

2. El sector extractivo en la normatividad mexicana: cambios introducidos en 2017

2.1. Nueva regulación para la explotación de hidrocarburos no convencionales por fractura hidráulica¹²

Introducción

Pese a los anuncios realizados por el gobierno mexicano sobre su intención de abrir una primera licitación para la adjudicación de áreas para explotar hidrocarburos no convencionales durante el primer trimestre de 2017, esta licitación no se llevó a cabo. En principio, el gobierno había contemplado la inclusión de estas áreas y otras correspondientes a aguas profundas dentro de la Licitación 4 de la Ronda 2 (Esquivel, 2017 y García, 2017). No obstante, cuando ésta se publicó el 20 de julio, sólo incluyó 30 áreas en el Golfo de México profundo y ninguna de hidrocarburos no convencionales en tierra. Por su parte, en el marco del Foro de Análisis de la Reforma Energética, organizado por la Revista “Energía a Debate” celebrado el 17 de agosto de ese mismo año en la Ciudad de México, el Secretario de Energía (Sener), Pedro Joaquín Coldwell, anunció que en ese mes se llevaría a cabo la apertura de la Licitación 5 de la Ronda 2, que incluiría áreas terrestres no convencionales y convencionales (Milenio, 2017). Sin embargo, dicha licitación no se publicó y, en cambio, el 29 de septiembre se abrió la Licitación 1 de la Ronda 3 para áreas en aguas someras (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2017).

En el marco de estos mismos anuncios, el gobierno federal hizo alusión a que la apertura de las licitaciones era posible gracias a que ya se contaba con la regulación necesaria en la materia, que permitiría llevar a cabo esta actividad con responsabilidad. Se refería a 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, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 16 de marzo de 2017. Aludía también, a los Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, los cuales, sin embargo, no habían entrado en vigor cuando se hicieron los mencionados anuncios, ya que sólo se publicaron en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de ese año.*

Las declaraciones del gobierno resultan poco informadas, en el mejor de los casos, e irresponsables, en el peor y más realista de los casos, si tenemos en cuenta la evidencia que demuestra que es imposible evitar, mediante regulación, los fuertes impactos negativos de la explotación de hidrocarburos no convencionales por fractura hidráulica. Como señalan Eduardo D’Elia y Roberto Ochandio, ingenieros petroleros argentinos con larga experiencia en este sector, la fractura hidráulica es una técnica experimental, lo que significa que “a pesar del monitoreo en superficie para controlar la evolución de las fracturas, no se puede evitar que alcancen zonas porosas y permeables, por fuera de la formación a fracturar” (2014:25). Esto implica

¹² Artículo elaborado por Aroa de la Fuente, investigadora de Fundar, Centro de Análisis e Investigación en colaboración con Areli Sandoval de Espacio DESC y con el apoyo de Claudia Campero de *Food & Water Watch*, ambas integrantes de la Alianza Mexicana contra el *Fracking*.



que los fluidos altamente tóxicos utilizados para fracturar la roca junto con hidrocarburos de formación y otras sustancias presentes en el subsuelo, incluyendo metales pesados y elementos radioactivos, pueden escaparse y llegar a los acuíferos, la superficie e incluso a la atmósfera. El carácter experimental de esta técnica también implica que no se puede evitar la comunicación de las tremendas presiones a través de cañerías o cementaciones, que se fisuran y rompen, lo que supone otra fuente inevitable de contaminación. Por su parte, las asociaciones *Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility* revisaron en 2015 los estudios realizados por la industria y análisis independientes sobre la fractura hidráulica en Estados Unidos. De esta revisión resultó que “con los materiales y la tecnología que están disponibles en este momento, no pueden evitarse los problemas de ingeniería inherentes a este método, que incluyen sismos antropogénicos, fugas de metano y deterioro del revestimiento y la cementación de pozos” (2015:5). A partir de su examen de la literatura médica y de salud pública avalada por expertos y expertas, tampoco encontraron pruebas de que la fractura hidráulica pueda llevarse a cabo sin poner en peligro la salud humana.

Ante este contexto, el objetivo de este artículo es presentar un análisis de los citados lineamientos, que permita conocerlos más a fondo y entender mejor cuáles son sus limitantes para evitar los daños de esta técnica. Aunque, como se ha señalado, su limitación principal es que, al tratarse de una técnica experimental, la regulación es insuficiente para evitar las afectaciones que conlleva, veremos también que los lineamientos mismos tienen serios vacíos y deficiencias, por lo que los riesgos de esta técnica son aún mayores. Por otra parte, dada su reciente promulgación, todavía no son del todo constatables los impactos concretos que en la práctica podrían darse en los territorios. De ahí que, nuestro análisis hace un conjunto de inferencias sobre las posibles consecuencias a partir de la lectura de la normativa.

Análisis de los Lineamientos para la regulación de la explotación de hidrocarburos no convencionales por fractura hidráulica en México

En 2017, el Ejecutivo Federal publicó en el Diario Oficial de la Federación dos lineamientos relativos a la regulación de las actividades de exploración y extracción de gas y petróleo en yacimientos no convencionales. Los primeros, 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, fueron establecidos por Disposiciones administrativas de carácter general, expedidas por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)*¹³ en la que recae también la vigilancia de su aplicación; en adelante, los denominaremos *Lineamientos de la ASEA*. Por otra parte, los *Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales*, fueron expedidos y están a cargo de la Comisión Nacional del Agua (Conagua);¹⁴ en adelante, los denominaremos *Lineamientos de la Conagua*, cuando haya que distinguirlos de los primeros.

