribunal Latinoamericano del Agua (2016) en México, los ejidatarios de Zapata, Palmira y Jiménez, Coahuila, presentaron evidencias suficientes respecto de la concesión de agua que otorgó la Conagua, de 3.6 hm<sup>3</sup>/día, a dos compañías canadienses dedicadas a la venta de agua para el negocio de la industria del *fracking*, Highmark Marketing Inc. y Lightning Inc., además, denunciaron la posible concesión de 7.2 hm<sup>3</sup>/día adicionales para expandir su negocio. Su temor es perder sus principales fuentes de abastecimiento hídrico. El veredicto del Tribunal consistió en responsabilizar al gobierno mexicano por la falta de transparencia y exigirle, con base en el principio precautorio, el cese inmediato del *fracking* por causar severos daños ambientales y a la salud humana. Disponible en línea (Tribunal Latinoamericano del Agua, s.f.).

<sup>16</sup> Esta hipótesis ilustra que el conocimiento relativo a los

La discrepancia en estos datos es correlativa a la falta de información puntual de evaluaciones rigurosas del agua subterránea. Al respecto, considérense las conclusiones del estudio de Carrillo-Rivera y Cardona (2012), pues son determinantes porque ofrecen evidencia de que en México no se evalúa la dimensión real de los acuíferos, por lo que se soslayan sus dimensiones como el espesor, la determinación del basamento, la calidad del agua y, en consecuencia, el funcionamiento real del sistema de flujos que definen el movimiento del agua subterránea en todo el referente hidrogeológico. Incluso, el estudio de Carrillo-Rivera *et al.* (2016: 155) señala que se incurre en errores en el cálculo del balance hídrico, pues los datos usados para ello no son evaluados de forma fehaciente, es decir, la recarga total media anual, la descarga natural comprometida (en función de las concesiones, dejando al margen los pozos ilícitos, como los que controla el crimen organizado) y la extracción de agua en pozos que no cuentan en su mayoría con medidor de caudal, entre otros. Lo anterior se apreció en el conjunto de los acuíferos aquí analizados. Sin duda, los instrumentos y documentos ya señalados para la gestión de los SAT exigen el empleo de meto-

acuíferos transfronterizos en esa región es pobre, y siembra la duda acerca del número total de aprovechamientos existentes y la fiabilidad del cálculo de los volúmenes de disponibilidad, entre otros.

dologías de evaluación que superen las limitantes antes mencionadas, porque deben ser la base para el diseño de cualquier modelo de gestión conjunta e, incluso, de hidrodiplomacia para las aguas subterráneas transfronterizas.

El carácter polémico del *fracking* debiera entonces situar en el mapa político de los SAT la urgencia de considerar la evaluación integral de este SAT y adoptar, en consecuencia, estrictas medidas de protección y conservación de los cursos de agua subterránea transfronteriza en ambos países para evitar, sobre todo, diferendos y conflictos como el del Valle de Mexicali y el revestimiento del Canal Todo Americano en California (Sánchez, 2004), o problemas como en el SAT Milk River.

## **LAS ASIMETRÍAS EN LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL AGUA EN EDWARDS-TRINITY-EL BURRO**

A la luz del cuestionamiento existente de los efectos nocivos del *fracking* en la cantidad y calidad del agua subterránea y, por lo tanto, en la alteración sistémica de los acuíferos transfronterizos, así como las implicaciones en los problemas de salud pública, de la extinción de las especies y de los ecosistemas, así como de la transformación en la organización económica y política del espacio, es relevante analizar la efectividad de los mecanismos de protección y conservación del agua en el contexto de una actividad con fuertes implicaciones ambientales transfronterizas.

En Texas, la industria de los hidrocarburos es regulada por el Estado,<sup>17</sup> la Texas Railroad Commission (TRRC, por sus siglas en inglés) ejecuta disposiciones legales para la explotación de hidrocarburos y vigila que la normatividad en materia de protección ambiental se cumpla (Davis, 2012: 183). Sus facultades están previstas en la Ley del

Agua de Texas (Texas Water Code), que, en conjunto con la TWDB, regulan y previenen la contaminación del agua por esa industria. Además, esta ley mandata la creación de un Comité de Protección para el Agua Subterránea (*Texas Groundwater Protection Committee*) en cada condado. Desde la perspectiva de Tintera y Savage (2006), este conjunto de agencias ha contribuido eficazmente a la reducción de casos de contaminación de agua subterránea por extracción de hidrocarburos, incluso gracias a la colaboración financiera de las propias compañías contaminantes.<sup>18</sup>

