
AGUAS SUBTERRÁNEAS TRANSFRONTERIZAS Y FRACKING: INVISIBILIDAD Y FRAGMENTACIÓN EN EL CONTEXTO DE LA INTEGRACIÓN ENERGÉTICA DE AMÉRICA DEL NORTE

Gonzalo Hatch Kuri

Universidad Nacional Autónoma de México
ghatch@comunidad.unam.mx

Recibido: 6 agosto 2018; Devuelto para correcciones: 5 marzo 2019; Aceptado: 3 noviembre 2020

Aguas subterráneas transfronterizas y fracking: invisibilidad y fragmentación en el contexto de la integración energética de América del Norte (Resumen)

En la integración energética de América del Norte, Estados Unidos impulsa la expansión geográfica del *fracking* hacia Canadá y México para extraer gas *shale*, aprovechando los yacimientos transfronterizos compartidos con ambos países. Aunque, el agua subterránea transfronteriza podría ser un insumo estratégico para dicho proceso, suele considerársele como un asunto estrictamente técnico. Este trabajo analiza desde el enfoque del ciclo hidrosocial, el conjunto de datos relativos a tres componentes clave que indican en el aprovechamiento del gas *shale*: los *shale play* transfronterizos (como yacimientos de hidrocarburos), el *fracking* (como método extractivo) y los acuíferos transfronterizos (como supuesto “reservorio” hídrico). Los hallazgos refieren distintos niveles de conocimiento, persiste todavía una comprensión espacial fragmentada del fenómeno *fracking*, como problema escalar regional y transfronterizo que exige una visión que articule distintos saberes y partes interesadas a fin de proteger y conservar el agua subterránea.

Palabras clave: *Fracking*, Agua Subterránea Transfronteriza, América del Norte, Ciclo Hidrosocial

Transboundary groundwater and fracking: invisibility and fragmentation in the context of North American energy integration (Abstract)

In the energy integration process of North America, the United States is promoting the geographical expansion of fracking to extract shale gas towards Canada and Mexico, taking advantage of the transboundary shale plays. Although transboundary groundwater could be a strategic input for such a process, it is often viewed as a strictly technical matter. This work analyzes from the hydrosocial cycle approach, the data set related to three key components that are indexed in the use of shale gas: transboundary shale play (as hydrocarbon reservoirs), fracking (as an extractive method) and transboundary aquifers (as a water “reservoir”). The findings refer to different levels of knowledge, a fragmented spatial understanding of the fracking phenomenon persists, as a regional and transboundary scalar problem that articulates several knowledge and stakeholders in order to protect and conserve groundwater.

Keywords: Fracking, Transboundary Groundwater, North America, Hydrosocial Cycle.

Estados Unidos es líder mundial en el aprovechamiento del gas *shale* o de lutitas, gracias a la tecnología que posee el sector productivo energético, pero también por el número de yacimientos de hidrocarburos no convencionales o *shale plays* situados en su territorio nacional, tales como Marcellus, Haynesville-Bossier, Barnett, Bakken y Eagle Ford. El método empleado para la extracción de este gas es polémico por los daños ambientales y los conflictos que provoca, es decir, la fracturación hidráulica horizontal o *fracking*. Se estima que la demanda interna de gas *shale* está cubierta hasta el año 2100 en los Estados Unidos; sin embargo, ese país persigue la consolidación de un bloque económico de corte energético, junto con sus vecinos Canadá y México, para poder competir más agresivamente en el mercado con otros países productores como Rusia y China (U.S. Energy Information Administration 2011; Vargas 2017).

En ese contexto, uno de los argumentos que Estados Unidos ha utilizado en la integración energética de América del Norte es el aprovechamiento de sus yacimientos geológicos transfronterizos de gas de lutitas, como *Bakken* y *Eagle Ford*. El primero, lo comparte con Canadá y, el segundo con México; se estima que ambos contienen un atractivo volumen de reservas técnicamente recuperables que, eventualmente, acrecentarían la oferta de gas *shale* en América del Norte. Precisamente, este fue uno de los argumentos que justificaron la aprobación de la reforma energética de 2013 en México, que desreguló el sector que había estado históricamente bajo la rectoría del Estado.

De acuerdo con las estimaciones del U.S. Energy Information Administration en 2016, México se encontraba dentro de los diez países con mayores reservas de gas *shale* y, se esperaba que para 2040, este pudiera aportar al mercado mundial volúmenes próximos al 75% del total global, condicionados al desarrollo pleno del sector energético. En vista de ello, la homologación regulatoria del sector energético ha sido clave en el proceso de integración regional desde que entró en vigor en 1994 el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. No obstante, existen otros elementos clave para la explotación de los hidrocarburos no convencionales, entre ellos, el agua y que, en los procesos desregulatorios, se encuentran en un segundo plano en el contexto de la transformación del sector energético. En este sentido, organismos internacionales como el Programa Hidrológico Internacional o el Banco Mundial insisten en la importancia del nexo agua-energía-alimentos, pues la producción energética se encuentra condicionada al acceso seguro de agua suficiente en cantidad y calidad, lo cual, a su vez, es un foco de preocupación para diversos sectores sociales porque compromete otros usos y derechos como el Derecho Humano al Agua.

El agua subterránea en ciertas regiones, sobre todos las áridas, se convierte en un insumo estratégico para el *fracking*, pero aún falta claridad y mayores evidencias para clarificar los siguientes aspectos: *i*) los impactos de la demanda de enormes volúmenes de agua; *ii*) el acaparamiento de agua de buena calidad y, *iii*) caracterizar los efectos de la contaminación, el tratamiento, la disposición y el manejo final del agua y los

fluidos tóxicos. En general, la literatura especializada examina el tema de forma fragmentada y, primordialmente, desde una escala bastante local y el análisis del agua subterránea, aparece como un aspecto técnico o un apéndice de la propia producción energética. Esto se agrava cuando se verifica que los yacimientos del gas de lutitas son transfronterizos, toda vez que exige replantear la dimensión espacial y la contraposición o anidación de escalas de análisis que complejizan el fenómeno del *fracking*. Son escasos los trabajos que refieren a este problema, pero, sobre todo, se ha soslayado el estudio integral del agua subterránea como un elemento clave que coadyuva a la organización espacial del sector de hidrocarburos no convencionales, desde una dimensión compleja que articule los yacimientos transfronterizos (reservorio de hidrocarburos), el *fracking* (método extractivo) y los acuíferos transfronterizos (“reservorio” hídrico).

En consecuencia, este trabajo busca responder las siguientes preguntas: ¿cuáles son los niveles de conocimiento existentes que contribuyen a la invisibilidad política del binomio agua subterránea transfronteriza-*fracking* en el contexto de la integración energética de América del Norte?, ¿qué conocimientos pueden considerarse críticos para la conservación y protección del agua subterránea transfronteriza bajo un escenario de extracción irracional y contaminación derivada del *fracking*? Para responder los cuestionamientos anteriores, se revisó con detalle la literatura referente a cuatro aspectos, el debate académico del agua en la geografía crítica; los análisis geopolíticos de las implicaciones del bloque energético de América del Norte; los estudios de caso sobre daños ambientales por *fracking* y, finalmente, los estudios recientes de la evaluación de los acuíferos transfronterizos de América del Norte. Posteriormente, se sistematizó la información de acuerdo con los avances para la determinación de los daños en el agua subterránea por *fracking*, para relacionarlos con la dimensión geográfica de los *shale plays* o yacimientos de gas de lutitas transfronterizos, para así determinar cuáles son los elementos faltantes que complejizan el binomio agua subterránea-transfronteriza-*fracking*.

Los principales hallazgos de este estudio revelan, en primer término, la necesidad de repensar la importancia del nexo agua-energía-alimentos a partir del concepto ciclo hidrosocial, para comprender la espacialidad política del agua subterránea y al *fracking* como una técnica hidrosocial y, en segundo lugar, que la evaluación del funcionamiento sistémico del agua subterránea ayuda a la comprensión de la escala espacio-tiempo regional del propio ciclo hidrológico y su relación con la superposición de los *shale play* transfronterizos, elementos que, sin duda, inciden en la conservación y protección ambiental del agua subterránea transfronteriza.

El trabajo está conformado por tres apartados. En el primero, se discute desde un enfoque interdisciplinario (Geografía Política e Hidrogeología) la dimensión política del agua subterránea fundamentada a través del concepto *ciclo hidrosocial*. En el segundo, se analizan y discuten las implicaciones del nexo agua subterránea-*fracking* dentro del proceso de integración energética de América del Norte. En el tercer apartado, se concluye

con el análisis comparado de los elementos críticos que inciden en la conservación y protección ambiental de las aguas subterráneas transfronterizas en relación a la fracturación hidráulica en una escala regional.

Agua subterránea: invisible, fragmentada y despolitizada

El agua es un elemento “híbrido” que conjunta dos dimensiones que se estudian dicotómicamente: la natural (H₂O) y la social (Linton 2010; Linton y Budds 2014; Schmidt 2014). Su movilidad planetaria facilita su apropiación y transformación a través de una infinidad de procesos multiescalares, tanto biológicos como materiales; se ha demostrado que ninguno puede prescindir del agua. En este contexto, los estudios del agua se distinguen por una excesiva fragmentación epistemológica y el campo multidisciplinario de los estudios del agua es un buen ejemplo. Esta hiper fragmentación se revela en la coexistencia espacio-temporal de múltiples tipos de “aguas” con diferentes propiedades, cualidades y atributos, y situadas en diversas escalas de análisis, verbigracia, las *aguas rurales*, las *aguas urbanas*, las *aguas agrícolas*, las *aguas residuales*, el *agua potable*, el *agua tratada*, el *agua pluvial*, las *aguas recicladas*, el *agua embotellada*, el *agua purificada* y, en escalas de mayor alcance regional, las *aguas transfronterizas*, como las *aguas subterráneas transfronterizas*.