¹³ Esta Agencia fue creada en agosto de 2014 como parte de la Reforma Energética iniciada en 2013, como órgano desconcentrado de la Semarnat, a través de la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del sector Hidrocarburos (2014). Tiene a su cargo la regulación y supervisión de la actividad petrolera y gasífera en materia ambiental y de seguridad industrial y operativa.

¹⁴ Órgano Administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Según ambos lineamientos,¹⁵ los yacimientos no convencionales son aquellas acumulaciones naturales de hidrocarburos “en rocas generadoras o en rocas almacén compactas, en las que, para la extracción de los mismos, el sistema roca-fluido requiere ser estimulado o sometido a procesos de recuperación mejorada”, entre ellas, la fractura hidráulica. En esta categoría entran el aceite en lutitas, aceite en rocas compactas, aceite en arenas de baja permeabilidad, aceites pesados y extra pesados, aceite en arenas bituminosas, gas en lutitas, gas en rocas compactas, gas en arenas de baja permeabilidad, hidratos de metano y gas en vetas de carbón. Sin embargo, nos centraremos, sobre todo, en lo relativo al aceite y gas en lutitas y en rocas compactas, porque contamos con más información sobre sus implicaciones sociales, ambientales y climáticas.

Atribuciones excesivas de las empresas y debilidad del control del Estado

Una primera revisión de los lineamientos de la ASEA y de la Conagua muestra que la aplicación de las medidas que proponen, más allá de que sean o no adecuadas, será incierta ya que dejan el cumplimiento de éstas bajo la discrecionalidad de los Regulados, es decir, de los Asignatarios y Contratistas, lo que constituye una de sus primeras debilidades.¹⁶ En este sentido, todo queda en manos de los Regulados: el monitoreo de operaciones, el informe de los eventuales daños, la evaluación de los impactos al medio ambiente y a la salud y la protección de éstos, entre otros (Ochandío, 2017). El control de la ASEA y de la Conagua, en sus respectivos Lineamientos, se limita a la posibilidad de pedir a las empresas la información que sustente el cumplimiento de éstos. Reconociendo en parte estas limitaciones institucionales, en los Lineamientos de la ASEA se plantea la contratación de Terceros Autorizados para revisar el cumplimiento de ciertos criterios y de la normatividad aplicable; sin embargo, no se establecen procesos para que su contratación asegure la independencia de sus resoluciones. En estos lineamientos se llega al extremo de disponer que corresponde a las empresas investigar y reportar los accidentes e incidentes que ocurran durante la realización de la exploración y extracción de hidrocarburos no convencionales (Artículo 116). Esto implica que, en caso de accidentes que, como sabemos, pueden causar grandes daños socioambientales y violaciones a derechos humanos de las poblaciones afectadas, las empresas causantes de éstos tendrían la atribución de auto investigarse y auto señalarse como responsables, lo cual no sólo es poco probable, sino que resulta del todo irregular puesto que las investigaciones, monitoreos y controles de las operaciones de los proyectos y sus impactos, incluidos los accidentes, deberían ser llevados a cabo por entidades con la autonomía e independencia suficientes.

Por consiguiente, para que las obligaciones y requisitos establecidos en ambos lineamientos se cumplan realmente, sería fundamental garantizar un control adecuado por parte de la ASEA y la Conagua, para ello deberían contar con personal calificado y suficiente para actuar con oportunidad y eficacia en todos los proyectos de exploración y extracción en sus distintas fases, tener el presupuesto necesario y la autonomía suficiente para supervisar estas operaciones de forma independiente y la facultad de hacer cumplir los marcos normativos aplicables en todos los casos. En cambio, tanto la ASEA como la Conagua presentan importantes debilidades en este sentido, por lo que actualmente el gobierno mexicano está lejos de poder asegurar el cabal cumplimiento de lo dispuesto en los Lineamientos. Por ejemplo, la ASEA

¹⁵ Artículo 2 de los Lineamientos de la ASEA y Artículo 3 de los Lineamientos de la Conagua.

¹⁶ En el Artículo 2 de los Lineamientos de la Conagua se define como Regulados: “Las empresas productivas del estado y las personas físicas o morales que, en términos de la Ley de Hidrocarburos, realicen actividades de Exploración y Extracción en Yacimientos No Convencionales y que cuenten con un Plan de Exploración o de Desarrollo para la Extracción aprobado por la Comisión Nacional de Hidrocarburos”.



cuenta con presupuesto y personal reducidos; en 2016 su presupuesto fue de sólo 452,166,152 pesos, equivalentes al 0.8% del presupuesto total de la Semarnat; mientras que en 2017 ascendió a 561,565,873 pesos, correspondientes al 1.6% del presupuesto de dicha dependencia. En cuanto al personal, en 2016 la institución contaba con un equipo de 318 personas que en 2017 se redujo a 294. Resulta difícil pensar que con estas cifras la ASEA tenga la capacidad de controlar los miles de pozos de hidrocarburos no convencionales que ya existen en el país, estimados en 2,696, pese a los obstáculos para acceder a esta información (De la Fuente y Olivera, 2017). Menos aún tendrá la capacidad necesaria para supervisar la cantidad de pozos que Pemex estima se explotarán en el país en los próximos años, que según sus planes ascendería a 27,000 para 2030 (Escalera, 2012).