En ese sentido, el TWDB efectúa un seguimiento puntual de uso, calidad, cantidad, tipo de infraestructura, cuidado y protección del agua subterránea. Para ello, creó una figura operativa denominada Distritos de Conservación de Agua Subterránea (Groundwater Conservation Districts [GCD]), que se encargan de ejecutar el plan de gestión y conservación del agua subterránea. La TWDB proporciona ayuda técnica y educativa para que cada Distrito de Conservación ejecute los modelos de monitoreo permanente de la cantidad y calidad del agua, las zonas de recarga y de descarga natural, los volúmenes de extracción y su uso, así como los programas de conservación. Además, obliga a reportar a los usuarios particulares o públicos datos como la localización georreferenciada, la profundidad del pozo, el tipo de usuario, el nombre del usuario, el constructor del pozo y sus niveles piezométricos, entre otros.<sup>19</sup> Además, cada uno de estos Distritos está obligado a transparentar los datos mencionados y sus planes anuales de gestión. En suma, estas acciones, en el caso del SAT Edwards-Trinity,<sup>20</sup> le confieren un esquema

<sup>17</sup> Cabe recordar que en Estados Unidos la legislación y el tratamiento de los recursos naturales del subsuelo son un asunto de competencia local, es decir, cada uno de los estados que conforman esa nación los legisla, regula y protege de forma particular. A este sistema jurídico se le conoce como *Common Law*.

<sup>18</sup> No es objetivo del presente trabajo evaluar la eficacia de las citadas agencias en el control y protección del agua subterránea. Sirva apenas la mención como un punto de comparación con las mismas tareas institucionales efectuadas en México.

<sup>19</sup> En Texas se conoce con precisión el número de pozos (40 000 aprovechamientos, que incluyen 2 000 manantiales), situación que es conocida parcialmente en Coahuila.

<sup>20</sup> Aunque en Texas se reconoce la regla de la apropiación absoluta, la cual confiere a los propietarios derechos ilimitados de extracción de las aguas subterráneas, esto no ha impedido que la autoridad estatal intervenga en

de gestión mucho más integral en el que parecen privar, incluso, mecanismos de alerta temprana en caso de contaminación por descargas residuales o alteración en la calidad del agua, como el *fracking*.

En contraste, en México los acuíferos se gestionan a partir de un entramado institucional que parece privilegiar el agua superficial. Es la Conagua la que, a través de los Organismos de Cuenca, administra las concesiones de agua. Estos Organismos poseen un cuerpo colegiado consultivo denominado Consejo de Cuenca, conformado por empleados del Estado, usuarios y sociedad, que está encargado de recomendar los lineamientos y planes de gestión en materia de saneamiento y monitoreo de la calidad del agua, así como de promover e impulsar la conservación y mejoramiento de los ecosistemas, entre otros. En lo que se refiere a las aguas subterráneas, los Consejos de Cuenca se auxilian, a su vez, de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas)<sup>21</sup> para cumplir con sus funciones. Aunque en México existen 653 acuíferos administrativos, a la fecha operan únicamente 88 Cotas (13.5%); en el caso de los acuíferos que conforman el SAT aquí analizado, no hay Cota alguno operando (Conagua, 2015g). Si se compara con los Distritos de Conservación de Agua Subterránea texanos situados en el SAT Edwards-Trinity, de los 37 que deberían de operar en cada condado, se registran en funcionamiento 31 (84%), frente a 0% de Cotas operando en la porción mexicana del SAT (Tabla 6).

A pesar de este cúmulo de deficiencias en México en materia de protección ambiental de los

acuíferos situados en la frontera, debe agregarse la poca eficiencia de los mecanismos institucionales de conservación del medio ambiente y del agua en el contexto de la relación México-Estados Unidos. El programa bilateral Frontera 2020 (2013-2020), derivado del Acuerdo de La Paz (1983) contempla cinco objetivos,<sup>22</sup> el segundo intitulado: “Mejorar el acceso a agua limpia y segura”, sin embargo, no existe alusión explícita alguna a la protección de las aguas subterráneas transfronterizas. Prácticamente su plan de acción está restringido a mejorar las condiciones de la infraestructura hídrica urbana y de saneamiento de las principales ciudades fronterizas, sin contemplar la evaluación de las fuentes de abastecimiento hídrico. Asimismo, hasta el momento, el Tratado de Aguas de 1944 no contempla la gestión integral y conjunta de los acuíferos transfronterizos, por lo que ambas secciones (mexicana y estadounidense) de la Comisión Internacional de Límites y Aguas carecen de atribuciones específicas para este tema, aunque se debe reconocer que ambas oficinas firmaron en 1992 el Acta/Minuta 289 para observar y monitorear la calidad del agua tanto superficial como subterránea, aspecto no contemplado inicialmente en 1944.

