

# *Fracking: efectos ambientales y la adecuación jurídica en México para su implementación\**

## *Fracking: environmental effects and legal suitability for implementation in Mexico*

VÍCTOR MANUEL CASTILLO CABALLERO\*\*

### RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad hacer una breve revisión bibliográfica de las implicaciones ambientales que genera el *fracking* en el ambiente. En el mundo contemporáneo, la era de la energía generada por hidrocarburos convencionales está llegando a su fin; los yacimientos petrolíferos no están abasteciendo la demanda de energéticos requerida por las sociedades industriales para continuar el ritmo de vida actual. Por esta razón, los países desarrollados han buscado y encontrado hidrocarburos en yacimientos no convencionales, denominados *Oil Shale* y *Gas Shale*. Su extracción se realiza mediante fractura hidráulica del subsuelo (*Fracking*). Esta técnica altera el medio ambiente; ha sido rechazada en Francia, España y Estados Unidos, entre otros. En México ya se dieron las condiciones jurídicas necesarias para explotar hidrocarburos mediante la fractura hidráulica a partir de la Reforma Constitucional en materia energética del 20 de diciembre de 2013.

### PALABRAS CLAVE

*Fracking, oil shale, gas shale, efectos ambientales, marco jurídico mexicano.*

### ABSTRACT

*This article aims to make a brief literature review of the environmental implications generated by fracking. In the contemporary world, the era of the energy generated by conventional hydrocarbons is coming to an end, the oil deposits are not supplying energy demand required by industrial societies to continue the pace of modern life; therefore, developed countries have sought and found hydrocarbons in unconventional reservoirs, called Shale Oil and Gas Shale. Their extraction is performed by subsurface hydraulic fracturing Fracking; this technique alters the environment by the emission of pollutants into the atmosphere. This technique has been rejected by France, Spain and the US, among others; in Mexico, the necessary legal conditions have been given in order to exploit the shale oil and shale gas by hydraulic fracking as of the Constitutional Reform on Energy dated December 20th 2013.*

### KEYWORDS

*Fracking. Oil Shale. Gas Shale, Environmental effects, Mexican legal Framework.*

\*Artículo recibido el 5 de marzo de 2014 y aceptado para su publicación el 10 de abril de 2014.

\*\*Profesor investigador en la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. ([victormanu28@gmail.com](mailto:victormanu28@gmail.com))

SUMARIO / 1. Introducción / 2. Petróleo mexicano / 3. Clasificación de los hidrocarburos / 4. Hidrocarburos de yacimientos convencionales y no convencionales / 5. Formas de extracción / 6. Fractura hidráulica en México / 7. Reforma constitucional de hidrocarburos: apertura al *fracking* en México / 8. Conclusiones

## 1. INTRODUCCIÓN

Hay una nueva palabra de moda en el mundo de los hidrocarburos, un nombre que se repite una y otra vez: *fracking*. Aunque se nos puede hacer extraño este término anglófono, la fractura hidráulica es una técnica que se está aplicando cada vez más a nivel mundial para aprovechar ciertos yacimientos de gas llamados “no convencionales”, de más difícil extracción; han entrado con fuerza en la escena energética, social y mediática.<sup>1</sup>

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los efectos adversos que se generan en el medio ambiente por la extracción de hidrocarburos de yacimientos no convencionales mediante la práctica del *fracking*; por otro lado, buscamos describir la adecuación de leyes secundarias aprobadas en México por el Congreso de la Unión, promulgadas y publicadas por el Ejecutivo Federal el 11 de agosto de 2014, permitiendo el ejercicio de la Reforma Constitucional en materia de energía, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 2013.

La mayoría de los autores citados son expertos en geología e ingeniería petrolera, y la adecuación jurídica corresponde a los legisladores, que lamentablemente no conocen las implicaciones ambientales que se generarán en las zonas donde se realice la fractura hidráulica.

El petróleo es un recurso natural no renovable que se formó durante millones de años en el pasado geológico; ahora, la humanidad lo está explotando a un ritmo muy acelerado.

---

<sup>1</sup> URRESTI, Aitor y MARCELLESI, Florent, *Fracking: Una fractura que pasará factura*, *Revista Ecología Política*, núm. 43, 2013, p. 23. Disponible en: <http://ecologiapolitica.info/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/EP-43-vf.pdf>

El geólogo Juan García Portero explica:

El petróleo constituye la principal fuente de energía en el mundo, esto lo ha llevado a la cima, haciéndolo vital para el sustento humano y cada día más costoso, la constante fluctuación en los precios del petróleo, se debe en parte, a que algunas preciadas zonas de producción son inestables (por que se encuentran en conflictos bélicos o políticos, entre otros) además de que el petróleo es de vital importancia a nivel mundial.