Un último punto de gran importancia, es el que se establece en el Transitorio Segundo de ambos Lineamientos respecto a su aplicación por parte de las empresas que ya estén llevando a cabo exploración y extracción de hidrocarburos no convencionales, cuando entren en vigor los lineamientos. Ahí se señala que estas empresas cuentan con un plazo de 180 días para adoptar y dar cumplimiento a lo previsto en estas regulaciones. Cabe resaltar dos cuestiones problemáticas respecto a esta disposición. En primer lugar, que se hayan dado permisos para explotar este tipo de gas y petróleo mediante fractura hidráulica en el país, sin contar siquiera con la mínima regulación plasmada en estos documentos, lo que es una muestra de la falta de voluntad real para evitar que esta actividad cause daños en la población y el ambiente del país. En segundo lugar, que se haya permitido que las empresas siguieran operando 180 días a partir de la entrada en vigor de los Lineamientos, sin tener que aplicar las disposiciones establecidas en ellos. Si, como señalan los propios Lineamientos de la ASEA, esta regulación es *necesaria para que estas actividades se realicen salvaguardando en todo momento la integridad de las personas, el medio ambiente y las instalaciones*, resulta una gran irresponsabilidad haber permitido que se siguieran realizando sin aplicarla. Desde esta perspectiva, lo más coherente habría sido suspender toda actividad de este tipo hasta que las empresas demostraran la adopción y cumplimiento de lo dispuesto en esos documentos.

Ausencia de la protección de los derechos humanos en los lineamientos

Los derechos humanos reconocidos y protegidos constitucionalmente por el Artículo 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y los instrumentos internacionales de los que el Estado mexicano es parte, tienen primacía sobre cualquier otro ordenamiento jurídico interno. A la luz de esta perspectiva de derechos, tanto los *Lineamientos* de la ASEA como los de la Conagua poseen una serie de inconsistencias y aspectos cuestionables. En este apartado nos referiremos a algunos de ellos.

En el nombre y objeto mismo de los *Lineamientos* de la ASEA se excluye al sujeto principal de los derechos humanos, las personas, aun cuando “la protección de las personas” forma parte del objeto de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, según su propia Ley.¹⁷ En cuanto a los Lineamientos de la Conagua que buscan la protección y conservación de las aguas nacionales en las actividades de hidrocarburos no convencionales, en ningún momento se refieren a la importancia de protegerlas y conservarlas para que, en última instancia, pueda ejercerse el derecho humano al agua de la población. Se pasa así por alto que la Constitución establece este derecho en su Artículo 4°, y que la Conagua, como la autoridad encargada de la gestión de las aguas nacionales

¹⁷ Artículo 1 de la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y protección al Ambiente del sector hidrocarburos.

y sus bienes públicos inherentes,¹⁸ tiene la obligación de garantizar este derecho. A continuación, profundizaremos en algunos aspectos críticos de los Lineamientos, por separado.

Lineamientos en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente

El Artículo 7 de los Lineamientos de la ASEA establece que los mecanismos para la reducción de riesgos e impactos ambientales y la respuesta a emergencias, deben asegurar, bajo el siguiente esquema de prioridad, a) la integridad física de las personas; b) la protección al medio ambiente; y c) la protección de las instalaciones. Sin embargo, a lo largo de dichos Lineamientos la protección de las personas se diluye, aunque son ellas quienes deberían quedar protegidas como sujetos de los derechos humanos que amparan la Constitución y los instrumentos internacionales de los que es parte el Estado mexicano.

Un ejemplo de esta deficiencia es también el Artículo 7, según el cual los Regulados deben llevar a cabo las actividades de exploración y extracción conforme a principios que incluyen la minimización de riesgos a un nivel que sea “Tan Bajo Como Sea Razonablemente Factible” (ALARP, por sus siglas en inglés; *Health and Safety Executive*, 2001). Esta disposición implica que la adopción de medidas para atender el riesgo, ya sean técnicas, operativas u organizacionales, sólo debe hacerse hasta el punto en que su beneficio sea “superado por otras cuestiones, tales como el costo o grado de dificultad en la implementación”. Esto implica que el riesgo que un proyecto de fracturación hidráulica pueda representar para la población o el ambiente y, por ende, para los derechos humanos, puede colocarse, en última instancia, en un plano secundario, detrás de cuestiones económicas o técnicas. Resulta, por tanto, irresponsable recurrir al principio ALARP cuando se sabe del impacto al ambiente y a la salud humana de esta actividad, lo que se contrapone al principio precautorio establecido en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992), de la que México forma parte. Según este principio, en el caso de que “haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”.

Por otra parte, no queda claro con qué criterios determinarán los Regulados si el gasto requerido para reducir un riesgo resulta “desproporcionado” ni si dejarán entonces los riesgos en un nivel que ellos consideren “tolerable”, aun cuando la vida misma es la que está en juego. Esto es aún más grave a la luz de las deficiencias en las capacidades de control reales por parte de la ASEA. En cualquier caso, el criterio económico no es compatible con el enfoque de derechos humanos en el cual no puede aducirse “lo razonablemente factible”, puesto que la prioridad es preservar y proteger la integridad física, la salud, la seguridad, la dignidad y la vida de las personas, independientemente de la tecnología y los recursos disponibles. Por lo tanto, bajo este enfoque, si una actividad entraña este tipo de riesgos, debería evitarse su desarrollo y no esperar a que se den “accidentes”, “emergencias” o daños para tomar medidas preventivas. En lo que a esto respecta, el ya mencionado Artículo 7 (Fracción V) sólo refiere que se deberán adoptar las medidas necesarias “en caso de emergencias” para proteger la vida de las personas, el medio ambiente y las instalaciones.

¹⁸ Fracción XII, Artículo 3 de la Ley de Aguas Nacionales.