De forma muy reciente, en México (agosto de 2017) se publicaron en el Diario Oficial de la Federación (2017, 30 de agosto) 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 la protección efectiva de las aguas

el uso de esas aguas. Un ejemplo de ello es el Acuífero Edwards; gracias a que la legislatura estatal creó en 1993 la Autoridad del Acuífero Edwards, por medio de la Edwards Aquifer Enabling Act, existe ahora un órgano que controla las extracciones de agua subterránea. Disponible en la página de Edwards Aquifer Authority (s.f.).

<sup>21</sup> Cabe recordar que en México, gracias a la promulgación de la Ley de la Conservación del Suelo y Agua en 1946, se crearon los Distritos de Conservación del Suelo y Agua, que fue la misma unidad que se había creado en Estados Unidos después del Dust Bowl (Simonian, 1999: 140). Su finalidad principal era conservar los suelos, el medio ecológico y el agua subterránea, entre otros. Duraron poco tiempo, hasta 1952, con la centralización de esas facultades por parte de la recién creada Secretaría de Agricultura.

<sup>22</sup> Este programa federal tiene una vigencia de ocho años (2013-2020) y su objetivo es desarrollar las medidas necesarias para proteger el ambiente fronterizo, de acuerdo a los principios de desarrollo sustentable. Cabe señalar que es un programa binacional en el que participan de forma conjunta la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Agenda de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos. Ambas instituciones coordinan y gestionan las acciones conjuntas contenidas en el programa, todas encaminadas a la conservación y preservación del ambiente.

Tabla 6. Distritos de Conservación de Aguas Subterráneas (GCD) y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas) en el SAT Edwards-Trinity-El Burro (2015).

Condado	Fecha de inicio del GCD	Condado	Fecha de inicio del GCD	Condado	Fecha de inicio del GCD	Condado	Fecha de inicio del GCD
Andrews	S/I	Glasscock	22/08/81	McCulloch	14/08/82	Sutton	05/04/86
Bandera	07/11/89	Howard	21/09/85	Menard	14/08/99	Taylor	S/I
Blanco	23/01/01	Irion	02/08/85	Midland	S/I	Terrell	06/11/12
Brewster	06/11/01	Jeff Davis	02/11/93	Nolan	05/11/02	Tom Green	03/11/87
Coke	04/11/86	Kendall	05/11/02	Pecos	05/11/02	Upton	S/I
Concho	03/11/87	Kerr	05/11/91	Reagan	19/08/89	Uvalde	01/09/93
Crockett 26/01/91 Kimble 03/05/02 Real 30/05/59						Val Verde	S/I
Ector	S/I	Kinney	12/01/02	Reeves	03/11/15		
Edwards	30/05/59	Martin	21/09/85	Schleicher	04/03/74		
Gillespie	08/08/87	Mason	14/08/82	Sterling	03/11/87		
Acuífero administrativo				Cotas			
Serranía del Burro				Sin Cotas			
Cerro Colorado-La Partida				Sin Cotas			
Presa la Amistad				Sin Cotas			
Palestina				Sin Cotas			
Allende-Piedras Negras				Sin Cotas			
Región Carbonífera				Sin Cotas			

Fuente: elaboración propia con base en TWDB (2016) y Conagua (2015g).

subterráneas transfronterizas, ni reconoce esas aguas como cauces internacionales y compartidos. Además, deben resaltarse al menos dos situaciones adicionales que, por su carácter, podrían hacer poco efectivo el contenido de los lineamientos citados en materia de protección de agua subterránea: la primera es que éstos aplican para todas las aguas nacionales, pero una revisión al párrafo quinto del artículo 27 constitucional, sugiere que las aguas del subsuelo no son nacionales de facto, a pesar de tener vigencia la veda decretada el 5 de abril de 2013 por el presidente de la República para la suspensión del libre alumbramiento. Tampoco en

la Ley General de Bienes Nacionales se aprecia que el agua subterránea posea ese atributo (H. Cámara de Diputados, 2004). Muy por el contrario, en el Código Civil Federal, en los artículos 933 al 937, se regula el dominio privado del agua subterránea. A ese respecto, el análisis que hace el ministro de la Suprema Corte de Justicia de la Nación Genaro D. Góngora Pimentel en su estudio “Tesis y Jurisprudencia en Materia de Aguas” (2008) —acerca de los precedentes jurídicos relativos al agua—, confirma que el Estado mexicano reconoce la propiedad privada del agua subterránea, y se excluye el carácter federal de los manantiales. Esta es una



reforma constitucional pendiente en México para nacionalizar esta agua.