La geopolítica del petróleo se ha vuelto hoy en día punto clave en la economía internacional. En el mundo existen alrededor de 161 zonas petroleras, el petróleo producido en cada zona posee características propias, por lo cual a nivel global existe una clasificación de *crudos*. No obstante, es común determinar el precio de mercado de la producción de una zona en comparación con aquel petróleo referencial, que se encuentra próximo geográficamente. Así, por ejemplo, el petróleo de *Dubai* es usado como referencia en el Oriente Medio; el Minas de Malasia y el Tapis de Indonesia, son usados como referencia en el Lejano Oriente, y así sucesivamente.

Pero sin duda los dos petróleos referenciales más conocidos en el mundo son el *West Texas Intermediate* (o mayormente conocido como *wti*) y el *Brent Blend* o (Brent), el primero de ellos producido en Norteamérica y el otro en el Mar del Norte. Los elementos principales que caracterizan el petróleo son: su densidad y contenido de azufre, aunque existen otros elementos que son de importancia al momento de determinar en qué se empleará dicho crudo.<sup>2</sup>

## 2. PETRÓLEO MEXICANO

México produce cuatro tipos de crudo. De acuerdo con el Instituto Mexicano del Petróleo,<sup>3</sup> sus características son:

Maya. Es un crudo pesado y amargo, por lo que brinda menores rendimientos de gasolina y *diesel* en esquemas de refinación simples,

<sup>2</sup> García Portero, Juan, Hidrocarburos convencionales y no convencionales, *Tierra y Tecnología: Revista de Información geológica*. Disponible en: <http://www.icog.es/TyT/index.php/2013/02/hidrocarburos-no-convencionales-i/>

<sup>3</sup> PMI Comercio Internacional. *Tipos de Petróleo Crudo*. Disponible en: <http://www.pmi.com.mx/Paginas/Tipoproducto.aspx?IdSec=14&IdPag=53>

en comparación con crudos más ligeros. Las terminales marítimas de carga del Maya son: Cayo Arcas, en mar abierto, aproximadamente a 162 kilómetros de Ciudad del Carmen, en el Estado de Campeche; Dos Bocas, en Tabasco, y Salina Cruz, Oaxaca. Con objeto de maximizar el valor económico de este crudo, su procesamiento requiere de refinerías con unidades de alta conversión, las cuales transforman la fracción pesada (residuo) del crudo en productos con mayor valor para el refinador.

Istmo. Es un crudo medio y amargo con buenos rendimientos de gasolina y destilados intermedios (*diesel* y *jet fuel*/keroseno). Las terminales marítimas de carga del Istmo son: Dos Bocas, en Tabasco, y Salina Cruz, Oaxaca; y Pajaritos, en Veracruz. Su calidad es similar a la del crudo árabe ligero y a la del crudo ruso Urales.

Olmeca. Es el más ligero de los crudos mexicanos, por lo que es un crudo ligero y amargo. Sus características lo hacen un buen productor de lubricantes y petroquímicos. Los cargamentos de crudo Olmeca se exportan desde la Terminal Marítima Pajaritos, en el estado de Veracruz.

Altamira. Al igual que el tipo Maya, brinda menores rendimientos de gasolina y *diesel* en esquemas de refinación simples en comparación con crudos más ligeros. Sus características físico-químicas lo hacen adecuado para la producción de asfalto. Los cargamentos de crudo Altamira se exportan desde la terminal marítima Cd. Madero, en el estado de Tamaulipas

En conclusión, los petróleos ligeros son los más requeridos en el mercado y los de mayor precio, ya que los costos tanto de extracción como de refinación son menores en comparación con petróleos pesados.

La palabra *petróleo* tiene su origen en dos palabras que provienen del latín: *petroleum* (*petro*-roca; *oleum*-aceite), que de manera conjunta nos da el significado gramatical de "aceite de roca". El petróleo es un compuesto químico de origen fósil; contiene átomos de carbono (C) e hidrógeno (H). Por tanto, se le denomina hidrocarburo. Este compuesto contiene partes gaseosas, líquidas y sólidas.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> CARRILLO Barandiarán, Lucio, *Esquistos bituminosos "Oil shale"*, Lima, Perú, Oficina de estudios económicos Osinergmin, p. 3. Disponible en: [http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios\\_Economicos/ESQUIS-](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios_Economicos/ESQUIS-)

En la investigación realizada por Lucio Carrillo referente a los Esquistos Bituminosos, *Oil Shale*, se explica que el origen de los hidrocarburos se puede entender desde el punto vista de dos teorías: orgánica e inorgánica. Inorgánicamente, el petróleo y el gas se formaron por reacciones químicas, sin la intervención de agentes vegetales o animales; por el contrario, la teoría orgánica se basa en que los residuos vegetales o de animales, a través de un proceso químico bacteriano o de descomposición, generan hidrocarburos. Ante esta discrepancia, los científicos han concluido que la génesis de los hidrocarburos puede ser orgánica, inorgánica, o por la combinación de ambas.