Tampoco es suficiente lo que se prevé en la Fracción VI de este Artículo 7, según la cual las empresas deben “fomentar una cultura de protección de las personas que incorpore esta premisa en todas las áreas de actividad y fases del proyecto: diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre, desmantelamiento y abandono”. La protección de las personas es una obligación en términos de derechos humanos que debiera cumplirse de entrada, no una premisa que baste promover dentro de una “cultura” laboral. Sin embargo, los Lineamientos tampoco lo plantean así: en su Artículo 9, vuelven a referirse a la protección de las personas como un valor fundamental que ha de adoptarse dentro de la cultura de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente que las empresas deben promover, y no como una obligación jurídicamente vinculante. Como lo recuerdan los “Principios Rectores sobre las empresas y los derechos humanos” –adoptados por el Consejo de Derechos Humanos de la Organización de las Naciones Unidas en su resolución 17/4, del 16 de junio de 2011–, si bien los Estados tienen la obligación de respetar, proteger y cumplir los derechos humanos y las libertades fundamentales, las empresas –tanto transnacionales como de otro tipo, cualquiera que sea su tamaño, sector, ubicación, propietarios y estructura–, deben cumplir todas las leyes aplicables y respetar los derechos humanos. La responsabilidad de respetar los derechos humanos exige que las empresas eviten que sus propias actividades provoquen, o contribuyan a provocar, consecuencias negativas sobre los derechos humanos, y que hagan frente a esas consecuencias cuando se produzcan.¹⁹

Por otro lado, es preciso revisar con cuidado el capítulo III sobre identificación de peligros y análisis de riesgos y las técnicas para valorarlos, que tampoco incluye el enfoque de derechos, ya que esto podría conducir a no otorgarle importancia a todos los peligros y riesgos. Incluir este enfoque impediría la puesta en marcha de la exploración y extracción de hidrocarburos no convencionales por fractura hidráulica, puesto que los riesgos e impactos al ambiente y a la salud que este método genera han sido por demás demostrados por estudios científicos (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015). No obstante estas evidencias, los lineamientos ni siquiera contemplan esta posibilidad ni incluyen disposición alguna para el cese de actividades cuando éstas representen riesgos inevitables. Lo único que establecen, en su Artículo 17, es que las empresas deberán entregar a la ASEA, como parte de su Aviso de Inicio de Actividades (45 días antes de iniciarlas), su Análisis de Riesgo de la etapa de ingeniería de detalle que incluya los riesgos propios del Proyecto y los que generen o puedan generar las actividades realizadas por contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores del Regulado. Al no señalar qué medidas tomará esta Agencia con base en dicha información, éste pareciera más un requisito procedimental que uno de fondo que permita prevenir daños.

Por último, varios artículos de los Lineamientos de la ASEA también son deficientes en lo que se refiere a la garantía del derecho de acceso a la información de la población, en particular de los pueblos y comunidades afectados por los proyectos. Por ejemplo, en lo relativo al fluido fracturante, es decir, al fluido que se utiliza para fracturar la roca, compuesto por agua, aditivos químicos y agentes de sostén (Estrada, 2012), y que contiene productos de gran toxicidad para el ambiente y la salud (US House of Representatives Committee on Energy and Commerce, 2011; Colborn *et al*, 2011; y *Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015), los lineamientos no garantizan el acceso a la información.

¹⁹ Principio 13 de los Principios Rectores sobre las empresas y los derechos humanos. Disponibles en http://www.ohchr.org/Documents/Publications/GuidingPrinciplesBusinessHR_SP.pdf

Así, por ejemplo, el Artículo 24 señala que el Aviso de Inicio de Actividades que las empresas entreguen a la ASEA debe incluir el listado de aditivos utilizados para este fluido, incluyendo sus hojas de datos de seguridad de acuerdo con la normatividad vigente, su porcentaje en peso en el fluido, así como el volumen total de éste. No obstante, no se especifica que esta información deba ser publicada proactivamente en los sitios oficiales del Estado y difundida con las poblaciones donde se realiza esta práctica. Además, las empresas sólo tienen que informar a la ASEA una sola vez si siempre utilizan la misma composición de fluido, por lo que, en la práctica, la decisión de informar o no, queda a su criterio y voluntad. Pareciera entonces que esta disposición estuviera diseñada para evitar que tanto empresas como gobierno informen sobre sus actividades a las poblaciones afectadas, o cuando menos, para darles una gran discrecionalidad al respecto. Lo mismo ocurre con el fluido de retorno, con relación al cual basta con que las empresas lo analicen una sola vez por pozo exploratorio o de avanzada, según los Artículos 69 y 70. Esto resulta insuficiente, ya que en los pozos se hacen hasta 20 fracturas (Pemex Exploración y producción, 2014), se realiza la recolección del fluido de retorno varias veces, y su composición puede ser diferente cada vez, por lo cual los riesgos para la salud y el ambiente pueden ser también diversos.

Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales

Como se ha señalado, el derecho humano al agua está consagrado tanto en el Derecho Internacional como en el Artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que estipula que “toda persona tiene el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible”. Sin embargo, los Lineamientos de la Conagua para la protección y conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales no hacen alusión a este derecho, ni indican cómo van a protegerlo en el contexto de tales actividades. Se limitan a “establecer las disposiciones de carácter general y los requisitos que, en materia de protección y conservación de las Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos Inherentes, deberán cumplir los sujetos Regulados”.²⁰ Ni siquiera señalan, a diferencia de los Lineamientos de la ASEA, que las empresas tengan que priorizar la integridad de las personas durante sus operaciones.