La segunda tiene que ver con la posible controversia de carácter constitucional que podría suscitar el contenido del artículo 416 del Código Penal Federal, en el que se establece la prohibición de inyectar desechos o contaminantes en el suelo causantes de daños a los recursos naturales, la calidad del agua, los ecosistemas o el ambiente. En esa tesitura, el *fracking* es una actividad que requiere de la mezcla de contaminantes,<sup>23</sup> los cuales seguramente no podrán cumplir con lo establecido en las Normas Oficiales 014 y 015 de la Conagua, en donde se definen los parámetros para la inyección o recarga de agua en el subsuelo. Resta mencionar que en la Ley de Aguas Nacionales no existe reglamento o Normas Oficiales en las que se defina el concepto inyección de agua en el subsuelo para extraer hidrocarburos no convencionales.

En coherencia con la perspectiva desarrollada en este trabajo acerca del carácter transfronterizo de las aguas subterráneas, no puede soslayarse el principio que rige toda gestión de cursos de agua compartidos: la obligación de no causar un daño significativo, presente desde la Declaración de Estocolmo de 1972, luego en la Resolución de Naciones Unidas 3129 “Soberanía de los Recursos Naturales Compartidos” y en el Proyecto de Artículos (en calidad de borrador) Resolución 63/124 “El Derecho a los Acuíferos Transfronterizos”. En todos los documentos citados se alude a la responsabilidad de los Estados que comparten aguas transfronterizas para usarlas de forma equitativa y razonable, evitando daños significativos, lo cual, en el caso del *fracking*, se puede traducir como alteraciones al sistema y composición original del SAT, como fue evidente en el caso del SAT Milk River. Este principio también se puede vincular con el principio precautorio consagrado en la Declaración de Río de 1992, el cual señala que aun careciendo de las evidencias científicas de los daños provocados al

medio ambiente, en este caso derivados del *fracking*, la decisión política debe ser su prohibición total. Al respecto, N. Klein (2015) explica la efectividad de este principio y su aplicación en diversos puntos de Canadá y de Estados Unidos, en donde los movimientos sociales y ambientalistas presionaron para la prohibición del *fracking* en razón de la apelación a este principio.

Finalmente, los daños ambientales por *fracking* podrán ser determinados si existe la capacidad de cooperación para la evaluación conjunta de carácter hidrogeológica, sociotécnica y medioambiental de los SAT, pero que en el caso aquí analizado, los efectos proyectados por el *fracking* hacen que no se pueda postergar más la cooperación en el ámbito de la relación bilateral México-Estados Unidos.

## CONCLUSIONES

En el proceso de la construcción del mercado energético de América del Norte, en donde México es una pieza fundamental para las compañías transnacionales por sus reservas prospectivas de *shale gas*, se ha olvidado la importancia de la relación intrínseca entre la producción energética y el agua. El caso del SAT Edwards-Trinity-El Burro revela la importancia estratégica del agua subterránea, no sólo por su convergencia con los yacimientos de hidrocarburos no convencionales, sino por ser un elemento *sine qua non* para la extracción del gas de lutitas en un espacio donde el agua superficial ya se encuentra comprometida con el vecino país del norte.

Además, el caso aquí analizado revela que en el tema del *fracking* poco se ha reflexionado en los impactos de esta actividad económica con relación al uso y disposición de cauces de agua internacionales, como las aguas subterráneas transfronterizas. En consecuencia, se ha minimizado la importancia de la identificación, evaluación y correcta gestión de los SAT por parte de los países que los comparten.