El petróleo se genera en las cuencas sedimentarias, especialmente en ambientes favorables para la acumulación y preservación de la materia orgánica. Es en los ambientes acuáticos reductores donde se produce y preserva la mayor cantidad de materia orgánica, la cual se compone de los organismos propios del ambiente y de microorganismos degradadores.

### 3. CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS

#### *Estado gaseoso - gas natural*

La empresa Innergy, describe la génesis y características del gas natural:

Este gas es un energético natural de origen fósil, que se encuentra normalmente en el subsuelo continental o marino. Se formó hace millones de años cuando una serie de organismos descompuestos, como animales y plantas, quedaron sepultados bajo lodo y arena, en lo más profundo de antiguos lagos y océanos. En la medida que se acumulaba lodo, arena y sedimento, se fueron formando capas de roca a gran profundidad. La presión causada por el peso sobre éstas capas más el calor de la tierra, transformaron lentamente el material orgánico en petróleo crudo y en gas natural. El gas natural se acumula en bolsas entre la porosidad de las rocas subterráneas. Pero en ocasiones, el gas natural se queda atrapado debajo de la tierra por rocas sólidas que evitan que el gas fluya, formándose lo que se conoce como un yacimiento. El gas natural se puede encontrar en forma *asociado*, cuando en el yacimiento aparece acompañado de petróleo; o gas natural *no asociado*, cuando está acom-

pañado únicamente por pequeñas cantidades de otros hidrocarburos o gases. La composición del gas natural incluye diversos hidrocarburos gaseosos, con predominio del metano, por sobre 90%, y en proporciones menores etano, propano, butano, pentano y pequeñas proporciones de gases inertes como dióxido de carbono y nitrógeno.<sup>5</sup>

### *Estado líquido - petróleo crudo*

El estado líquido de los hidrocarburos es descrito por Schlumberger de la siguiente manera:

El petróleo crudo es un líquido oleoso, de color entre amarillo oscuro y negro, que suele encontrarse en yacimientos subterráneos naturales. Se formó cuando los restos de animales y plantas existentes hace millones de años quedaron cubiertos por capas de arena. El calor y la presión de esas capas convirtieron a esos restos en petróleo crudo. Por causa de ese proceso, se ha dado el nombre de *combustible fósil* al petróleo crudo. Se extrae y emplea para fabricar combustible y otros productos derivados del petróleo.<sup>6</sup>

### *Estado sólido: arenas asfálticas (Tar Sands) y pizarras ituminosas (Oil Shales)*

El geólogo chileno Jorge Oyarzun describe el estado sólido de los hidrocarburos de la siguiente manera:

Las arenas asfálticas son rocas sedimentarias de tipo arenas gruesas, bien clasificadas, porosas y permeables, consolidadas o no, que contienen productos petrolíferos pesados, en las que el bitumen representa del orden de 18% a 20% en peso de la roca. Su viscosidad es muy elevada, por lo que no pueden ser recuperados por medios tradicionales. Desde el punto de vista geoquímico, están formadas fundamentalmente por asfaltenos y productos complejos ricos en nitrógeno, azufre, oxígeno, frente a productos saturados y ligeros

<sup>5</sup> Innergy, *Gas natural*, Chile Empresa Comercializadora de Gas Natural a Nivel Industrial. Disponible en: <http://www.innergy.cl/quees.htm>

<sup>6</sup> SCHLUMBERGER. *Petróleo Crudo*. Excellence in Education Development (SEED), inc. Disponible en: <http://www.planetseed.com/es/faq/oil/petroleo-crudo>

Las pizarras bituminosas son rocas sedimentarias *pelíticas* (arcillosas), menos a menudo carbonatadas (margas), ricas en *kerógeno* y pobres en *bitumen* (0.5%-5%), y capaces de producir hidrocarburos por pirólisis, a unos 500°C. Ocasionalmente reciben la denominación de *esquistos bituminosos*, lo que resulta equívoco con respecto a su naturaleza petrográfica, puesto que nunca se trata de materiales metamórficos. La materia orgánica que contienen está formada por restos de algas lacustres o marinas.<sup>7</sup>

#### 4. HIDROCARBUROS DE YACIMIENTOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

El geólogo Juan García Portero<sup>8</sup> explica las diferencias entre los hidrocarburos *convencionales* y los *no convencionales* en los siguientes términos:

Son “convencionales” aquellos que la humanidad lleva explotando industrialmente más de 150 años, y reúnen dos características distintas: 1. Han migrado a una roca reservorio desde la roca madre (una roca rica en materia orgánica) donde se han generado; 2. Las rocas reservorio en las que se encuentran, y de las que se extraen, son porosas y permeables, lo que permite que el hidrocarburo fluya con relativa facilidad desde el almacén rocoso al pozo y, por la perforación, hasta la superficie.