El sector energético refleja también la fragmentación porque, en el caso particular del *fracking*, se mencionan frecuentemente las *aguas salobres*, las *aguas producidas* y las *aguas de retorno*, engrosando así la lista de fragmentación epistémica del agua. En la literatura sobre *fracking* se insiste en que éste es un método técnico y de impacto local; el agua que demanda, consume y desecha, es un asunto secundario y poco tratado. No obstante, esto evidencia la desintegración del conocimiento del agua y es parte de un proceso más profundo de despolitización crítica del binomio agua-energía-alimentos. Esto, además, es una contradicción con lo que se plantea en la representación iconográfica del ciclo hidrológico: que el agua es una sola en su infinita movilidad planetaria¹.

Desde una perspectiva crítica, la fragmentación es el resultado de la transformación intelectual, física y técnica del agua en el contexto de su relación con el ser humano, lo cual remite al debate académico mucho más amplio de la producción del espacio, que si bien ha estado influido por el enfoque neomarxista del discernimiento de la naturaleza (Smit 2008), presenta una vertiente novedosa que es la dimensión de lo político en el concepto ciclo hidrosocial (Swyngedouw 2009; Linton y Budds 2014). Este considera al agua como una dualidad “híbrida” que internaliza las relaciones sociales y los conflictos derivados de su apropiación, control, manejo y distribución, superando así el reduccionismo del ciclo hidrológico donde el ser humano está ausente.

¹ Basta recordar la obra de Robert E. Horton, que sistematizó la circulación planetaria del agua y su impacto en la institucionalización de las primeras políticas de su gestión en los Estados Unidos y Europa a inicio del siglo pasado (Linton 2010, p.126).

Acuñado en el cruce de la Geografía y la Ecología Política, el concepto de ciclo hidrosocial permite comprender que el agua integra formas y niveles particulares de conocimiento como componentes del espacio geográfico, es decir, formas hidrosociales particulares; una de ellas es precisamente el *fracking*. Por la demanda, el consumo, la contaminación del agua y el nivel de conflictividad que se desprende de esta forma hidrosocial, es necesario identificar los reduccionismos técnicos y la fragmentación epistémica que impiden una visión mucho más compleja de este fenómeno.

Aunque el ciclo hidrosocial coadyuva a la interpretación de los complejos procesos de apropiación, intervención técnica y control político del agua, se debe reconocer que no es un concepto acabado. Pensar el *fracking* invita al mismo tiempo, a revisar el ciclo hidrosocial, si se considera que esta técnica prefiere como insumo principal al agua subterránea (Eoh 2015; EPA 2016; DiGiulio *et al.* 2018), lo que remite a dos cuestiones. Primero, la comprensión del agua subterránea como una fase específica del propio ciclo hidrológico y segundo, las formas y procesos de hibridación del agua.

El 97% del agua dulce continental *físicamente accesible* es subterránea, el restante 3% está constituido por agua superficial en diferentes estados de agregación (Gleeson *et al.* 2015) La calidad de ésta última en gran medida se encuentra deteriorada, por lo que la primera es la opción más viable y redituable, por su calidad superior y el bajo costo para extraerla (Tujchneider 2016). A pesar de la importancia estratégica del agua subterránea, permanecer oculta en el subsuelo le ha conferido una condición *a priori*,² que atiza su nula visibilidad social.

En el ciclo hidrológico, el agua subterránea se infiltra y recarga los acuíferos, fluye pausadamente entre los gránulos rocosos a diferentes profundidades y distancias para emerger o descargar, ya sea en la superficie o en cuerpos de agua dulce o salada. A este movimiento se le ha querido ver como un asunto técnico y poco comprensible para quien sea ajeno al campo de la ingeniería hidráulica o la hidrogeología. En las últimas décadas, aportaciones provenientes de ésta última ciencia, como la Teoría de los Sistemas de Flujo (Tóth 1999) se han convertido en un referente para determinar el funcionamiento sistémico del agua subterránea dentro del propio ciclo hidrológico.

Gracias a la construcción de las primeras norias durante el siglo XVII, se alumbró el agua subterránea; algunos historiadores han analizado el impacto de esas obras en el septentrión novohispano³ y las formas de gobierno desarrolladas para su aprovechamiento (Tyler 1991; Meyer 1997). Posteriormente, con la aparición de la electricidad y el petróleo en el siglo XIX, su extracción por bombeo facilitó el crecimiento urbano, demográfico y económico en todo el orbe (Domínguez y Carrillo-Rivera 2007); no

² *A priori*, como una condición preexistente y permanente.

³ Espacio geográfico comprendido en la actualidad por los estados de Texas, Nuevo México, Arizona, Estados Unidos.

obstante, aún falta producir evidencias y análisis de esta fuente hídrica como un instrumento de poder.

Desde el enfoque del ciclo hidrosocial, las relaciones sociales con el agua son al mismo tiempo relaciones de poder, las cuales se entretajan en siete fases distintas, pero en cada una se lleva a cabo el proceso de hibridación hídrica (natural-social) (Figura 1).

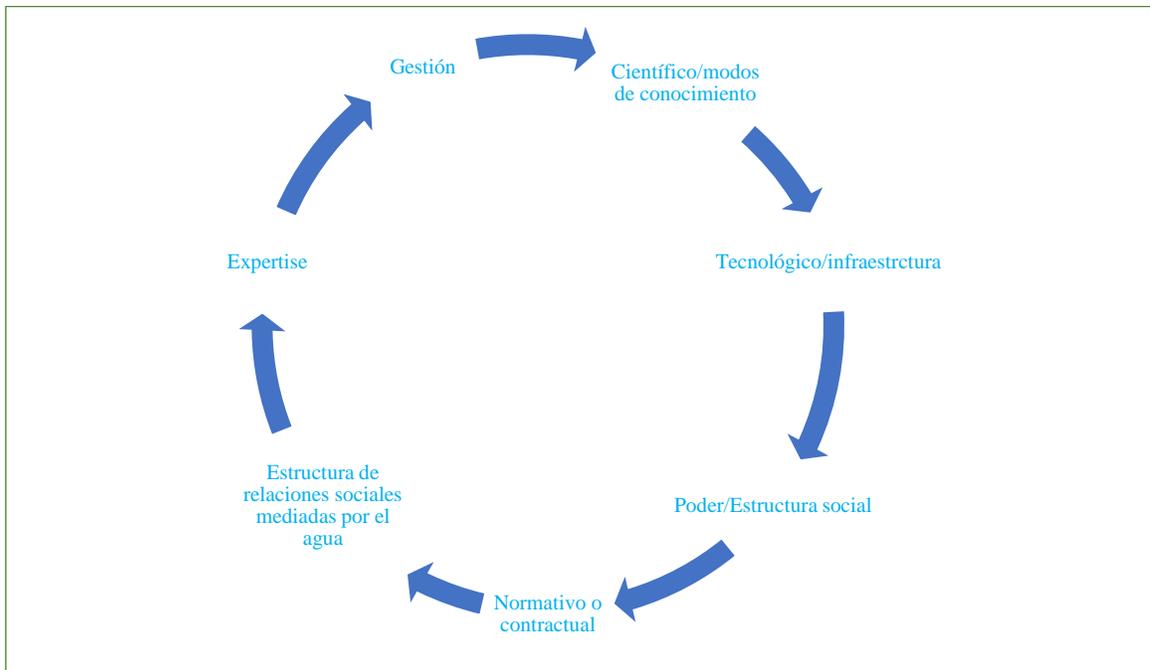


Figura 1. El ciclo hidrosocial y las fases de hibridación del agua.

Fuente: Elaboración a partir de Swyngedouw (2009), Linton y Budds (2014).

La primera fase es la científica -las formas epistemológicas que definen su entendimiento, ¿quién y cómo se decide qué es el agua?-. la segunda es la técnica -la infraestructura para modificar el ciclo hidrológico-. la tercera es el poder -¿quién y cómo controla el agua?-. la cuarta es la normativa -¿cómo se regula la relación con el agua?-. la quinta son las relaciones sociales mediadas por el agua -cada forma particular de agua, supone un conflicto-. la sexta es la *expertise* -conjunto de saberes del agua- y, la séptima es la gestión -la instrumentalización de políticas del agua-. Visto lo anterior, el proceso de hibridación del agua subterránea es infinito, siempre se inicia en la definición científica pero regresa a ella después de los problemas que enfrenta su gestión. En esta investigación, serán objeto de interpretación, únicamente, la fase científica y de la gestión; la primera parte de que el nexo agua subterránea transfronteriza-fracking es una forma hidrosocial (sintetiza la dualidad del agua y la intervención socio-técnica de la que es objeto en el *fracking*), mientras que la segunda refleja las limitaciones conceptuales existentes en el nexo citado, lo que produce que su gestión sea fragmentada y despolitizada.