Desde esta perspectiva, se evidenció que se carecen de evaluaciones rigurosas de esa agua, sobre todo en los acuíferos mexicanos como Serranía del Burro y los otros cinco acuíferos administrativos que, según los especialistas, están vinculados con

<sup>23</sup> Cabe agregar que las compañías interesadas deberán cumplir con lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana 165-SEMARNAT-2013, en la que se establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

los acuíferos texanos Edwards y Trinity. Aspectos como la falta de una precisión con respecto a su delimitación vertical y horizontal, el análisis riguroso de la formación geológica y la falta de monitoreo de la calidad y cantidad de agua aprovechada, entre otros, impiden tener una evaluación profunda, la cual, a su vez, impide un control mucho más efectivo del agua que se extrae en la frontera actualmente. Por otra parte, aunque se reconoce que el *fracking* es una actividad que se ha llevado a cabo en Texas por lo menos desde hace más de un lustro, se identificó que, a diferencia de México, existe una política mucho más rigurosa para el seguimiento y control del comportamiento de los patrones que definen calidad, cantidad, uso, descarga y recarga natural y artificial de los sistemas acuíferos, así como la protección y conservación del agua. En México, por el contrario, las regulaciones en torno al uso de agua subterránea en el *fracking* son recientes y, además, son objeto de controversia tan sólo por el ámbito de su aplicación.

Más allá del debate de la cantidad exacta de agua que demanda el *fracking*, lo cierto es que esa actividad altera las componentes verticales y horizontales del acuífero, con daños que podrían rebasar escalas locales que lograrían impactar hasta en cientos de kilómetros a la redonda. El resultado, sin duda, serán impactos ambientales transfronterizos irreversibles en menos de dos décadas si no se identifica, evalúa, mitiga o prohíbe el *fracking*. Lo anterior sugiere que podría aplicarse la estricta observancia de los principios de la obligación de no causar daños significativos plasmados en las directrices para gestionar aguas transfronterizas, y también el principio precautorio, como mecanismos de inhibición y prohibición del *fracking*.

Cabe recordar entonces que los instrumentos internacionales del derecho de las aguas internacionales como cauces compartidos sugieren que los Estados ejecuten todas las medidas necesarias para evitar daños mayores que pudieran afectar a uno u otro Estado, por efecto de un uso irracional del agua. En ese sentido, México y Estados Unidos reconocen en el Tratado de 1944 la existencia de tres cuencas compartidas, es decir, la de los ríos Bravo, Colorado y Tijuana, pero no así de las aguas subterráneas transfronterizas. Por esa

razón, programas como el TAAP han contribuido al conocimiento de los SAT, aunque sigue pendiente la evaluación conjunta de acuíferos transfronterizos como el aquí analizado. En esa tesitura, los planes del Estado mexicano para efectuar licitaciones y concesiones de agua para la industria del *fracking* en el área fronteriza Coahuila-Texas debiera ser motivo suficiente para emprender los esfuerzos necesarios con el fin de establecer las medidas de cooperación bilateral necesarias para conocer, con mayor profundidad, los rasgos que caracterizan el agua subterránea transfronteriza y, con ello, posicionar en el mapa político de los SAT México-Estados Unidos al Edwards-Trinity-El Burro.

Al final quedó claro que sin una adecuada caracterización y evaluación científica de los SAT será difícil establecer esquemas de protección y conservación del agua subterránea homologados o conjuntos, por lo que seguirán prevaleciendo las asimetrías existentes en el conocimiento, la evaluación y gestión del agua subterránea con relación al *fracking* entre México y Estados Unidos.

## REFERENCIAS

- Alianza Mexicana contra el *Fracking* (2016). *Maapeo del fracking en México*. México: Cartocrítica, Investigación, mapas y datos para la sociedad civil. Recuperado de <http://nofrackingmexico.org/maapeo-fracking/>
- Anglés, M. (2015). Desarrollo energético *vs.* sustentabilidad ambiental. En M. Carmona y A. Acuña (Coords.), *La Constitución y los derechos ambientales* (pp. 33-51). Ciudad de México: IIJ-UNAM.
- Anglés, M. (2016). Fracturación hidráulica y su impacto en los derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua y a la salud. En M. J. Ackerman (Coord.), *Fracking. ¿Qué es y cómo evitar que acabe con México?* (pp. 31-57). Ciudad de México: IIJ-Tirant Humanidades.
- Barker, R. A. y Ardis, A. F. (1996). Hydrogeologic Framework of the Edwards-Trinity Aquifer System, West Central Texas. *U. S. Geological Survey Professional Paper, 1421-B*, 1-76. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/pp/1421b/report.pdf>
- Bartlett, M. y Vargas, R. (2016). *Reforma energética: el poder duro y consensuado para imponerla*. México: Senado de la República.
- BMI Research Senator House (2015). *Mexico Oil & Gas Report Q1 2016. Includes 10-Year Forecast to 2024*. Londres: Business Monitor International Ltd.