Empleando estas dos características mencionadas, se podría formular una definición de los *hidrocarburos convencionales*, ya sea petróleo o gas, conveniente a los fines de diferenciarlos de los *hidrocarburos no convencionales*. Los *hidrocarburos convencionales* son los que se encuentran albergados en una roca almacén o reservorio poroso y permeable, de la que son capaces de fluir hasta la superficie cuando se perfora dicho reservorio. Esta facilidad en su extracción es la causa por la que, hasta la fecha, la explotación de hidrocarburos ha estado focalizada casi exclusivamente en estos hidrocarburos convencionales. En principio, los *hidrocarburos no convencionales* serán aquellos que no cumplan los requisitos con los que se han caracterizado los

<sup>7</sup> OYARZUN, Jorge, *Minería sostenible: Principios y prácticas*, Chile, Ediciones Gemm, 2001, p. 358. Disponible en: [http://www.aulados.net/GEMM/Libros\\_Manuales/Libro\\_Mineria\\_Sostenible.pdf](http://www.aulados.net/GEMM/Libros_Manuales/Libro_Mineria_Sostenible.pdf)

<sup>8</sup> GARCÍA Portero, Juan, Hidrocarburos no convencionales, *Tierra y tecnología*, Revista de información geológica, vol. 41. Disponible en: <http://www.icog.es/TyT/index.php/2013/02/hidrocarburos-no-convencionales-ii/>

hidrocarburos convencionales en el epígrafe anterior, es decir, que no están albergados en rocas porosas y permeables, además que no tienen capacidad de fluir sin estimulación.

Hasta aquí, se han comentado las diferencias entre los hidrocarburos convencionales y los hidrocarburos no convencionales. Debe añadirse que esas diferencias no radican ni en su génesis ni en su composición, sino exclusivamente en las rocas donde se encuentran y en la forma de extraerlos.

La *National Petroleum Council* de los Estados Unidos,<sup>9</sup> define al gas de yacimientos no convencional como:

Aquel gas natural que no puede ser producido en caudales y volúmenes económicos a menos que el pozo sea estimulado mediante fracturación hidráulica a gran escala o recurriendo a la perforación de multilaterales desde un pozo principal u otra técnica que haga entrar en contacto más superficie de la roca con el pozo.

En un reservorio no convencional del tipo *gas shale* (rocas ricas en materia orgánica, rocas generadoras, con valores de permeabilidad matricial muy bajos, que contienen gas), el hidrocarburo se encuentra el *Gas Shale* en las pizarras bituminosas, definidas como aquellas ricas en kerógeno y pobres en bitumen. Hay enormes recursos *in situ* de pizarras bituminosas (el término para designar en inglés americano al petróleo de bituminosas es “*Oil shale*”, que no debe confundirse con “*Shale oil*”, a su vez sinónimo de “*Tight oil*”, que debería emplearse para el petróleo de lutitas) ampliamente distribuidos por todo el mundo, aunque nunca se han producido a tasas significativas.

## 5. FORMAS DE EXTRACCIÓN

Eduardo D’Elia<sup>10</sup> dice que es importante saber en qué consiste una perforación de las denominadas *convencionales*, para entender la diferencia con

<sup>9</sup> National Petroleum Council, *El gas natural no convencional. El gas natural como energía puente entre el presente energético y el deseable futuro sostenible*, Congreso Nacional del Medio Ambiente, 2012, p. 5. Disponible en: <http://www.conama2012.conama.org/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896699915.pdf>

<sup>10</sup> D’ELIA, Eduardo, *Peligros de la explotación no convencional de petróleo y por qué llegamos a ella*, España. 5 de noviembre, 2012, Asamblea Ambiental Ciudadana de Río Gallegos. Disponible en: <http://asamblea-ambiental.blogspot.mx/2012/11/peligros-de-la-explotacion-no.html>

respecto a las *no convencionales*. De manera muy simplificada, enumera los pasos del método convencional y del no convencional, como a continuación se esquematiza:

### 5.1 *Perforación convencional*

- Se realiza una perforación de gran diámetro (40 o 50 cm) cuya intención es superar las formaciones de agua dulce.
- Se baja una tubería de diámetro menor al pozo y se cementa el exterior de la tubería con las paredes del pozo. Esto aísla los acuíferos del pozo y a ellos entre sí.
- Continúa la perforación, esta vez dentro de la tubería de protección, hasta llegar a las formaciones de interés comercial. Estas formaciones son en general arenas porosas y permeables donde el hidrocarburo se encuentra alojado y fluye, una vez comunicado al pozo.
- Se bajan una o varias tuberías, dependiendo de la profundidad del pozo, una dentro de la otra. Se realiza una cementación en la zona de interés y a partir de ahí el equipo de perforación se retira.
- Se baja un “cañón” del cual se disparan unas cargas en las formaciones de petróleo o gas, vinculando el pozo con éstas. A esta etapa se la denomina “punzado”.
- El hidrocarburo fluye de esta manera al interior del pozo y es extraído a través de la menor de las tuberías, la de producción, hasta la superficie.