Por todo lo anterior, el *fracking* como forma hidrosocial implica la comprensión de los niveles de conocimiento existentes entre los actores que se encargan de gestionar las actividades productivas de esta naturaleza, máxime cuando estas implican una dimensión transfronteriza o de bloque regional, como es el caso de América del Norte.

El fracking como técnica y forma hidrosocial

El *fracking* nació en Texas y se le atribuye a George P. Mitchell (León 2016). Su aplicación comenzó en la década de 1940 y, en la actualidad, Estados Unidos es el país que más ha profundizado en su desarrollo tecnológico. El *fracking* consiste en generar permeabilidad en el proceso de perforación de pozos horizontales que requieren fracturación hidráulica múltiple para inducir el flujo de fluidos hacia el pozo, y con ello facilitar la obtención de los hidrocarburos (SENER 2016). Sirve para recuperar hidrocarburos no convencionales como el gas *shale* o de lutitas, el cual está atrapado en formaciones geológicas con muy baja permeabilidad y que, por lo general, se sitúan a profundidades mayores a los 500 metros (Chen y Carter 2016).

Las formaciones geológicas en las que se sitúa este hidrocarburo son denominadas en inglés *shale play*, término que refiere al área geográfica que es objeto de aprovechamiento económico y que, por sus propiedades físicas, contienen una determinada cantidad de gas no convencional. En este sentido, se aprecia una diversa intersección de elementos y escalas de análisis porque, mientras que el *fracking* alcanza magnitudes que oscilan en un rango de centenas de metros en la superficie y hasta de cuatro kilómetros de profundidad, el *shale play* se caracteriza por sus dimensiones regionales, las cuales comprenden de cientos a miles de kilómetros cuadrados, solo en el plano superficial, pudiendo así rebasar las fronteras internacionales. En suma, el *shale play* contiene las reservas de hidrocarburos (técnicamente recuperables o prospectivas)⁴ y, el *fracking* es la técnica hidrosocial que facilita el aprovechamiento de las mismas. Hasta este punto, el agua aún no aparece como insumo estratégico e interdependiente del sector energético; por el contrario, se le considera como un asunto secundario o resuelto previamente.

De acuerdo con el U.S. Energy Information Administration en 2011, se estimaba que en los Estados Unidos existían alrededor de 22 *shale plays* con actividades de aprovechamiento de gas *shale* (U.S. Energy Information Administration 2011; Vengosh et al. 2014). Por los volúmenes técnicamente recuperables de dicho gas, destacan *Marcellus* (410 tcf), *Haynesville-Bossier* (75 tcf), *Barnett* (43 tcf), y *Eagle Ford* (21tcf), éste último de

4 Especialistas como Vargas (2017, p. 28), señalan que las nociones “recursos técnicamente recuperables” y “recursos prospectivos”, no se sustentan en referencias exploratorias científicas, sino en estimaciones, por lo que difícilmente podrían convertirse en producción real y sus posibilidades de éxito son menores al 10%.

dimensión transfronteriza, por extenderse al territorio mexicano.⁵ Por encima de los *shale plays* activos en ese país, se estima que desde 1940 a la fecha se han perforado un millón de pozos y, solo en el período de 2011-2014, se perforaron de 25.000 a 30.000 nuevos pozos por año en promedio, aunque debido a la baja de los precios del petróleo y del gas registrado en 2015, esa cifra se redujo a 20.000 pozos por año en promedio (EPA 2016).

El *fracking* es controversial por el número de afectaciones multidimensionales que ha ocasionado; a la fecha, los casos más estudiados son los acontecidos en los Estados Unidos.⁶ Los conflictos y daños ambientales registrados han sido un referente para que en otros países -entre ellos Francia, Reino Unido, Alemania, Polonia y China- se hayan llevado a cabo o se continúen efectuando evaluaciones para decidir, con base a evidencia científica, si se prohíbe o se aprueba esta actividad, aunque con estrictas regulaciones (Reap 2015; Bergmann 2014). Ni siquiera Estados Unidos ha sido la excepción, pues Vermont, Nueva York, Maryland y ciudades como Denton, Texas lo han prohibido; en México, son escasas las evidencias científicas que permitan tomar decisiones estratégicas con relación a su viabilidad o prohibición definitiva.

A pesar de que se reconoce que el agua es un elemento fundamental en la producción de gas *shale*, pues cerca del 90-97% del total del fluido inyectado para la fracturación hidráulica es agua (EPA 2016), se aprecia que es un actor secundario en la producción energética que responde a medidas de gestión técnica y no política. En la literatura especializada, se asocia a raíz de la alteración de la calidad y cantidad del agua en eventos post-fractura hidráulica.

Estudios recientes, analizan algunos casos relacionados con daños mayores al agua provocados por el *fracking*; así, de trece casos estudiados, seis de ellos acontecidos entre 2008-2010 en varios estados de la Unión Americana, como Pennsylvania, Texas, Luisiana y Alabama; en ocho se registraron derrames y fugas de fluidos tóxicos empleados en la fractura hidráulica o por un mal manejo del agua. En estos casos, se hallaron contaminantes tóxicos en diversos sitios, como en pozos con agua destinados al consumo humano y ganadería, localizados cercanamente a los lugares de operación industrial del *fracking*. También, se documentaron derrames en arroyos y lagunas que provocaron la muerte de la fauna acuática y ribereña, así como en áreas forestales, e incluso, se hallaron contaminantes cancerígenos como el tolueno y xileno en muestras de sangre de habitantes afectados en Dish, Texas (Rahm 2011; DiGiulio et al. 2018).

Desde los primeros casos denunciados en 1997 en los Estados Unidos, el poder judicial ordenó investigar las afectaciones puntuales al ambiente, considerando los

5 El término "tfc", refiere en inglés a trillones de pies cúbicos. Es la medida que se emplea para cuantificar la disponibilidad de hidrocarburos en estado gaseoso.

6 Es posible encontrar una abundante literatura al respecto de este tema (Rahm 2011; Fry, M., Briggie A., y Kincaid, J. 2015; Food & Water Watch 2015), aunque también se registran análisis en Alemania, Reino Unido y Canadá (Reap 2015; Bergmann, et al. 2014; Holding, et al. 2015).

alcances regulatorios de la Ley de Agua Potable Segura de 1974 (Tiemann y Vann 2013). Así, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), publicó en 2004 un primer estudio, aunque exclusivamente referido a la cuantificación de los daños derivados de los pozos en los que se extraía gas de carbón metano (EPA 2004). Conviene recordar, que la EPA en los Estados Unidos emite los lineamientos y directrices para la vigilancia de la aplicación de la ley federal citada, coordinándose a su vez con cada uno de los estados de ese país para tales efectos.

No obstante, la regulación de los pozos y los lineamientos técnicos para efectuar el *fracking* son del ámbito estatal, al igual que el agua subterránea (que es del dominio soberano de los Estados), por lo que la EPA tiene funciones limitadas al respecto. De esta manera en 2011, la EPA creó un Programa de Control de Inyección Subterránea (UCI, por sus siglas en inglés), para normar los fluidos inyectados a largo plazo o para mejorar las operaciones de recuperación, pero excluyó a los pozos de hidrocarburos no convencionales y a aquellos que se empleara inyección de diésel (Carmona 2016). Algunos especialistas consideran que este fue un duro golpe para los defensores del ambiente, porque fue el resultado del acomodo de los intereses políticos y económicos de la administración del ex-presidente George W. Bush (2001-2009) con la industria petrolera (Rahm 2011). Por otra parte, conviene recordar que en ese país el agua subterránea es crítica para el abastecimiento de agua potable, se estima que más de la mitad de todos los sistemas de agua potable y saneamiento locales dependen de agua subterránea y que en el 75% de los condados su principal fuente de abastecimiento es esta agua (Zektser y Everett 2004; DiGiulio et al. 2018).

El análisis de UNESCO (UNESCO 2014) sobre el nexo agua-energía-alimentos reconoce que el agua es un insumo fundamental para la producción de los bienes agrícolas en el campo y a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, y estima que esta actividad es actualmente el mayor usuario de agua a nivel mundial contabilizando cerca del 70% de las extracciones totales de agua. La principal fuente de abastecimiento que emplea la agricultura es el agua subterránea; se estima que la actividad agrícola de nacionales como Bangladesh, China, India, Irán, Pakistán y los Estados Unidos concentran el 80% del uso de agua subterránea (Shah et al. 2007). El crecimiento de la agricultura ha sido exponencial desde la última década del siglo pasado y se explica en gran medida por la introducción masiva del bombeo eléctrico de agua subterránea, relegando a un plano secundario el agua superficial, junto con los agroquímicos. No obstante, poco se ha abordado el rol estratégico que tiene el agua subterránea con la producción de energéticos como el gas de lutitas.