- Boguici, R. (2002). *Transboundary Aquifers of the Del Rio/Ciudad Acuña-Laredo/Nuevo Laredo Region*. Texas Water Development Board Contract Report to the U. S. Environmental Protection Agency, Region 6. Austin: Texas Water Development Board.
- Boguici, R. (2004). Hydrogeology of Edwards-Trinity Aquifer of Texas and Coahuila in the Border Region. En *Aquifers of the Edwards Plateau: Texas Water Development Board, Report* (Vol. 360) (págs. 91-114). Austin: Texas Water Development Board. Recuperado de [http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered\\_reports/doc/R360/Ch04.pdf](http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/R360/Ch04.pdf)
- Carrillo-Rivera, J. J., y Cardona, A. (2012). Groundwater Flow Systems and Their Response to Climate Change: A Need for a Water-System View Approach. *American Journal of Environmental Sciences*, 220-235.
- Carrillo-Rivera, J. J., Cardona, A., y Margain, R. (1997). Groundwater Flow and Environmental Impact in Mexico. *Geografía y Desarrollo, Revista del Colegio Mexicano de Geografía A.C.*, 15, 17-26.
- Carrillo-Rivera, J. J., Peñuela, L., Huizar, A. Cardona, A., Ortega, A., Vallejo, J. y Hatch, G. (2016). Capítulo 10. Conflictos por el agua subterránea. En *Geografía de México. Una reflexión espacial contemporánea* (Tomo 1) (pp.151-166). México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Chen, H., y Carter, K. E. (2016). Water Usage for Natural Gas Production Through Hydraulic Fracturing in the United States from 2008 to 2014. *Journal of Environmental Management*, 170, 152-159. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.023>
- Comisión Internacional de Límites y Aguas. (1973). *CILA, Acta No. 289 "Observación de la calidad de las aguas a lo largo de la frontera entre México y los Estados Unidos"*. Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos. Sección Mexicana. Recuperado de <http://www.cila.gob.mx/actas/289.pdf>
- Comisión Nacional de Hidrocarburos (2010). Estadísticas de Petróleo y Gas. Recuperado de <https://portal.cnih.cnh.gob.mx/estadisticas.php> el 1a de diciembre de 2010.
- Conagua (s.f.). índice de archivos KMZ. México: Conagua. Recuperado de <http://siga.conagua.gob.mx/REPDA/Menu/MenuKMZ.html> el 28 de mayo de 2018.
- Conagua (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015) el 20 de diciembre de 2017.
- Conagua (2015a). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Allende-Piedras Negras (501), estado de Coahuila*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Conagua (2015b). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cerro Colorado-La Partida (503), estado de Coahuila*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Conagua (2015c). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Palestina (0513), estado de Coahuila*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Conagua (2015d). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Presa la Amistad (0522), estado de Coahuila*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Conagua (2015e). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Región Carbonífera (0512), estado de Coahuila*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Conagua (2015f). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Serranía del Burro (0526), estado de Coahuila*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Conagua (2015g). *Estadísticas del agua en México. Edición 2015*. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México: Semarnat.
- Conagua (2018). *Consulta a la base de datos del Repda*. México: Conagua. Recuperado de <http://app.conagua.gob.mx/repda.aspx> el 28 de mayo de 2018.
- Córdova, G. (2014). *La ciudad y sus actores, la sustentabilidad del agua en Ciudad Juárez*. México: El Colegio de Chihuahua.
- Davis, C. (2012). The Politics of "Fracking": Regulating Natural Gas and Drilling Practices in Colorado and Texas. *Review Policy Research*, 29(2), 177-191. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-1338.2011.00547.x/full>
- De la Fuente, A., Guerrero, J. C., Del Pozo, E., Arredondo, Ó. (2016). *El sector de hidrocarburos en la Reforma Energética: retrocesos y perspectivas*. Ciudad de México: Fundar, Centro de Análisis e Investigación, A. C. Recuperado de <http://fundar.org.mx/el-sector-hidrocarburos-en-la-reforma-energetica-retrocesos-y-perspectivas/>
- Diario Oficial de la Federación (2017, 30 de agosto). Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5495543&fecha=30/08/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5495543&fecha=30/08/2017) el 28 de mayo de 2018.