En este sentido, los Lineamientos de la Conagua se reducen a una serie de disposiciones para proteger el agua y dejan de nuevo la responsabilidad de implementarlas en el marco de acción y decisión de las empresas. No incluyen medidas para evaluar el impacto negativo de la explotación de hidrocarburos en los derechos de la población y evitarlo, aun cuando deberían considerar la opción de que dicha actividad no se lleve a cabo. Por ejemplo, en el Artículo 25 relativo a las sanciones, sólo se señala que las empresas serán responsables y estarán obligadas a la reparación o compensación del daño ambiental, sin tomar en cuenta los impactos sociales negativos que los daños a las fuentes de agua acarrearán sobre las poblaciones y sus derechos. La reparación o compensación se plantea, además, como si fuese posible reparar los daños que la fractura hidráulica genera en los cuerpos de agua o como si una compensación fuese suficiente para atender las consecuencias de la contaminación irreversible de un bien natural que es fundamental para la vida.

²⁰ Artículo 1 de los Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales en actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.



Esto es aún más grave si, como se desprende del Artículo 19 que trata sobre la Red de Monitoreo Regional, tenemos en cuenta que se prevé la posibilidad de que, en las áreas de asignación y contratación entregadas a las empresas para realizar actividades de exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales, existan pozos que suministran agua para uso público urbano y doméstico. Esto implica claramente que estas áreas conviven con núcleos poblacionales altamente susceptibles de ser afectados. Sin embargo, aunque sea evidente que esta actividad puede dañar a las poblaciones que se abastecen de estas fuentes de agua, no se incluyen medidas para prevenir, evaluar y atender este riesgo inminente. Además, hay que destacar que el simple hecho de que la fracturación hidráulica pueda realizarse en la cercanía de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, supone ya una grave amenaza para el derecho humano al agua y el derecho a la salud de las personas. Como se ha señalado, la contaminación de las fuentes de agua provocada por esta actividad es inevitable, sean cuales sean las medidas que puedan tomar las empresas para tratar de evitarlas, en los casos en que se les obliga a hacerlo (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015 y D'Elia y Ochandio, 2014).

Lo que sí incluyen los Lineamientos de la Conagua es la obligación de las empresas de informar a esta Comisión acerca de los productos químicos que utilizarán en su fluido de fracturación, para lo cual deben incluir información sobre su número de registro CAS²¹ (*Chemical Abstract Service*), que permite asociar la sustancia química a sus efectos sobre la salud en los seres humanos.²² Sin embargo, los Lineamientos no especifican qué hará la autoridad con esta información ni si ésta servirá para evitar la autorización de una concesión de agua cuando se detecte la presencia de productos químicos que dañan la salud. De hecho, como ya se ha planteado, ni siquiera se establece la obligación de que la información sobre la composición de dicho fluido sea pública, pese al interés que reviste para las poblaciones que verán afectada su salud y su vida a consecuencia de la fractura hidráulica.

Por otro lado, lo mismo que los Lineamientos de la ASEA, los de la Conagua determinan ciertas obligaciones de información para las empresas, pero sólo especifican que ha de entregarse a la autoridad, en este caso la Conagua (en adelante, la Comisión), sin establecer mecanismos para que se ponga a disposición de las poblaciones afectadas o de la sociedad. Esto se refiere a:

- i) la información sobre el volumen total de agua que se utilizará en la extracción de hidrocarburos no convencionales y el listado de aditivos adicionados al agua para la preparación del fluido fracturante, que debe adjuntarse a las solicitudes de concesiones de agua presentadas a la Conagua, como lo estipula el Artículo 8. Esto es sumamente grave, dado que una de las prácticas de la industria de los no convencionales a nivel mundial ha sido esconder la información sobre los productos químicos utilizados en el proceso de fractura hidráulica, bajo el secreto comercial (Craven, 2014)
- ii) los expedientes sobre los pozos de extracción de agua que deben ser entregados a esta Comisión una vez que las empresas terminan su perforación, como lo señala el Artículo 10
- iii) los permisos de descarga de aguas que, según el Artículo 15, los regulados deben solicitar a la Conagua, y que contienen información sobre la disposición de las aguas residuales, incluyendo las condiciones particulares de descarga
- iv) los pozos de exploración hidrogeológica que tienen por objetivo la protección de la calidad del

²¹ Artículo 8.

²² Para conocer más información sobre el CAS se puede consultar su página web: <https://www.cas.org/>

agua subterránea, de los cuales las empresas deben informar a la Comisión antes de iniciar las actividades del Plan de Desarrollo para la Extracción, según el Artículo 17; entre otras.

Como puede notarse, quedará a discreción de la Conagua la publicación de una serie de informaciones que serían fundamentales para que las poblaciones susceptibles de ser afectadas puedan participar con conocimiento de causa en la toma de decisiones sobre los proyectos, así como para conocer las implicaciones que éstos tendrán sobre sus derechos y sus territorios. Esto afecta también a la sociedad en general, que podrá ver obstaculizado su derecho de acceso a la información sobre políticas y proyectos energéticos que ponen en riesgo los ecosistemas y, por ende, la garantía en el corto y largo plazos de sus derechos a la salud, al medio ambiente sano, al agua y a la alimentación, entre otros muchos.²³

Los lineamientos y el derecho a la salud

Los riesgos e impactos sobre la salud de las personas asociados a la explotación de hidrocarburos no convencionales mediante fractura hidráulica (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015) ameritan dedicar un apartado específico en este texto para señalar los vacíos existentes en la débil y deficiente regulación creada con los Lineamientos. En este sentido, cabe subrayar que, salvo en cuestiones muy específicas y excepcionales, estos marcos regulatorios no incluyen ninguna medida para proteger el derecho a la salud y que no existen otras regulaciones en la materia para este tipo de actividad. Este es un faltante sumamente grave, ya que el uso de esta técnica supone amenazas muy serias para la salud y, por lo tanto, para el bienestar y la vida de la población y de las generaciones futuras. De hecho, en 2015 el estado de Nueva York en EEUU prohibió el uso de la fractura hidráulica en su territorio debido a los riesgos significativos que implica para la salud (New York State, 2015). En otros países y regiones del mundo, los gobiernos también han declarado prohibiciones o moratorias a esta práctica con base en el principio precautorio: Francia, Irlanda, Bulgaria, Alemania y Escocia, así como los estados de Nueva York y Maryland en EEUU, y la provincia de Entre Ríos en Argentina (Keep Tap Water Safe, 2017; y, Pérez *et al.*, 2016).