### 5.2 *Perforación no convencional*

A diferencia de la explotación convencional, donde se explotan en general arenas porosas y permeables, la no convencional intenta comunicar pequeños volúmenes con hidrocarburos, pero aislados entre sí o muy poco comunicados. La primera parte de la perforación no difiere de la anterior.

- Se comienza la perforación de manera idéntica a la convencional, avanzando en forma vertical.
- Luego que se logra atravesar las formaciones sensibles de agua dulce, se baja la tubería de protección y se cementa con el pozo. De esta manera, se aísla el pozo de los acuíferos y éstos entre sí.

- La perforación continúa verticalmente hasta que se llega a un punto establecido llamado *KOP –Kick-Off And Build–* (patada de salida y construir), donde comienza la perforación a *fracking* o fractura hidráulica.
- Se bajan una o varias tuberías, dependiendo de la profundidad del pozo, una dentro de la otra. Se realiza una cementación en la zona de interés y a partir de ahí el equipo de perforación se retira.
- Se baja un “cañón” del cual se disparan unas cargas en las formaciones de petróleo o gas vinculando el pozo. A esta etapa se la denomina “punzado”
- Esta tubería es cementada con las paredes del pozo para fijarla.
- Se baja el “cañón”, con el cual se disparan municiones, permitiendo realizar las perforaciones de la tubería, el cemento y la roca; a esto se le denomina punzado.
- A fin de conectar los poros en donde se encuentran alojados los hidrocarburos, se provoca la denominada fractura hidráulica o *fracking*. Esto se logra introduciendo en los punzados grandes volúmenes de agua, arena y productos químicos a muy altas presiones, produciendo el estallido de la roca con la formación de gran cantidad de fisuras. Estas fisuras no pueden controlarse; es como si golpeáramos un vidrio y pretendiésemos que las fisuras no llegasen a los bordes. Si alguna de estas miles de grietas llega a comunicarse fuera de la formación impermeable en la que estamos haciendo la fractura, o se comunica con una falla natural, comenzaríamos a vincular un yacimiento de hidrocarburos con la superficie. Estamos aquí en presencia de un gran riesgo.
- Las fisuras producidas comunican los poros hasta ese momento aislados; los hidrocarburos comienzan a fluir al interior del pozo. Los fluidos utilizados en la fractura, agua y químicos, son arrastrados nuevamente a la superficie, recuperándose en el mejor de los casos 80% de sus volúmenes. La arena utilizada en la fractura queda alojada dentro de la fractura para evitar que ésta se cierre.
- Las aguas contaminadas de la fractura, más las aguas asociadas naturalmente a los hidrocarburos, deben ser tratadas o dispuestas en un lugar seguro.

### 5.3 Principales impactos del fracking

La fractura hidráulica representa una amenaza directa e inmediata para la hidrósfera, atmósfera, litósfera, flora y fauna, y, como consecuencia lógica, para la salud humana, como se detalla en la revista *Ecología Política*.<sup>11</sup>

Los riesgos e impactos detectados son múltiples y en ámbitos diversos, como a continuación se detalla:

- *Riesgos durante la perforación.* Como ya se ha comentado, es necesario emplear técnicas de perforación especiales para poder proceder posteriormente a la fracturación hidráulica. Por todo ello, a los riesgos habituales de un sondeo de hidrocarburos, se unen los específicos de los sondeos desviados. Hablamos por lo tanto, de riesgos de explosión, escapes de gas, escapes de ácido sulfhídrico (muy tóxico en bajas concentraciones), y derrumbes de la formación sobre la tubería. Este último es mucho más habitual en el caso de sondeos desviados como los que se realizan en este caso. Recordemos que se están perforando una media de 6-8 pozos por plataforma, y entre 1.5 y 3.5 plataformas por km<sup>2</sup>, con lo que aunque *a priori* el riesgo de que ocurra un accidente de este tipo por pozo es bajo; al aumentar el número de pozos, el riesgo aumenta de forma alarmante.
- *Contaminación de agua.* Una de las mayores preocupaciones de la fractura hidráulica es la afección a los acuíferos subterráneos. Al fracturar el subsuelo, existe la posibilidad de que una de las fracturas inducidas alcance un acuífero, contaminando el agua con los fluidos de fracturación y con el propio gas de la formación. Además de este riesgo, existe también la posibilidad de que durante la fractura se conecte con un pozo antiguo, mal abandonado, y de ahí el gas se comunique bien con un acuífero, como con la superficie. Este tipo de accidente ya ha sucedido con antelación, contaminándose un acuífero a través de un pozo abandonado en la década de los cuarenta.
- *Riesgo químico de los aditivos.* En cada perforación es necesario emplear unas 4000 toneladas de productos químicos, la mayoría de