La revisión de la literatura especializada indica que, específicamente, el nexo agua subterránea-*fracking* se caracteriza por visiones fragmentarias y escalarmente locales, delimitadas por la dimensión física y evidente de las controversias y los conflictos ocasionados a las fuentes hídricas de abastecimiento. Por ello, desde nuestro particular punto de vista, es posible clasificar en dos grandes rubros su tratamiento académico. En el

primero, referido al volumen y tipo de fuente de abastecimiento (agua superficial o subterránea) que demanda este método, los estudios concluyen que la cantidad de agua empleada depende de las características de la formación geológica por fracturar, pero en promedio en los Estados Unidos los volúmenes son del orden de los 20 millones de metros cúbicos (Jackson et al. 2015; EPA 2016) y la fuente de abastecimiento preferida es la subterránea por su calidad (DiGiulio et al. 2018), aunque de acuerdo a un estudio de la EPA publicado en 2016, la demanda y uso del agua por tipo de fuente (superficial o subterránea) no es homogénea.⁷

En este rubro, además se aprecian dos preocupaciones de fondo. Una es que si el volumen de agua destinado plantea un desabasto o competencia entre los usuarios con derechos pre-existentes o adquiridos con antelación, poniendo en riesgo la viabilidad de otras actividades económicas o, en su caso, el propio abastecimiento doméstico; la otra, es que se advierte la necesidad de discutir los beneficios y los riesgos técnicos del uso de agua de origen superficial o subterránea.⁸ El segundo rubro se refiere al manejo del agua en el momento de la fracturación y la disposición final de los residuos tóxicos, lo cual incluye la exigencia de la divulgación de los químicos empleados para fracturar la roca y la cuantificación y determinación puntual de la contaminación del agua subterránea y el suelo provocados por las fugas y derrames en el momento de la fractura, así como en el posterior, derivados de la operación ineficiente de la industria.⁹ En este último rubro, es donde se reconoce el ineludible nexo agua subterránea-*fracking* y, en consecuencia, la imperiosa necesidad de evaluar y producir datos para determinar los daños puntuales al agua.

En 2016, la EPA publicó un estudio sobre los impactos del *fracking* en el agua, que incluía una perspectiva cíclica en la que se visualiza la transformación e hibridación del agua (EPA 2016, 8). Su objetivo fue la evaluación de los procesos, factores, la frecuencia y severidad de la alteración a la calidad y cantidad del agua empleada en este método,

7 En ese estudio, se indica que en el *shale play Marcellus*, el 79% del agua empleada fue de origen superficial, mientras que en el *shale play Barnett*, se registró un balance del 48% de agua superficial y 48% de agua subterránea y la restante agua reciclada del *fracking*, durante el período de 2008-2012 (EPA 2016, p. 12).

8 Imperan todavía vacíos de información al respecto. En un reciente estudio efectuado en Texas, se determinó que el incremento del *fracking*, tuvo un impacto muy pequeño en los volúmenes de agua subterránea, a pesar de que se experimentó una sequía atípica en 2011-2012, incrementando la extracción de agua para actividades como la irrigación (Arciniega-Esparza et al. 2017). No obstante, en México se efectuó un estudio en el que se evaluó la cantidad de agua subterránea disponible para el *fracking* y su posible afectación con otros usos pre-existentes, concluyendo que existe la suficiente agua para este negocio (Galdeano, C., Cook, M., y Webber, E. 2017). El propio estudio reconoce que en ese país no existe la información científica necesaria para efectuar un balance preciso, por lo que se tuvo que recurrir a otras fuentes y datos externos.

9 Por si solo el tema de la inyección de la mezcla o coctel que contiene los químicos necesarios para la fracturación hidráulica es muy amplio y no es objeto de este trabajo, aunque no se deja de reconocer su importancia, como lo ha planteado la ONG Food & Water Watch (2015).

excluyendo así otros problemas reportados en la literatura especializada, como la sismicidad inducida, el deterioro de la calidad del aire y los daños a la salud humana. De acuerdo con la EPA, son cinco las fases que comprenden la interacción agua-*fracking*: *i*) adquisición del agua; *ii*) mezcla química para la inyección; *iii*) el proceso de la inyección; *iv*) manejo del agua producida y, *v*) disposición y reúso del agua.

Sobre los puntos *iii* y *iv*, se reconoce que de toda el agua inyectada para la fracturación, esta no retorna completamente a la superficie.¹⁰ Los datos son contradictorios, porque en algunos estudios se indica que este flujo de retorno oscila entre el 10 y el 40% (Vengosh et al. 2014), mientras que la EPA en su análisis comparativo entre los *shale plays* de *Marsellus* y *Barnet*, estimó que en el primero el agua de retorno es del rango de 1.5 a 4.2 millones de litros en promedio (10-40%), mientras que en *Barnet*, retorna casi el 95%.¹¹

La EPA concluye que no existe garantía alguna que evite la contaminación del agua subterránea por fugas o derrames de los fluidos tóxicos del *fracking*¹² y que la severidad de esos impactos depende de la cantidad y del tipo de químicos que la industria esté empleando, así como del tipo de reacción que genere la mezcla tóxica en la roca y el agua subterránea. Se concluye que, mientras más próximo se localicen los pozos de agua subterránea destinada al consumo humano del sitio de operaciones de *fracking*, el riesgo es mayor.

En cambio, en otro estudio efectuado en Alemania dos años antes (Bergmann et al. 2014) se concluyó y se recomendó especialmente que, para la cuantificación puntual de la magnitud de los daños provocados por la interacción de los fluidos tóxicos en el agua subterránea, se debe determinar el funcionamiento gravitacional de los sistemas de flujo de agua subterránea, identificando las áreas de recarga, tránsito y descarga natural en un referente geológico más amplio o regional, a través del diseño de modelos conceptuales hidrogeológicos que comprendieran las diferentes escalas/tiempo en las que el agua se mueve en el subsuelo. En otras palabras, es necesario reconocer que las implicaciones y daños al agua subterránea por el *fracking* pueden ser de magnitudes geográficas y escalares mucho mayores, por su movimiento.

Considerando lo anterior, los *shale plays* o yacimientos de hidrocarburos no convencionales que, por su localización y dimensión, son transfronterizos, agregan a este tema una superposición de escalas de análisis, pues en lo físico no solo se comparte el

10 Al fluido que regresa a la superficie, después de la fracturación hidráulica, se le denomina *agua de retorno* o en inglés, *flowback*, y está compuesto por la mezcla de químicos empleados para la fractura y los fluidos naturales de la formación (Vengosh et al, 2014).

11 El estudio asegura que esto se debe por el alto nivel tecnológico empleado por la industria.

12 Diversos estudios señalan que los elementos contaminantes que más se han encontrado en el agua son benceno, tolueno, xileno, diésel en diversos rangos e hidrocarburos (Vengosh et al. 2014; Food & Water Watch 2015).

yacimiento geológico, sino también los flujos de agua subterránea¹³ y, en lo político, el tema conduce al planteamiento del ejercicio de la soberanía, aprovechamiento y gestión conjunta por parte de los Estados que los comparten. De esta manera, las diferentes magnitudes físicas y los elementos involucrados en el análisis del *fracking*, no solo se reducen a la demanda local del agua y su contaminación, sino que involucran actores escalares de carácter regional e internacional.

Agua subterránea transfronteriza-*fracking*: invisibilidad y fragmentación política

La literatura que examina el binomio agua subterránea transfronteriza-*fracking* es reducida, debiéndose posiblemente a dos aspectos. Primero, no se ha podido delimitar con precisión la dimensión geológica y transfronteriza de los *shale plays* en todo el mundo¹⁴ y, segundo, no se ha efectuado una comprobación rigurosa de la extracción-consumo del agua subterránea transfronteriza en aquellas áreas de aprovechamiento de gas *shale* próximas a las fronteras internacionales.¹⁵ Ambos aspectos quedan ensombrecidos por el enfoque local que se le ha conferido al estudio del *fracking* y por el abordaje secundario, como se explicó en el acápite anterior.

Además, se debe enfatizar que el análisis y abordaje del agua subterránea posee la misma impronta que el *fracking*, al ser abordado masivamente por los especialistas como un tema técnico y de carácter ingenieril soslayando, por una parte, la dimensión científica (hidrogeológica) y, por otra, la ausencia del ser humano. Si se considera el enfoque del ciclo hidrosocial, el proceso de alumbramiento del agua subterránea, de inicio, es un proceso marcado por la transformación e intervención socio-técnica (perforación, introducción de la bomba eléctrica, conexión a la red por medio de tubería de alta tecnología), que al mismo tiempo representa una forma de producir un tipo de “agua moderna” constituyéndose por sí sola como una forma hidrosocial de forma semejante a la técnica de *fracking* (Linton 2010; Schmidt 2014).

Con los avances registrados de la identificación y evaluación global de los acuíferos transfronterizos promovida por organismos supranacionales¹⁶ (el *International Shared Aquifer Resource Management* (ISARM) y el *International Groundwater Resources Assessment*

13 El informe de la UNESCO (2014), sobre agua y energía reconoce la capacidad potencial de gestar conflictos la extracción de hidrocarburos no convencionales en *plays*, que son transfronterizos (UNESCO, 2014 p. 88).

14 Esto se percibe claramente en la cartografía que produce el U.S. Energy Information Administration (2011) sobre los *shale plays* de los Estados Unidos, su mapa es el mismo en la versión 2015.

15 El estudio de Chen y Carter (2016) indica que más de 100 pozos de *fracking* se encuentran operando en Texas a menos de 100 kilómetros de la frontera con México, pero no identificó si el origen del agua es transfronterizo.

16 Hasta el momento se han identificado 592 Sistemas Acuíferos Transfronterizos en todo el mundo, de acuerdo con la información del Programa IGRAC (2015).