Sin pretender ser exhaustivos, algunos de los riesgos e impactos más significativos para la salud, generados por el uso de esta técnica son:

- Tóxicos asociados a la fractura hidráulica. Una problemática importante relacionada con los productos químicos utilizados en la fractura hidráulica es la negación de las empresas a divulgar su composición. Así, un estudio realizado por *The Endocrine Disruption Exchange* (TEDX, 2011) señalaba que la industria sólo hacía público el 14% de la composición de los productos usados en el fluido de fracturación. Sin embargo, un informe de la *US House of Representatives* (2011) permitió saber que, entre 2005 y 2009, las 14 empresas a las que se les preguntó por ésta usaron más de 2,500 productos que contenían 750 sustancias químicas diferentes y otros compuestos.

Por su parte, el TEDX (2011) analizó la composición de 980 productos usados en la producción de

²³ La contaminación del aire, suelo, subsuelo, fuentes de agua, tierras de cultivo y pastura repercute negativamente en la salud de las personas, en su derecho a una alimentación adecuada y hasta en las condiciones de habitabilidad de las viviendas cercanas a las zonas de exploración y explotación, afectando en consecuencia el derecho a una vivienda adecuada; se afecta también el derecho de los pueblos a la libre determinación y a no ser privados de sus medios de subsistencia, así como derechos laborales (Sandoval, 2014).



gas natural –compuestos por 649 sustancias químicas, de los cuales 47% están asociados a efectos negativos para el sistema endocrino (hormonal) y 43% a otros efectos adversos sobre la salud. Encontró que sólo 10% no tenían efectos negativos en la salud. Haciendo un cruce de las sustancias químicas presentes en estos productos con sus números CAS, los autores de dicha investigación encontraron 362 sustancias que pueden asociarse con efectos en la salud. Constataron así que 78% de estas sustancias están asociadas con efectos en la piel, los ojos y los órganos sensoriales; 55% con efectos en el cerebro y el sistema nervioso; 47% con daño al sistema endocrino; y 22% con cáncer, entre otros efectos.

Los tóxicos presentes en el fluido de fracturación no son, sin embargo, la única causa de efectos negativos sobre la salud. Como se explicará más adelante con mayor detalle, una vez inyectado en el subsuelo, este fluido entra en contacto con otros compuestos químicos allí presentes, entre ellos hidrocarburos, metales pesados y elementos radioactivos. Al regresar a la superficie como parte del líquido de retorno o *flowback* del método de fractura hidráulica y ser mal manejados, o al entrar en contacto con fuentes de agua (D’Elia y Ochandio, 2014), conllevan nuevos riesgos para la salud de la población que entra en contacto con ellos, entre otros, quienes trabajan en esta industria y las comunidades locales. Asimismo, hay que considerar otros efectos para la salud, como los que se derivan de la contaminación atmosférica, lumínica y sonora que implica esta práctica, así como los riesgos asociados a la ocurrencia de sismos (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015). La relación de la fractura hidráulica con estos efectos en la salud, que, además, son acumulativos, puede incidir en el desarrollo de padecimientos inmediatos y de enfermedades a mediano y largo plazo y afectar de manera diferenciada a la población infantil, mujeres y personas adultas mayores. Ésta es evidencia suficiente para aplicar el principio precautorio y no permitir una práctica que supone importantes riesgos para la salud.

- Impactos a la salud verificados por evidencia científica. Entre 1960 y 2017 se han llevado a cabo diez estudios originales que correlacionan la fractura hidráulica con exposición a ciertos tóxicos y efectos sobre la salud, principalmente en Estados Unidos. Con base en este cuerpo de evidencia se puede afirmar que esta técnica causa embarazos de alto riesgo, defectos congénitos del corazón y exacerbaciones del asma (Rojas, 2017). La constatación de estos impactos negativos es razón suficiente para no permitir el uso de esta práctica, con el fin de proteger el derecho a la salud de la población, conforme al principio de acción preventiva.²⁴

Pese a toda la evidencia existente acerca de los riesgos e impactos del uso de la fractura hidráulica sobre la salud, la regulación creada en México no los contempla ni establece medida alguna para evitarlos. Como señala Rojas (2017), aunque los lineamientos sobre seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente indican que en los mecanismos de reducción de riesgos se debe priorizar la “integridad de las personas”, éste es un enfoque muy limitado. Nuestra preocupación incluye la

²⁴ El principio de prevención está recogido en el Artículo 14 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que establece que: “Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana”. En México, este principio está plasmado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Fracción V de su Artículo 15 establece que: “Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios: (...) VI. La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos”. En este sentido, es importante recordar que, como lo ha reconocido la propia Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH, 2017), existe “una relación innegable entre la protección del medio ambiente y la realización de otros derechos humanos, en tanto que la degradación ambiental y los efectos adversos del cambio climático afectan el goce efectivo de los derechos humanos”, como el derecho a la salud.