<sup>11</sup> URRESTI, Aitor y MARCELLESI, Florent, *Fracking: Una fractura que pasará factura*, Revista *Ecología Política*, Núm. 43, 2013, pp. 26-27, 34-35. Disponible en: <http://ecologiapolitica.info/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/EP-43-vf.pdf>

ellos altamente contaminantes. Al diluirse a 2% en agua, su nivel de toxicidad se ve fuertemente reducido. De todos modos, estos productos químicos llegan a la plataforma sin mezclar. El riesgo de accidente durante el traslado debe tenerse en cuenta. La cantidad de trasiegos de camiones a realizar para la densidad de pozos que se perforan es elevada (lo que provoca a su vez contaminación acústica e inseguridad vial). Para cada plataforma se estima que el movimiento de camiones mínimo es de 4000, una gran cantidad de ellas para el trasiego de productos químicos. De nuevo, aunque el riesgo de producirse un accidente con derrame del producto químico sea bajo, el gran número de operaciones a realizar lo convierte en un riesgo importante.

- *Contaminación del aire.* Durante todo el proceso de perforación y fracturación, se utilizan una gran cantidad de aditivos, muchos de los cuales son compuestos volátiles. Lo mismo sucede posteriormente en la etapa de producción, en la que es necesario acondicionar el gas extraído para inyectarlo en el gasoducto. Todos estos compuestos pasan en mayor o menor grado a la atmósfera, pudiendo generar ozono, o BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. Pertenecen a la categoría de contaminantes que se denomina compuestos orgánicos volátiles) entre otros.
- *Terremotos.* En aquellas zonas donde el desarrollo del *fracking* está más avanzado, se ha constatado un aumento de la sismicidad coincido con los periodos de fractura hidráulica. Hay que tener en cuenta que durante las operaciones de *fracking* se presuriza el subsuelo en más de 100 ocasiones. Este sobreesfuerzo al que se le somete puede ser suficiente como para provocar desplazamientos de fallas subterráneas, y por lo tanto terremotos, como ha pasado en *Lancashire* en Reino Unido, donde la empresa *Cuadrilla Ressources* ha reconocido que su perforación era la causa de dos terremotos locales.
- *Efecto invernadero.* El gas no convencional, por las condiciones en las que se encuentra, suele estar formado casi en su totalidad por metano. Este es un gas de efecto invernadero mucho más potente que el propio CO<sub>2</sub>, en concreto, 23 veces más potente. Esto quiere decir que cualquier escape del mismo durante la perforación, fracturación, y producción es mucho más nocivo que los gases que se generan posteriormente durante su combustión.

#### 5.4 *Cómo daña el fracking al medio ambiente*

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en el artículo 3, fracción I, define al ambiente de la siguiente manera: “El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinado”.<sup>12</sup>

Diversos estudios científicos y grupos ambientalistas destacan las consecuencias negativas del *fracking* sobre la salud y el medio ambiente. Un artículo de la revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences*,<sup>13</sup> (PNAS) ofrece pruebas de contaminación del agua potable por metano asociadas a este tipo de extracción, como a continuación se lee:

Un equipo de la Universidad de *Duke*, analizó 68 pozos de agua subterránea en cinco condados de Pensilvania y Nueva York. Por su parte, un estudio de la Universidad de Cornell apunta que el proceso global del *fracking* produce más gas de efecto invernadero de lo que se esperaba (el metano es más potente que el CO<sub>2</sub>).

La industria del petróleo y el gas han intensificado su enorme y multimillonaria campaña de relaciones públicas para convencer a las autoridades de que su petróleo y gas sucio son limpios.

En junio de 2011 la Asamblea Nacional francesa decidió prohibir mediante la Ley 835 de 2011, la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos líquidos o gaseosos mediante la técnica de fractura hidráulica. En concreto, se prohíbe en todo el territorio francés la utilización de la técnica de fractura hidráulica de la roca para extraer cualquier hidrocarburo, así como la anulación de los permisos ya concedidos, basándose en el principio de precaución. La prohibición se basa en los riesgos que esta técnica conlleva para la salud humana y el medio ambiente, no por los riesgos asociados al posterior uso del combustible.

<sup>12</sup> Agenda Ecológica Federal 2013, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, México, Ediciones Fiscales ISEF.