Center (IGRAC), el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (PHI-UNESCO), el Banco Mundial y la *Internacional Association of Hydrogeologist* (IAH), en América del Norte se identificaron hasta el momento, 21 acuíferos transfronterizos situados entre Canadá y Estados Unidos, y este último con México (UNESCO 2015). No obstante, las recomendaciones especializadas (Rivera 2015; Sánchez et al. 2016; Albrecht et al. 2017; Golovina 2018) indican que es indispensable efectuar estudios más profundos para determinar con precisión aspectos tales como su geometría 3D, el modelo de funcionamiento del agua subterránea que circula dentro del acuífero, la población que habita y depende de los flujos del agua subterránea, la caracterización de las actividades económicas, la proyección futura de los requerimientos que demanden esta agua y la definición del marco legal para su gestión compartida.¹⁷ Para efectuar con éxito dichos estudios y garantizar las condiciones mínimas de su gobernanza y conservación ambiental, es imprescindible la cooperación de los Estados que comparten los flujos de agua y los acuíferos.

A partir del esquema planteado para los acuíferos transfronterizos, publicado por la UNESCO en 2015 (véase Figura 2), el impacto de actividades económicas como el *fracking*, aparentaría ser mínimo en comparación con el tamaño del acuífero transfronterizo 3D y la coexistencia, además, de un número indefinido de otras actividades económicas que también demandan agua subterránea transfronteriza. El esquema resalta el movimiento de los flujos de agua subterránea, situación que indica que es crítico evaluar el funcionamiento del sistema (roca y agua) a partir de la definición de los tres componentes principales mencionados: áreas de infiltración o recarga, tránsito y las zonas de descarga. La extracción irracional de volúmenes de agua que rebasen la tasa de recarga/infiltración del acuífero o bien, que alteren alguno de los componentes mencionados, podrían poner en peligro el equilibrio ambiental y ecosistémico de los sistemas de flujo de agua subterránea que circulan dentro de los acuíferos transfronterizos. Este argumento, indicaría que el *fracking* efectuado en *shale plays* transfronterizos representa un riesgo para la conservación de los flujos de agua subterránea internacionales, pudiendo incluso, configurar conflictos transfronterizos a mediano y largo plazo.

¹⁷ Recomendaciones emitidas por la UNESCO, Programa ISARM/Américas y la UNECE, a través del *Convenio Sobre la Protección y Uso de los Cursos de Agua Transfronterizos y los Lagos Internacionales* (1992).

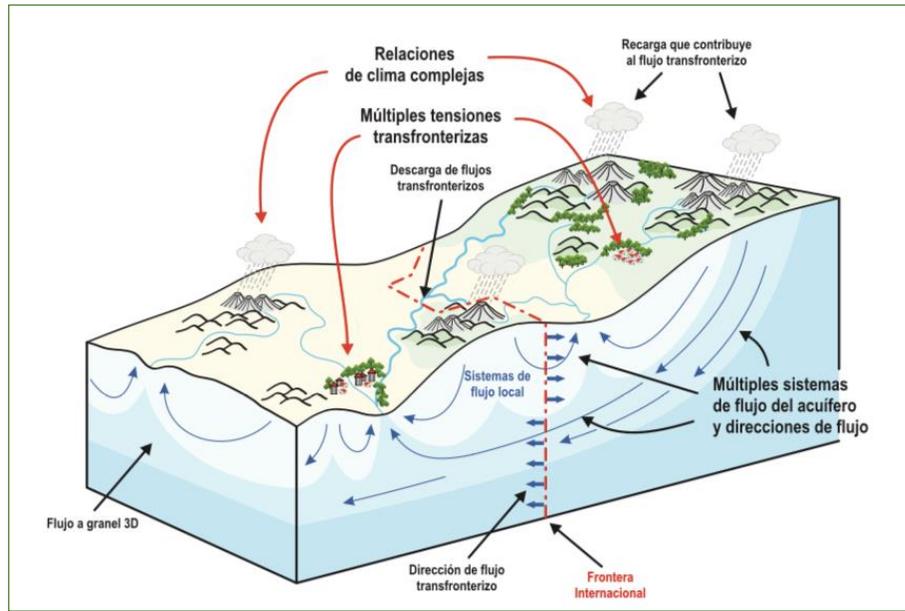


Figura 2. Sistema hidrológico regional transfronterizo, según Puri y Arnold (2002).

Fuente: Recuperado del informe de la UNESCO (2015:86).

La falta de un análisis sobre la concatenación o superposición de los *shale plays* transfronterizos, así como de las áreas geográficas de *fracking* y su interacción con los sistemas de flujo de agua subterránea transfronteriza, carecen de una visión más nítida de los efectos negativos del uso de estos cursos de agua transfronterizos en el *fracking*, así como del control de estas actividades, por eso es necesario adquirir una visión más completa de las interacciones del *fracking* en escalas de análisis regionales (véase Figura 3).

El U.S. Energy Information Administration (2011), revela la existencia de tres *shale plays* transfronterizos, aunque cabe destacar que no les confiere tal atributo, únicamente los representan cartográficamente como compartidos con Canadá, al norte, y por otra parte, al sur con México. En la frontera norte de ese país¹⁸, Niobraran y Bakken en los estados de Montana y Dakota del Norte, se comparten con Alberta y Saskatchewan, Canadá, respectivamente; mientras que al sur de los Estados Unidos, Eagle Ford, en Texas, se extiende por México en los estados de Coahuila y Nuevo León.

¹⁸ Se excluye *Colorado Group*, pues no se considera un *shale play* oficial en Estados Unidos, apenas una formación geológica recién descubierta.

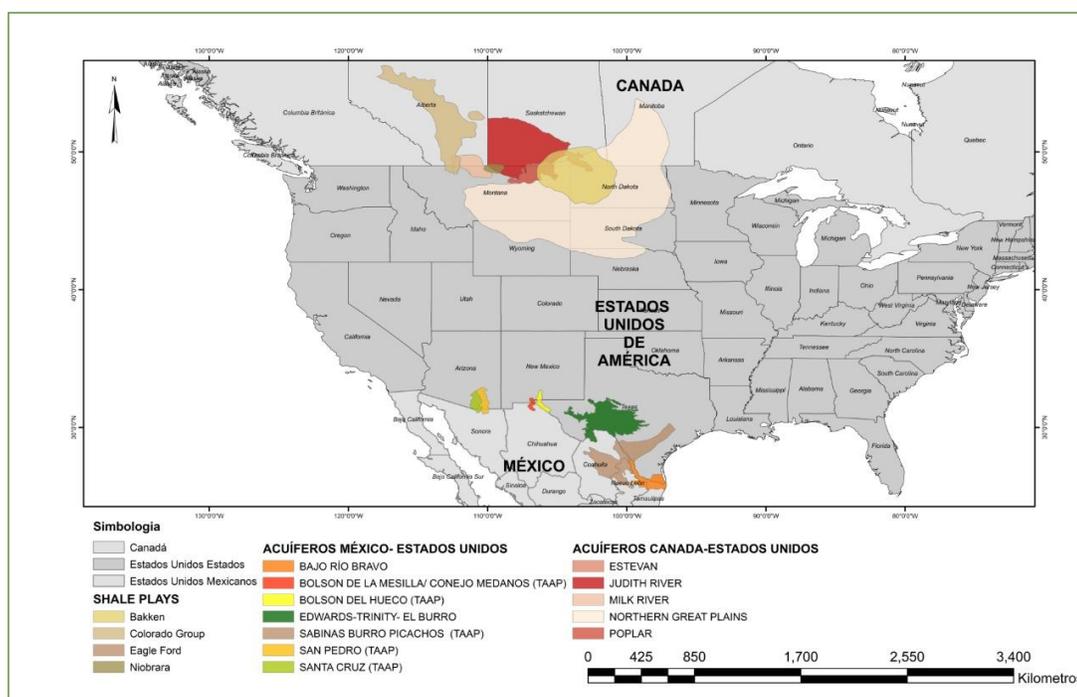


Figura 3. Shale Plays y Acuíferos Transfronterizos en América del Norte

Fuente: Elaboración propia con base en EIA (2011) y UNESCO (2015).

La agencia gubernamental citada analizó algunas de las principales características geológicas y económicas de cada uno de los principales *shale plays* de ese país. En lo que se refiere al ámbito geológico, ofrece una breve descripción de las capas geológicas que las integra, así como de su profundidad, espesor, porosidad y contenido orgánico, mientras que, en lo económico, resalta el análisis sobre la estimación del volumen de las reservas técnicamente recuperables del gas *shale*, las compañías operadoras y el costo de la perforación horizontal, (véase Tabla 1).

Tabla 1. Principales Características de los *Shale Plays* Transfronterizos de Estados Unidos (2011)

| Características Principales | Shale Play Transfronterizo | | |
|--|----------------------------|-----------|------------|
| | Niobrara | Bakken | Eagle Ford |
| Extensión Superficial (Km ²) | Sin datos | 16891 | Sin datos |
| Profundidad (m ³) | Sin datos | 169.90 | 198.21 |
| Espesor (m ³) | Sin datos | 0.622 | 5.66 |
| Porosidad (%) | Sin datos | 8 | 9 |
| Contenido Orgánico (% humedad) | Sin datos | Sin datos | 4.25 |
| Estimación del recurso (tfc) | 6.6 | Sin datos | 20.81 |
| Número de Compañías operadoras activas de Shale Gas (2011) | Sin datos | 20 | 2 |
| Costo de la perforación horizontal (mdd) | Sin datos | 5.5 a 8.5 | 4.0-6.5 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays (2011).