- Eagle Ford Shale (2010). Eagle Ford Shale. News, MarketPlace, Jobo. Recuperado de <https://eaglefordshale.com> el 1a de diciembre de 2010.
- Edwards Aquifer Authority (s.f.). Edwards Aquifer Authority. Recuperado de <http://www.edwardsaquifer.org/> el 1a de diciembre de 2017o.
- George, P. G., Mace, R. E. y Petrossian, R. (2011). *Aquifers of Texas. Report 380*. Austin: Texas Water Development Board. Recuperado de [http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered\\_reports/doc/R380\\_AquifersofTexas.pdf](http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/R380_AquifersofTexas.pdf)
- Ghaderi, S., Jack, T. y Wolbing, G. (2011) *Water in Alberta. With Special Focus on the Oil and Gas Industry (Education Paper)*. Recuperado de <http://www.hydrocarbonmetagenomics.com/wp-content/uploads/2013/07/WaterReport1.pdf>
- Góngora, D. (2008). Tesis y jurisprudencia en materia de aguas. En E. Rabasa y C. Arriaga (Eds.), *Agua: aspectos constitucionales*. México: UNAM.
- H. Cámara de Diputados (2004) Ley General de Bienes Nacionales. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267_190118.pdf) el día 10 de diciembre de 2017.
- IGRAC (2015). Transboundary Aquifers of the World (map). Map. Scale 1 : 50 000 000. Delft: UNESCO International Hydrological Programme. Recuperado de <https://www.un-igrac.org/es/resource/transboundary-aquifers-world-map-2015>
- Inegi. (2010). *México en cifras. Coahuila de Zaragoza*. México: Inegi. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas?ag=05>
- IEA (International Energy Agency) (2012). *Golden Rules for a Golden Age of Gas. World Energy Outlook. Special Report on Unconventional Gas*. París: OECD-IEA. Recuperado de [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/goldenrules/WEO2012\\_GoldenRulesReport.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/goldenrules/WEO2012_GoldenRulesReport.pdf)
- Jackson, R., Vengosh, A., Davies, W., Darrah, R., Sullivan, F. y Petrom, G. (2014). The Environmental Costs and Benefits of Fracking. *Annual Review Environmental Resources*, 327-362. Recuperado de <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-031113-144051>
- Klein, N. (2015). *Esto lo cambia todo. El capitalismo contra el clima*. Ciudad de México: Ediciones Culturales Paidós.
- Maciel, A. (2006). El agua como tema de seguridad nacional para Estados Unidos en la frontera con México. En R. Vargas y J. L. Valdés Ugalde (Coords.), *Recursos naturales estratégicos. Los hidrocarburos y el agua* (pp. 133-165). Ciudad de México: CISAN-UNAM.
- Manzanares, J. L. (2014). Uso de agua en la extracción de gas de lutitas en el noreste de México. Retos de regulación ambiental. *Estudios Sociales*, XXII (44), 171-197. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572014000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572014000200007)
- O'Connell, S. (2014). The Milk River Transboundary Aquifer in Southern Alberta. *Geological Survey of Canada*. DOI: 10.4095/295603
- Organización de las Naciones Unidas (1973). Resolución 3129 de la Asamblea General del 14 de diciembre de 1973. Recuperado de [http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/3129\(XXVIII\)&Lang=S&Are a=RESOLUTION](http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/3129(XXVIII)&Lang=S&Are a=RESOLUTION)
- Organización de las Naciones Unidas (2008). *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"*. Recuperado de <http://www.gwp.org/Global/ToolBox/References/Cross%20Cutting%20Issues%20-%20Spanish/Transboundary/Resolucion%20aprobada.pdf>
- Parraguez, M. L., Ugarte, A. y Campero, G. (2015). Shale Gas in the United States: Transforming Energy Security in the Twenty-first Century. *Norteamérica*, 10(1), 7-38. DOI: org/10.20999/nam.2015.a001
- Pétre, M. A. y Rivera, A. (2015). A Synthesis of Knowledge of the Milk River Transboundary Aquifer (Alberta, Canada-Montana, U. S. A.). *Geological Survey of Canada*. DOI: 10.4095/295754
- Printz J. (2004). Milk River Aquifer Reclamation & Conservation Program 1999-2004. Summary Report.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *PNUD México. Objetivos de Desarrollo Sostenible Post-2015*. Recuperado de <http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/post-2015/sdg-overview/>
- Rahm, D. (2011). Regulating Hydraulic Fracturing in Shale Gas Plays: The Case of Texas. *Energy Policy*, 39, 2974-2981. DOI: org/10.1016/j.enpol.2011.03.009
- Rivera, A. (2015). Transboundary Aquifers Along the Canada-USA Border: Science, Policy and Social Issues. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4, 623-643. DOI: org/10.1016/j.ejrh.2015.09.006
- Sánchez, A. (2004). *El revestimiento del Canal Todo Americano*. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Sánchez, R., López, V. y Eckstein, G. (2016). Identifying and Characterizing Transboundary Aquifers Along the Mexico-US Border: An Initial Assessment. *Journal of Hydrology*, 535, 101-119. DOI: org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.070
- Secretaría de Energía (2016). Programa quinquenal de licitaciones para la exploración y extracción de hidrocarburos 2015-2019. Gobierno de la República. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-quinquenal-de-licitaciones-para-la-exploracion-y-extraccion-de-hidrocarburos-2015-2019>