integridad, pero considera también otras posibles afectaciones a derechos humanos derivadas de la fractura hidráulica. En estricto sentido, cuando los Lineamientos de la ASEA hablan de integridad de las personas se estarían refiriendo a evitar daños en su integridad física. Sin embargo, el enfoque del derecho a la salud es mucho más amplio pues plantea que “Todo ser humano tiene derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud que le permita vivir dignamente”, lo que abarca la salud física y mental e incluye una serie de criterios sociales, como la disponibilidad de servicios de salud, condiciones de trabajo seguras, vivienda adecuada y alimentos nutritivos, entre otros. El derecho a la salud está estrechamente vinculado con el ejercicio de otros derechos humanos y, a su vez, depende de éstos, mismos que se enuncian en la Carta Internacional de Derechos, en particular el derecho a la alimentación, a la vivienda, al trabajo, a la educación, a la dignidad humana, a la vida, a la no discriminación, a la igualdad, a no ser sometido a torturas, a la vida privada, al acceso a la información y a la libertad de asociación, reunión y circulación. Éstos y otros derechos y libertades se refieren a los componentes integrales del derecho a la salud (Comité DESC, 2000).

Además, la salud está asociada a una serie de determinantes que pueden ser identificados, cuantificados, analizados y evaluados mediante el método científico con la finalidad de establecer medidas para su control. A partir de los determinantes de la salud, pueden establecerse “límites claros” a las actividades que representen un riesgo para ésta. Por ello, un enfoque basado en salud acota o limita la discrecionalidad, ya que no da espacio a la interpretación. Al integrar el enfoque de integridad en los Lineamientos de la ASEA y no el de salud, se le da a esta Agencia y, más grave aún, a las empresas nacionales y extranjeras, la atribución de determinar bajo sus propios criterios lo que se entiende por “integridad de las personas” y, en consecuencia, las medidas para garantizarla.

Como también señala Rojas (2017), otro vacío grave es que en el marco normativo mexicano no existe la obligación de que las autoridades sanitarias se involucren en este tema ni se les otorgan facultades en materia de hidrocarburos, mientras que las instituciones encargadas de la aplicación de los Lineamientos existentes, la ASEA y la Conagua, carecen de atribuciones en materia de salud. Por lo tanto, “existe un vacío legal y normativo, que debiera ser resuelto (...) para incorporar el enfoque de salud en la normatividad del sector hidrocarburos” (sin pág.). En este mismo sentido, sería importante que la Evaluación de Impacto en Salud (EIS) se incluyera en la legislación nacional como una herramienta de planeación de políticas.

Los lineamientos y la sobreexplotación y contaminación del agua

Como ya se ha ido exponiendo a lo largo de este texto, uno de los impactos negativos más fuertes de la explotación de hidrocarburos no convencionales mediante la fractura hidráulica es el uso intensivo y la contaminación del agua que conlleva el proceso en sí, así como la contaminación adicional de acuíferos y otras fuentes de agua derivada de esta actividad. Sobre el primer punto, los datos aportados por la industria en EEUU muestran que la fractura de un sólo pozo puede llegar a utilizar entre 9 y 29 millones de litros de agua (Lucena, 2013). Además, la cantidad requerida ha ido aumentando en los últimos años, y entre 2000 y 2014 se ha incrementado al menos 25 veces por pozo fracturado de manera horizontal. Para dimensionar a qué nos referimos, un pozo medio de este tipo requiere una cantidad de agua de entre seis y ocho albercas olímpicas (U.S. Geological Survey, 2015; citado por *Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015). Es decir, el solo hecho de utilizar agua para fracturar los yacimientos amenaza la disponibilidad de agua para otros usos, incluido el consumo humano.



Pero, además, para la fabricación del fluido de perforación, el agua se mezcla con productos químicos y agentes sustentantes, muchos de ellos tóxicos, en una proporción de 2% y 8% respectivamente, y el 90% restante es agua (Estrada, 2012). Aunque esta cantidad pueda parecer mínima respecto del total, puede implicar que en un sólo pozo se inyecten 580 mil litros de productos químicos en una mezcla sumamente tóxica. Como ya se señaló, se han llegado a identificar en total 2,500 productos de fracturación y al menos 750 tipos distintos de sustancias químicas en el fluido de perforación (*US House of Representatives*, 2011). Por consiguiente, los millones de litros de agua utilizados quedan contaminados y no son aptos para otros usos (*Concerned Health Professionals de Nueva York y Physicians for Social Responsibility*, 2015). Reiteramos además que, al ser inyectado en el subsuelo, el fluido de fracturación se combina con otras sustancias químicas que están presentes en las formaciones de lutitas, como metales pesados, metaloides y metano, lo que conlleva reacciones químicas imprevistas con resultados nocivos para la salud humana y de otros organismos vivos (Lucena, 2013). También existe el riesgo de que éste se mezcle con sustancias radioactivas, como el radón; de hecho, ya se han encontrado niveles anormalmente altos de radón en regiones de EEUU donde se realiza fractura hidráulica, lo que supone un riesgo tanto para las personas que residen en estas áreas como para quienes trabajan en la industria. Investigaciones de la Universidad de Iowa han documentado la presencia de una amplia variedad de elementos radiactivos en las aguas residuales generadas por esta actividad, entre ellos radio, torio y uranio (*Concerned Health Professionals de Nueva York y Physicians for Social Responsibility*, 2015). Como consecuencia, el agua de retorno una vez que se ha llevado a cabo la fractura, de la cual se recupera entre 15 y 80% (*Tyndall Center Manchester*, 2011), resulta en un cóctel tóxico aún más peligroso que el fluido de fracturación inyectado en un inicio.