<sup>13</sup> *Proceedings of the National Academy of Sciences. How fracking damages the environment and health*. Disponible en: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2011/07/28/201986.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2011/07/28/201986.php)

El principio de precaución es uno de los megaprincipios del derecho ambiental, que se orienta entorno a la siguiente definición: “El derecho ambiental se orienta y privilegia en la prevención de conductas atentatorias al medio, sobre la retribución o castigo a los mismos”.<sup>14</sup>

## 6. FRACTURA HIDRÁULICA EN MÉXICO

El periódico *La Jornada*<sup>15</sup> publicó el día lunes 11 de agosto de 2014 una nota intitulada: “Siete Estados, en la lista para aplicar el *Fracking*”.

En México se planea aplicarla en yacimientos de Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Veracruz, Puebla y Oaxaca, de acuerdo con información de Petróleos Mexicanos (Pemex). En los estados del norte, con escasez de agua, podría darse una competencia por líquido, ya que son zonas donde la sequía es recurrente.

En principio, para esta actividad son viables la cuenca de hidrocarburos Burro Picachos, que va de áreas cercanas a Ciudad Juárez, Chihuahua, cerca del río Bravo, hasta Coahuila, pasando por Piedras Negras. A un lado está la cuenca de Burgos, que va desde Nuevo Laredo, Tamaulipas, y se extiende a casi el centro del estado y la mitad de Nuevo León. Otra cuenca es Sabinas, que pasa por la región carbonífera de Coahuila y llega a Nuevo León.

Hacia el sur está la cuenca Tampico-Misantla, que va del sur de Tamaulipas a la Huasteca potosina, pasa por Ciudad Valles y se extiende a Xilitla y Poza Rica, Veracruz. Abarca parte de Hidalgo y la sierra norte de Puebla.

Las cuencas del norte del país son regiones con escasez de agua. Incluso en la zona donde coincide la región hidrológica Río Bravo con los yacimientos Burro-Picachos, cerca del cauce, en los últimos años la sequía ha impedido que México envíe el agua comprometida a Estados Unidos de acuerdo con el Tratado Internacional de Aguas. Actualmente Chihuahua tiene sequía en 85 por ciento de su territorio, Tamaulipas en 54 y Nuevo León en 58 por ciento, de acuerdo con el Monitor de Sequía de la Comisión Nacional de Agua (Conagua).

<sup>14</sup> GUTIÉRREZ Nájera, Raquel, *Introducción al Estudio del derecho Ambiental*, México, Porrúa, 1999, pp. 113-114.

<sup>15</sup> ENCISO L., Angélica, Siete estados, en la lista para aplicar el fracking, *La Jornada*, 11 de agosto, 2014. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/08/11/siete-estados-en-la-lista-para-aplicar-el-fracking-5230.html>

Cravioto detalla que hasta abril pasado, de acuerdo con una solicitud de información que se hizo por Infomex, Pemex reveló que había abierto 20 pozos de fracking para hacer pruebas: 16 en Tamaulipas y otros cuatro en Nuevo León.

Superficialmente se ven centenares de pozos con 400 metros de distancia, más las carreteras que los conectan. “El daño es muy grande. Son múltiples pozos en una sola cuenca. Actualmente se hacen pozos de prueba para ver las tasas de retorno: cuánto hidrocarburo sale y cuánto se puede explotar”.

Pemex va a invertir 30 mil millones de pesos para estas actividades de exploración, recursos públicos que se usarán para generar información y ponerla a disposición del sector privado, indicó.

De acuerdo con el documento denominado Principales problemas identificados con la explotación de gas de esquisto por fractura hidráulica en México, elaborado por la alianza integrada por la Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua, Fundar y *Greenpeace*, entre otras, enumera implicaciones para el medio ambiente como alto consumo de agua y la competencia de esta técnica con otros usos como el doméstico, el agrícola y el urbano.

“El grado de contaminación que presentan las aguas residuales de esta explotación pone en riesgo la salud de las poblaciones y la integridad de los ecosistemas. Las propuestas existentes para tratar estas aguas y atender las principales afectaciones generadas por las mismas todavía no son satisfactorias”.

Se han identificado más de 2 mil 500 productos y al menos 750 tipos diferentes de químicos en el fluido de perforación, y existe el problema de la disposición final de las aguas residuales, ya que un riesgo es que se evaporen y generen lluvia ácida que daña suelo, cultivos y personas; colocar en presa de jales que se pueden desbordar por una tormenta o que se hagan pozos letrina, que consiste en la inyección del agua al subsuelo, puede ocasionar daños geológicos y provocar sismos. Esto ha ocurrido en áreas de *Ohio*, explica Cravioto.

El documento señala que el gas de esquisto no puede ser considerado alternativa limpia o de transición, como se ha querido promover. “A pesar de que la quema del gas emite menos contaminantes que la de carbón, su proceso de extracción, procesamiento y transporte

desprende cantidades inaceptables de metano”, uno de los más potentes gases que llevan al cambio climático.