En la Tabla anterior, destaca el *Shale Play* de *Eagle Ford* situado entre Texas y México. Se infiere que su conocimiento, manejo y explotación es estratégica para la producción energética de los Estados Unidos, mientras que en los casos de *Niobrara* y *Bakken*, su aprovechamiento aún es incipiente, sobre todo en el primero, pudiéndose verificarlo con la estimación del recurso (reservas técnicamente recuperables), pues aunque *Niobrara* es un *shale play* recién descubierto, posee casi un tercio de las reservas estimadas en *Eagle Ford*. Resalta un aspecto adicional en lo que se refiere a las características físicas de estos *shale plays*, la Agencia no incorpora el tema del agua en ningún momento a lo largo de su descripción. En este sentido, aunque los organismos supranacionales refieran la importancia del nexo agua-energía para lograr conceptos como la seguridad hídrica, energética (Sadoff, et al. 2015), lo cierto es que en la conexión aguas subterránea transfronterizas-*fracking*, se verifica la fragmentación epistémica y política.

En el caso particular de los *shale plays* transfronterizos Canadá-Estados Unidos, se aprecia una superposición con seis de los diez acuíferos transfronterizos identificados previamente por la UNESCO en 2015:¹⁹ *Milk River, Poplar, Estevan, Judith River y Northern Plains*. De este conjunto de acuíferos compartidos, la literatura especializada (UNESCO 2015; Rivera 2015) refiere que existen diferentes niveles de conocimiento (véase Tabla 2).

Tabla 2. Acuíferos Transfronterizos Canadá-Estados Unidos coincidentes con Shale Plays Transfronterizos

| Principales Características | Acuíferos Transfronterizos Canadá-Estados Unidos | | | | |
|---|--|-----------|--|--------------|---|
| | Milk River | Poplar | Estevan | Judith River | Norther Great Plains |
| Geometría 3D | Definida | Sin datos | Sin datos | Sin datos | Sin datos |
| Extensión (Km ²) | 50,000 | 10,000 | 280 | Sin datos | 500,000 |
| Tipo de Acuífero | Confinado | Sin datos | Confinado | Sin datos | Confinado |
| Tipo de roca | Arenisca confinada por esquisto | Sin datos | Granos gruesos confinados por morrenas y limolitas | Sin datos | Arenisca, piedra caliza, dolomita y pizarra |
| Sistema de Flujos de Agua Subterránea | De Estados Unidos a Canadá | Sin datos | De Canadá a Estados Unidos | Sin datos | De Estados Unidos a Canadá |
| Modelo conceptual | Completo | Sin datos | Completo | Sin datos | Sin datos |
| Definición de zonas de recarga y descarga | Definidas | Sin datos | Sin datos | Sin datos | Definidas |
| Acuerdo de cooperación internacional | Existente | Sin datos | No existe | No existe | No existe |

Fuente. Elaboración propia a partir de Rivera (2015) y UNESCO, (2015).

19 Según UNESCO (2015), los acuíferos transfronterizos Canadá-Estados Unidos son: Abbtsoford-Sumas, Okanagan-Osoyoos, Grand Forks, Poplar, Estevan, Northern Great Plains, Châteauguay, Judith River, Milk River, Richelieu/Lake Champlain.

Es evidente la falta de datos para dos de los cinco acuíferos Canadá-Estados Unidos, solo la cooperación entre ambos países facilitará la recolección exitosa de los datos críticos. Por el momento, el acuífero *Milk River* ejemplifica la colaboración entre autoridades de los dos países (2012-2016), que efectuaron y publicaron diversos trabajos sobre este acuífero, como *The Groundwater Atlas of the Milk River Transboundary Aquifer* (Rivera et al. 2017). Otros trabajos realizados fueron el desarrollo del Modelo Unificado Geológico (la geometría de la roca o acuífero transfronterizo en 3D), la determinación del funcionamiento de los sistemas de flujo de agua subterránea (la dirección y movimiento del agua), el desarrollo del Modelo Conceptual Unificado y del Modelo Hidrogeológico Numérico Unificado (Pétre et al. 2016).

Uno de los antecedentes que dieron lugar a los citados trabajos, se remonta a que, por lo menos desde hace dos décadas en Alberta, Canadá, se registraron alteraciones en los volúmenes de agua en los pozos, problema que se desprendía de su extracción irracional para el *fracking* en Montana, Estados Unidos (O' Conell 2014). Un estudio registró que en ese país operaban 45.800 compañías de pozos de gas y petróleo y cartografió 2.207 pozos de gas de lutitas en áreas próximas a la frontera internacional, por lo que el gobierno canadiense determinó la evaluación prioritaria de las áreas de afectación en su territorio sobre el acuífero *Milk River* (Ghaderi, Jack y Shannon et al. 2017); el resultado fue un programa de manejo para la conservación del agua subterránea en el área del acuífero correspondiente a Canadá.

De esta manera, el programa *Milk River Aquifer Reclamation and Conservation* se convirtió en uno de los programas de protección al agua subterránea con más éxito de Canadá (Printz 2004), el cual se estructuró en cuatro ejes: educación y manejo adecuado del agua subterránea, un censo de pozos para determinar la calidad del agua y riesgos a la salud, sellado y clausurado de pozos no utilizados y, un programa de monitoreo permanente de medición de la calidad y cantidad del agua. Este programa y los estudios fueron ejecutados al margen de los Tratados Internacionales reconocidos por ambas naciones en la distribución política de sus cursos de agua compartidos, es decir el *Boundary Water Treaty U.S.-Canadá* de 1909 y el *Great Lakes Water Quality Agreement* de 2013. Por lo tanto, en este caso y con los resultados recientes de la evaluación binacional del acuífero transfronterizo *Milk River*, Canadá ha sentado un precedente en esta materia en Norteamérica.

En la frontera sur de los Estados Unidos, el aprovechamiento del *shale play* transfronterizo *Eagle Ford* se inició en 2008, y en la actualidad es la sexta reserva de gas *shale* en ese país (U.S. Energy Information Administration (2011)). Este *shale play*, en México se denomina "Cuenca Sabinas-Burro-Picacho" y su posible aprovechamiento ha creado expectativas debido a los cambios regulatorios emanados de la Reforma Energética de 2013, sobre todo para las compañías mexicanas que desean hacer negocios con las empresas petroleras transnacionales en el proceso de la extracción de este gas; por ello, se iniciaron los trabajos de exploración para determinar el volumen de las reservas

técnicamente recuperables,²⁰ así como los estudios geológicos que ratifiquen su dimensión transfronteriza.²¹ *Eagle Ford* se superpone con dos acuíferos transfronterizos, “Edwards-Trinity-El Burro” y “Cuenca Baja del Río Bravo-Grande”, el primero situado entre Texas-Coahuila y, el segundo, entre Texas, Nuevo León y Tamaulipas.²²

En 2016 concluyó un Programa de Evaluación Binacional de los Acuíferos Transfronterizos Estados Unidos-México (TAAP, por sus siglas en inglés), en el que cooperaron ambos países, para evaluar cuatro acuíferos prioritarios para el gobierno estadounidense: Río San Pedro y Río Santa Cruz (Arizona-Sonora), Bolsón de la Mesilla/Conejos Médanos y Bolsón del Hueco (Texas-Nuevo México-Chihuahua).²³ Uno de los objetivos de este Programa, fue evaluar los acuíferos con fuerte demanda de agua subterránea, ese fue el caso de la región binacional de Paso del Norte (Ciudad Juárez-El Paso-Las Cruces) y la de la ciudad de Nogales, Arizona y Nogales, Sonora, excluyendo así los otros siete acuíferos transfronterizos, entre ellos los coincidentes con *Eagle Ford* (véase Figura 3) (Hatch-Kuri 2017). No obstante, en reciente fecha se publicaron estudios sobre este tema, donde se analizan las implicaciones de concebir diferenciadamente geológica y jurídicamente a estos acuíferos en ambos países (Sánchez, R., López, V., y Eckstein, G. 2016; Sánchez, R., y Eckstein, G. 2017), los desafíos para la conformación de un tratado general de aguas subterráneas transfronterizas (Eckstein, G. 2012), y las propuestas para su regulación doméstica desde el enfoque sistémico del agua subterránea y su comprensión como cauces internacionales (Hatch-Kuri 2018b). En suma, aún no existen las condiciones necesarias para que México y los Estados Unidos firmen un tratado general de aguas subterráneas transfronterizas, básicamente, porque no se han caracterizado los sistemas de flujo de agua subterránea compartida, lo que impide su codificación en las regulaciones actuales como un curso internacional compartido por ambos países.

20 En 2015, la Secretaría de Energía de México planteó que, las reservas técnicamente recuperables ascendían a 500.5 Mil Millones de barriles de petróleo crudo equivalente en ese yacimiento, pero de acuerdo al análisis de Vargas (2017), de los 14 pozos perforados hasta 2013, ocho fueron incosteables, cinco produjeron gas seco y tres fueron improductivos. No solo eso, para esta especialista el aumento de la producción de gas de lutitas no es ganancia garantizada y por el contrario, la industria opera con pérdidas por la caída de los precios del petróleo de 2014 a la fecha, por la sobreoferta y la desaceleración económica (Vargas 2017, p. 38).