- Simonian, L. (1999). *La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México*. México: Semarnat-Conabio-IMERNAR.
- Tintera, J. J. y Savage, L. (2006). Effects of Oil and Gas Production on Groundwater. En R. E. Mace, S. C. Davidson, E. S. Angle y W. F. Mullican (Eds.), *Aquifers of the Gulf Coast of Texas. Texas Water Development Board. Report 365* (págs. 255-260). Austin: Texas Water Development Board. Recuperado de [https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered\\_reports/doc/R365/R365\\_Composite.pdf](https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/R365/R365_Composite.pdf)
- Tóth, J. (1970). A conceptual Model of the Groundwater Regime and the Hydrogeologic Environment. *Journal of Hydrology*, 164-176. DOI: [org/10.1016/0022-1694\(70\)90186-1](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90186-1)
- Tribunal Latinoamericano del Agua (s.f.). Veredictos. Recuperado de <http://tragua.com/2016/10/veredictos/> el 28 de mayo de 2018.
- Tribunal Latinoamericano del Agua (2016). *Tribunal Latinoamericano del Agua. IX Audiencia pública. Casos sobre controversias hídricas en México y Guatemala*. Recuperado el 20 de octubre de 2016 del Caso Eventual implementación de la técnica del *fracking* y el trasvase de agua en los ejidos de Palmira y Emiliano Zapata, Municipio de Jiménez, Coahuila. Recuperado de <http://tragua.com/wp-content/uploads/2016/10/FRACKINGcoahuila.pdf>
- TWDB (2016). *Texas Water Development Board Official Web Site*. Austin: TWDB. Recuperado de <http://www.twdb.texas.gov/>
- U. S. Bureau of Census (2015). *Texas State Census*. Recuperado de [https://www.census.gov/geo/reference/guidestloc/st48\\_tx.html](https://www.census.gov/geo/reference/guidestloc/st48_tx.html)
- U. S. Energy Information Administration (2016). *International Energy Outlook 2016*. Washington, DC: U. S. Energy Information Administration, Office of Communications. Recuperado de [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)
- UNECE (2000). *Directrices sobre seguimiento y evaluación de aguas subterráneas transfronterizas*. Recuperado de <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/documents/guidelinesgroundwaterspa.pdf>
- UNECE (2014). *Model Provisions on Transboundary Groundwaters*. Génova: United Nations Economic Commission for Europe. Recuperado de [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT\\_model\\_provisions/ece\\_mp.wat\\_40\\_eng.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_model_provisions/ece_mp.wat_40_eng.pdf)
- UNESCO (2012). *Programa Hidrológico Internacional (PHI), Octava Fase, Seguridad Hídrica: Respuestas a los Desafíos Locales, Regionales y Mundiales. Plan Estratégico. PHI-VIII 2014-2021*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002180/218061s.pdf>
- UNESCO (2015). *Estrategia regional para la evaluación y gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en las Américas*. Montevideo: UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002353/235394s.pdf>
- Vargas, R. (2015). Reforma energética: de servicio público a modelo de negocios. *Política y Cultura*, 43, 125-145. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-77422015000100007&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-77422015000100007&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Vargas, R. y Valdés, J. (2006). *Recursos naturales estratégicos. Los hidrocarburos y el agua*. México: CISAN, UNAM.
- Wong, C. I., Kromann, J. S., Hunt, B. B., Smith, B. A. y Banner, J. L. (2013). Investigating Groundwater Flow between Edwards and Trinity Aquifers in Central Texas. *Groundwater*, 52(4), 624-639. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gwat.12106/full>