## 7. REFORMA CONSTITUCIONAL DE HIDROCARBUROS: APERTURA AL *FRACKING* EN MÉXICO

La reforma y adición de diversas disposiciones a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de energía se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 20 diciembre 2013,<sup>16</sup> con inserción en los artículos transitorios de la propia Constitución, como a continuación se transcribe:

Artículo Único.- Se reforman los párrafos cuarto, sexto y octavo del artículo 25; el párrafo sexto del artículo 27; los párrafos cuarto y sexto del artículo 28; y se adicionan un párrafo séptimo, recorriéndose los subsecuentes en su orden, al artículo 27; un párrafo octavo, recorriéndose los subsecuentes en su orden, al artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Secretaría de Energía publicó las Leyes secundarias aprobadas por el Congreso de la Unión, mismas que fueron promulgadas y publicadas por el Ejecutivo Federal el 11 de agosto de 2014; permiten el ejercicio de la Reforma Constitucional en materia de energía publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 2013:<sup>17</sup>

### *Leyes expedidas:*

- 1.- Ley de Hidrocarburos
- 2.- Ley de la Industria Eléctrica
- 3.- Ley de Órganos Reguladores Coordinados en materia energética
- 4.- Ley de Petróleos Mexicanos
- 5.- Ley de la Comisión Federal de Electricidad
- 6.- Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos

<sup>16</sup> Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, 20 diciembre 2013. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htmArt>

<sup>17</sup> Secretaría de Energía. Leyes secundarias aprobadas por el Congreso de la Unión, promulgadas y publicadas por el Ejecutivo Federal el 11 de agosto de 2014. Disponible en: [http://www.energia.gob.mx/webSener/leyes\\_Secundarias/](http://www.energia.gob.mx/webSener/leyes_Secundarias/)

- 7.- Ley de Energía Geotérmica
- 8.- Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos
- 9.- Ley del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo

*Leyes reformadas:*

- 1.- Ley de Inversión Extranjera
- 2.- Ley Minera
- 3.- Ley de Asociaciones Público Privadas
- 4.- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
- 5.- Ley Federal de las Entidades Paraestatales
- 6.- Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público
- 7.- Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las Mismas
- 8.- Ley de Aguas Nacionales
- 9.- Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria
- 10.- Ley General de Deuda Pública
- 11.- Ley Federal de Derechos
- 12.- Ley de Coordinación Fiscal

El periódico *La Jornada* publicó el día lunes 26 de mayo de 2014 que la a empresa Petrofrac podría explotar el gas lutita bajo la técnica *fracking* en México<sup>18</sup>.

*Petrofrac*, empresa con sede en *Houston Texas*, se perfila como una de las primeras empresas en explotar el gas lutita bajo la técnica de fracturación hidráulica (*fracking*), y se espera que *Halliburton* y *Slumberger* podrán obtener nuevos contratos, aseveró Beatriz Camarena Maney, directora de OFSCap, compañía de consultoría financiera y banco de capitales para proyectos de energía.

¿De qué nacionalidades son los inversionistas más interesados en participar en México?

- Al momento, hay bastantes canadienses, norteamericanos pero sobre todo, por lo que he visto, Asia, sobre todo China. También hay capital interesado en Inglaterra. Los inversionistas también están interesados en contratos de servicios.

<sup>18</sup> RODRÍGUEZ, Israel, La empresa Petrofrac podría explotar el gas lutita bajo la técnica *fracking* en México, *La Jornada*, 26 de mayo, 2014. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/05/26/la-empresa-petrofrac-podria-explotar-el-gas-lutita-bajo-la-tecnica-fracking-en-mexico-278.html>

## 8. CONCLUSIONES

La explotación de hidrocarburos no convencionales es un negocio potencialmente muy rentable y además con un carácter geopolítico central. Por otro lado, aporta graves afecciones al medio ambiente y a la salud; no es de extrañar que estén surgiendo cada vez más conflictos socio-ecológicos en todos los puntos de extracción donde se aplica. Es necesario de una vez por todas asumir que el actual modelo es insostenible porque las reservas de combustibles fósiles son cada vez más escasas y por todos los problemas ambientales asociados a su exploración, explotación, producción y consumo.

La reforma energética en México para implementar la factura hidráulica es lamentable por la actitud que han asumido los defensores de dichas reformas en detrimento de la economía, soberanía y el medio ambiente, que serán alterados drásticamente.

En México, las empresas que van extraer *gas shale* y *oil shale* por medio de *fracking* serán las empresas productivas del Estado, que tienen como finalidad que el gobierno no se entrometa en la operación de la empresa y estar alejadas de presiones políticas; y por ende, no se preocuparán de manera alguna por los efectos contaminantes ni por la degradación ambiental.