21 En julio de 2014, México y Estados Unidos firmaron un Acuerdo para el aprovechamiento conjunto de yacimientos transfronterizos de hidrocarburos, aunque únicamente comprendió aquellos situados bajo el lecho marino del Golfo de México (SRE, 2014). Posteriormente, en 2016 la Universidad de Texas en Austin y la Universidad Nacional Autónoma de México, firmaron un convenio para llevar a cabo estudios en el *shale play* transfronterizos *Eagle Ford*; hasta el momento no han concluido los mismos.

22 De forma reactiva, la Comisión Nacional del Agua en México, publicó en agosto de 2017, los lineamientos para el uso del agua subterránea en el aprovechamiento de hidrocarburos no convencionales. En este documento, no se considera a las aguas subterráneas transfronterizas, ni tampoco su determinación y preservación en el contexto del *fracking*.

23 Si bien se llevó a cabo la caracterización científica de esos acuíferos, los resultados del Programa no reflejan la definición del funcionamiento del agua subterránea transfronteriza (Hatch-Kuri, G., Carrillo-Rivera y Huizar, R. 2019).

A diferencia de la frontera Canadá-Estados Unidos, existen aún muchos desafíos que superar para lograr una evaluación integral del agua subterránea transfronteriza México-Estados Unidos. El *fracking* que se lleva a cabo en Texas y que se proyecta extender a México, debiera de ser motivo suficiente para priorizar el conocimiento del agua subterránea transfronteriza, como lo han planteado los especialistas (Rivera, A., y Candela, L. 2018; Hatch-Kuri 2018a), para diseñar mecanismos adecuados que garanticen su conservación ambiental, evitando conflictos o, en su caso, prohibiéndolo en México.

En suma, el *fracking* conjunta dos elementos que tradicionalmente se han visto separadamente: el agua subterránea y el *shale play*. Cuando ambos son transfronterizos, el binomio agua-energía exige una complejidad de análisis mucho mayor, porque se encuentra a expensas de la combinación efectiva de las herramientas disciplinarias provenientes de las ciencias experimentales, así como de las ciencias sociales, por la articulación de elementos que involucra, por ello debería conceptualizarse como un sistema complejo. Precisamente el ciclo hidrosocial, que parte del reconocimiento del movimiento infinito del agua y su proceso de hibridación, depende en gran medida de las aportaciones de la hidrogeología, que es un nivel inicial de conocimiento fundamental para describir y comprender el funcionamiento sistémico del agua subterránea. El *fracking*, más allá de ser una técnica o método de extracción de hidrocarburos no convencionales, requiere como señalan especialistas (Haggerty et al. 2018) de la producción de análisis desde enfoques como el *impacto geográfico*, que reconoce la importancia de la fisiografía y evalúa la dimensión de la transformación del paisaje y las formas de vida de la gente en diversas escalas y, desde la Geografía Política, se podría entender de qué manera se configuran las redes de poder que organizan, gestionan y controlan la expansión del aprovechamiento de hidrocarburos no convencionales en escalas de análisis regionales de dimensión transfronteriza.

Conclusiones

La crisis ambiental que se inició en 1970 demostró el carácter estratégico del agua y aunque emergió un nuevo paradigma para su gestión, con la gobernanza del agua, esta no ha alcanzado a incorporar substancialmente la importancia del funcionamiento sistémico del agua subterránea, debido al carácter tan marcado en la apertura de los mercados de la producción de infraestructura y de las estrategias de gobernanza que se deben adoptar. Los Estados han desregulado su sector hídrico y en consecuencia han ralentizado los cambios necesarios a sus políticas para adecuarlas a la realidad del funcionamiento natural del agua subterránea (FAO 2016), por esa razón, es complicado resolver problemas como la perforación indiscriminada y extracción irracional del agua, la falta de monitoreo, identificar todos sus usuarios, así como calcular la proyección futura de su demanda, los impactos de la inyección de contaminantes en los acuíferos, entre otros.

La fracturación hidráulica como técnica hidrosocial es polémica y cuestionada por los grupos ambientalistas por las enormes tasas de agua que exige para su aplicación en la extracción de hidrocarburos no convencionales, así como por los daños ambientales que genera con los residuos, que provocan una contaminación en los sistemas de flujo de agua subterránea, los cuales aún no terminan de cuantificarse y de producirse evidencias contundentes al respecto. Por lo anterior, es posible resaltar tres conclusiones que se derivan de esta investigación:

1. El proceso de integración económica y energética de América del Norte tendería a consolidarse siempre y cuando las reservas de hidrocarburos no convencionales localizadas en territorio mexicano dejen de ser prospectivas y, además, pudiera despuntar favorablemente el *fracking*. Estados Unidos, aprovecha sus hidrocarburos no convencionales desde hace medio siglo y lo hace a partir del *fracking*, como un método efectivo para recuperar los hidrocarburos atrapados en los yacimientos, no obstante, en ese proceso hidrosocial, el agua subterránea como un insumo estratégico es vista en un plano secundario o, en el mejor de los casos, como un insumo dado para la actividad energética. Esto ha impedido una visión más profunda respecto al análisis de las implicaciones del nexo agua subterránea-*fracking*, un apéndice del nexo agua-energía-alimentos.
2. Procesos como el alumbramiento del agua subterránea y la aplicación de la técnica *fracking*, deben ser considerados formas hidrosociales, ambas implican la perforación del suelo a través del empleo de tecnología de punta, colocación de bombas de alto consumo eléctrico (caballaje de fuerza), y su conexión a redes eléctricas y a complejos de sistemas de tuberías para aprovechar el agua subterránea o capturar el gas de lutitas. En ese sentido, el agua subterránea es una forma de agua producida o agua moderna y en el caso de la fracturación hidráulica esta es una técnica mucho más compleja, pero que no puede prescindir del agua para la explotación del gas de lutitas. Su comprensión debe superar el enfoque técnico de análisis y las miradas escalares locales a fin de complejizar su comprensión en escalas espacio-tiempo mayores que ofrezcan mayores evidencias del funcionamiento del ciclo hidrosocial y de la organización espacial y política del binomio aguas subterráneas transfronterizas-*fracking*.
3. En el caso de los *shale plays* transfronterizos y su superposición con los acuíferos transfronterizos, las evidencias sugieren que los niveles de conocimiento son aún incipientes, su estudio es fragmentario, por lo que se requiere de la cooperación binacional de las autoridades para producir la información faltante y así, establecer acuerdos o esquemas de gestión en un futuro, que eviten la extracción irracional y predatoria del agua subterránea compartida, considerando sobre todo, que la propia Agencia estadounidense de energía proyecta el avance del *fracking* en los *shale plays* transfronterizos. Por eso, es deseable la producción de una cartografía y análisis en América del Norte que represente la convergencia y complejidad de los *shale plays*, los acuíferos transfronterizos y las áreas

de aprovechamiento y de expansión del *fracking* con mucho mayor detalle, a fin de determinar con mucho mayor precisión los riesgos asociados a dicha técnica.

Finalmente, la presente investigación destaca que también es necesario articular otros elementos en el futuro que, continúen aportando evidencias del tratamiento fragmentario del subterránea y el *fracking*, uno de ellos es el análisis comparado, en América del Norte, de las formas regulatorias del agua subterránea en su uso en la fracturación hidráulica, considerando que es una forma de ejercer el poder y control sobre esta técnica hidrosocial.

Bibliografía

- Albrecht, Tamee, *et al.* 2017. "Governing a shared hidden resource: A review of governance mechanisms for transboundary groundwater security", *Water Security*:1-15.
- Arciniega-esparza, Saul, *et al.* 2017. "Baseflow recession analysis in a large shale play: Climate variability and anthropogenic alterations mask effects of hydraulic fracturing." *Journal of Hydrology*: 160-171.
- Bergmann, Axel, *et al.* 2014. "Potential water-related environmental risks of hydraulic fracturing employed in exploration and exploitation of unconventional natural gas reservoirs in Germany." *Environmental Sciences Europe*: 1-14.
- Carmona, Maria del Carmen. 2016. "El reto de la regulación de la fracturación hidráulica para la extracción de hidrocarburos en México." En *Fracking. ¿Qué es y cómo evitar que acabe con México?*, editado por John Jackerman, 59-85. CDMX: Tirant Humanidades-UNAM.
- Chen, Huan y Carter, Kimberly E. 2016. "Water usage for natural gas production through hydraulic fracturing in the United States from 2008 to 2014.", *Journal of Environmental Management*: 152-159.
- Digiulio, Dominic C. *et al.* 2018. "The need to protect fresh and brackish groundwater resources during unconventional oil and gas development." *Current Opinion in Environmental Science & Health*: 1-7.
- Dominguez, Judith y Carrillo-rivera, Joel. 2007. "El agua subterránea como elemento de debate en la historia de México." En *México en tres momentos: 1810-1910-2010*, editado por Alicia Mayer, 1-29. CDMX: UNAM.
- Eckstein, Gabriel. 2012. "Rethinking Transboundary Ground Water Resources Management: A Local Approach along the Mexico-U.S. Border." *The Georgetown International Law Environmental Review*: 95-128.
- Food & Water Watch. 2015. *Por qué es urgente prohibir el fracking?* México: Food & Water Watch (FWW).
- Fry, Matthew, Briggles, Adam y Kincaid, Jordan. 2015. "Fracking and environmental (in)justice in a Texas city." *Ecological Economics*: 97-107.

- Galdeano, C., Cook, M. A. y Webber, M. E. 2017. "Multilayer geospatial analysis of water availability for shale resources development in Mexico." *Environmental Research Letters*: 1-13.
- Ghaderi, Seyyed, Jack, Tom y Wolbring, Gregor. 2011. *Water in Alberta. With special focus on the Oil and Gas Industry*. Calgary.
- Gleeson, T. *et al.* 2016. "The global volume and distribution of modern groundwater." *Nature Geoscience* 9 (2):161-167.
- Haggerty, Julia H., *et al.* 2018. "Geographies of impact and the impacts of geography: unconventional oil and gas in the American West." *The Extractive Industries and Society*, vol. 5, no 4: 619-633.
- Hatch-Kuri, Gonzalo. 2018a. "A joint management of transboundary aquifers: from asymmetries to environmental protection." *Frontera Norte*: 129-153. <http://dx.doi.org/10.17428/rfn.v30i59.1130>
- Hatch-Kuri, Gonzalo. 2018b. "Fracking en el Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro: implicaciones y daños ambientales transfronterizos." *Investigaciones Geográficas*: 1-20. <https://doi.org/10.14350/rig.59570>
- Hatch-Kuri, Gonzalo. 2017. "Agua subterránea y soberanía interdependiente: el caso de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en la región binacional de Paso del Norte." *Norteamérica*: 113-145. <http://dx.doi.org/10.20999/nam.2017.b005>
- Hatch-Kuri, Gonzalo, Carrillo-Rivera, José y Huizar, Rafael. 2019. "Evaluación crítica del Acuífero Transfronterizo Río San Pedro." *Regions & Cohesion*: 61-85. <https://doi.org/10.3167/reco.2019.090106>.
- Holding, Shannon, *et al.* 2015. "Enhancing water security in a rapidly developing shale gas region." *Journal of Hydrology: Regional Studies*: 1-12.
- Integrated groundwater resources assessment centre. 2015. *Transboundary Aquifers map of the world, update 2015*. [en línea]. Disponible en: <http://www.unigrac.org/publications/320>.
- Jackson, Robert B., *et al.* 2015. "The Depths of Hydraulic Fracturing and Accompanying Water Use Across the United States." *Environmental Science & Technology*: 1-8.
- León, Andrea. 2016. "Fracking y sus consecuencias en los Estados Unidos." En *Fracking. ¿Qué es y cómo evitar que acabe con México?*, editado por John Ackerman, 117-133. CDMX: Tirant Humanidades-UNAM.
- Linton, Jamie. 2010. *What is water? The history of a modern Abstraction*. Vancouver: UBC Press.
- Linton, Jamie y Budds, Jessica. 2014. "The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water." *Geoforum*: 170-180.
- Meyer, Michael. 1997. *El agua en el Suroeste hispánico. Una historia social y legal 1550-1850*. México, D.F.: CIESAS-IMTA.
- O'connell, S. 2014. *The Milk River Transboundary Aquifer in Southern Alberta*. Québec: Geological Survey of Canada.

- 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"*. [en línea].
 Disponible en:
<http://www.gwp.org/Global/ToolBox/References/Cross%20Cutting%20Issues%20-%20Spanish/Transboundary/Resolucion%20aprobada.pdf>.
- Pétre, Marie-Amélie, *et al.*. 2016. "A unified hydrogeological conceptual model of the Milk River transboundary aquifer, traversing Alberta (Canada) and Montana (USA)." *Hydrogeology Journal*: 1847-1871.
- Printz, Jeff. 2004. *Milk River Aquifer Reclamation & Conservation Program 1999-2004 Summary Report*. Canada: Medicine Hat, Agriculture and Agri-Food.
- Rahm, Dianne. 2011. "Regulating hydraulic fracturing in shale gas plays: The case of Texas." *Energy Policy*: 2974-2981.
- Reap, Elisabeth. 2015. "The risk of hydraulic fracturing on public health in the UK and the UK's fracking legislation." *Environmental Sciences Europe*: 1-7.
- Rivera, Alfonso. 2015. "Transboundary aquifers along the Canada–USA border: Science, policy and social issuea." *Journal of Hydrology: Regional Studies*: 623-643.
- Rivera, Alfonso y Candela, Lucila. 2018. "Fifteen-year experiences of the internationally shared aquifer resources management initiative (ISARM) of UNESCO at the global scale." *Journal of Hydrology: Regional Studies*: 1-10.
- Rivera, Alfonso, *et al.* 2017. *The Groundwater Atlas of the Milk River Transboundary Aquifer*. Québec: Geological Survey of Canada, Open File 7867.
- Sadoff, C. W., *et al.* 2015. *Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth*. UK: University of Oxford.
- Sanchez, Rosario y Eckstein, Gabriel. 2017. "Aquifers Shared Between Mexico and the United States: Management Perspectives and Their Transboundary Nature." *Groundwater*: 1-11.
- Sanchez, Rosario, Lopez, Victoria y Eckstein, Gabriel. 2016. "Identifying and characterizing transboundary aquifers along the Mexico–US border: An initial assessment." *Journal of Hydrology* 535:101-119.
- Sanchez, Rosario, Rodriguez, Laura y Tortajada, Cecilia. 2018. "Transboundary aquifers between Chihuahua, Coahuila, Nuevo Leon and Tamaulipas, Mexico, and Texas, USA: Identification and categorization." *Journal of Hydrology: Regional Studies*: 1-29.
- Shah, T. *et al.* 2007. "Groundwater: a global assessment of scale and significance." En *Water for food, water for life: a Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, editado por David Molden, 395-423. London: Earthscan; Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Secretaría de energía. 2016. *Programa quinquenal de licitaciones para la exploración y extracción de hidrocarburos 2015-2019*, Ciudad de México: Gobierno de la República.

- Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. 2017. "Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para realizar las actividades de Exploración y Extracción de Hidrocarburos en Yacimientos No Convencionales en Tierra." *Diario Oficial de la Federación*: 1-27.
- Secretaría de relaciones exteriores. 2014. "Acuerdo entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo a los yacimientos transfronterizos de hidrocarburos en el Golfo de México." *Diario Oficial de la Federación*: 1-29.
- Schmidt, J.J. 2008. "Historicising the hydrosocial cycle." *Water Alternatives* 7 (1): 220-234
- Smith, Neil. 2008. *Uneven Development. Nature, Capital, and the Production of Space*. Athens and London: The University of Georgia Press.
- Swyngedouw, Erik. 2009. "The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle." *Journal of Contemporary Water Research and Education*: 56-60.
- Tiemann, Mary y Vann, Adam. 2013. "Hydraulic Fracturing and Safe Drinking Water Act Issues". En *Hydraulic Fracturing and Shale Gas Production*, editado por Ferguson, S. y Gilbert, M. T, 29-76, Nova Science Publishers, Inc.
- TÓTH, Jozsef. Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations, *Hydrology Journal*, 1999, p. 1-14.
- TUJCHNEIDER, Ofelia, *Global Environmental Facility Project. Groundwater Governance: A Global Framework for Country Action. Latin America and the Caribe Regional Consultation. Regional Diagnostic*, Montevideo: GEF-World Bank-UNESCO/PHI-FAO-IAH, 2012.
- Tyler, Daniel. 1991. "Underground water in hispanic New Mexico: a brief analysis of laws, customs, and disputes." *New Mexico Historical Review* (66): 287-301.
- Unesco. 1992. *Convention on the protection and use of transboundary watercourses and lakes done at Helsinki, on 17 March 1992*. UNECE. [En línea]. Disponible en: <http://www.unesco.org/fileadmin/DAM/env/water/pdf/watercon.pdf>.
- Unesco. 2015. *Estrategia regional para la evaluación y gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en las Américas*. Montevideo: UNESCO.
- Unesco. 2014. *The United Nations World Water Development Report 2014*. Paris: UNESCO.
- United states environmental protection agency. 2016. *Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States*. Washington DC: United States Environmental Protection Agency.
- United states energy information administration. 2011. *Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays*. Washington DC: United States Department of Energy.
- United states environmental protection agency. 2004. *Evaluation of Impacts to Underground Sources of Drinking Water by Hydraulic Fracturing of Coalbed Methane Reservoirs*, Washington, DC: United States Environmental Protection Agency.
- Vargas, Rosio. 2017. "La "Revolución Energética de Norteamérica". ¿Cambio de paradigma en recursos fósiles, desde convencionales hasta shale?" En *Presente y perspectivas de*

- la Reforma Energética de México. Una evaluación multidisciplinaria.* Editado por Roberto Guitierrez, 21-47. CDMX: UAM-Iztapalapa.
- Vengosh, Avner, *et al.* 2015. "A Critical Review of the Risks to Water Resources from Unconventional Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States." *Environmental Science & Technology*: 1-15.
- Young, Eoh. 2015. "Yes, no, maybe so: Uncertainty in Texas Groundwater withdrawal for Hydraulic Fracturing." *Houston Law Review*: 1227-1253.
- Zektser, Igor S. y Everett, Lorne G. 2004. *Groundwater. Resources of the world and their use.* Paris: UNESCO.

© Copyright: Gonzalo Hatch Kuri, 2021

© Copyright: Scripta Nova, 2021.

Ficha bibliográfica:

HATCH KURI, Gonzalo. Aguas subterráneas transfronterizas y fracking: invisibilidad y fragmentación en el contexto de la integración energética de América del Norte.

Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona:

Universitat de Barcelona, vol. 25, Núm. 1 (2021), p. 169-193 [ISSN: 1138-9788]

DOI: 10.1344/sn2021.25.22625