Otra de las problemáticas de esta técnica de extracción de hidrocarburos que ya hemos evidenciado, es la que se relaciona con la contaminación de acuíferos y otras fuentes de agua. El informe de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos (2015; citado por *Concerned Health Professionals de Nueva York y Physicians for Social Responsibility*) da cuenta de ello al reconocer que la fractura hidráulica ha causado contaminación de agua potable. Hay diversos momentos en que el fluido de fracturación puede entrar en contacto con fuentes de agua, contaminándolas. Uno de estos factores son las fallas en la cementación y revestimiento de las tuberías, como lo señala el estudio de Ingraffea *et al.* (2014), según el cual más del 40% de los pozos no convencionales en el norte de Pensilvania presentarán fugas de metano al agua subterránea en algún momento; 9% de los pozos de esta zona tuvieron fugas durante sus primeros cinco años, entre 2000 y 2012; y este tipo de pozos presenta seis veces más fugas que los convencionales. Además, el estudio también planteaba que, desde el año 2000, los 8 mil pozos fracturados no habían tenido ningún tipo de inspección para revisar la existencia o no de fugas, lo que muestra un grave vacío en los órganos reguladores encargados de realizar este monitoreo. En esta misma línea, según los datos presentados por Schlumberger, una de las compañías de fractura hidráulica más importantes a nivel mundial, alrededor del 5% de los pozos presentan fugas inmediatamente después de su perforación, 50% tiene fugas después de 15 años y 60% después de 30 años (Brufatto *et al.*, 2013).

Existen también otras causas de contaminación de fuentes de agua, entre ellas, la disposición del agua residual procedente de la fracturación de los pozos que, como se ha dicho, no sólo contienen los productos químicos del fluido de fracturación, sino también contaminantes y otras sustancias presentes en el subsuelo. En el manejo de estas aguas se producen filtraciones, fugas, explosiones y otros accidentes;

también sucede que las aguas se disponen en plantas de tratamiento que no están preparadas para tratar estos fluidos de alta toxicidad. Además, incluso antes de llegar a la superficie, estas aguas se filtran en el subsuelo llegando a acuíferos y pozos de agua potable. Por todas estas razones, ya en 2009 se habían detectado 1,000 casos de contaminación de acuíferos documentados por Cortes, estados y gobiernos locales en Estados Unidos (Food & Water Watch, 2012)

Dadas todas estas evidencias, resulta de gran relevancia conocer y analizar las medidas incluidas en los Lineamientos encaminadas a atender el impacto negativo de la fractura hidráulica sobre el agua. Si bien Los Lineamientos de la Conagua son específicos sobre este tema, los Lineamientos sobre seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente de la ASEA incluyen también algunas disposiciones al respecto que merece la pena conocer.

Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales

Uso de agua. Tal como lo establece la Ley de Aguas Nacionales (LAN), los Lineamientos de Conagua señalan que, para el uso de agua destinada a la explotación de hidrocarburos no convencionales, las empresas deben solicitar una concesión a la Conagua, para lo cual tienen que entregar diversa información a este organismo. Para la etapa de extracción ésta incluye, entre otros datos (Artículo 8): i) el volumen total de agua que se requiere para la extracción con base en el número estimado de pozos y los valores medios de volumen por pozo, y del porcentaje de retorno; ii) la ubicación georreferenciada de la infraestructura hidráulica que se usará para el traslado, distribución y manejo del agua y de los fluidos empleados y otras instalaciones del desarrollo, tales como depósitos de agua y aditivos químicos; iii) listado de aditivos de los fluidos fracturantes que se utilizarán, incluyendo nombre comercial, formulación química, número de registro CAS (identificación numérica única para compuestos químicos), volumen total que se utilizará, hojas de datos de seguridad de acuerdo a la normatividad vigente y su porcentaje en peso en el fluido fracturante; y, iv) el diseño de las Redes de Monitoreo Regional y Local.

Sin embargo, no se establece ningún requerimiento de información para la etapa de exploración, en la que se requiere la fracturación de pozos (Escalera, 2012) y, por tanto, el uso de agua y aditivos químicos, que conlleva riesgos de contaminación de acuíferos y otras fuentes de agua, como ya se ha explicado. Así, los lineamientos dejan el camino libre a las empresas para que realicen actividades de exploración sin obligación alguna de informar sobre los impactos que tendrán sobre el agua. Esto es sumamente grave, dado que en México la presencia de hidrocarburos de lutitas se basa aún en estimaciones, y por consiguiente, para que realmente se puedan contabilizar como reservas de gas y petróleo –y no como recursos prospectivos,²⁵ que es lo que se estima actualmente–, se requiere de una intensa actividad exploratoria (Escalera, 2012). De hecho, como parte de la Ronda Cero de asignaciones entregadas por la Sener a Pemex, se le otorgaron a éste, en agosto de 2014, áreas para la exploración de recursos no convencionales, de las que podría extraer 5,225 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce) en zonas de los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz y Puebla (Sener, 2014). Por otro lado, el Plan Quinquenal de licitaciones para la exploración y extracción de hidrocarburos 2015-2019, publicado en enero de 2018, contempla que para 2019 se habrán

²⁵ En 2012, Pemex Exploración y Producción (PEP) estimó los recursos prospectivos de hidrocarburos de lutitas en 60.2 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce), de los cuales, 31.9 mmbpce son de petróleo y 28.3 mmbpce de gas (Escalera, 2012).



entregado 66 áreas de exploración y extracción de hidrocarburos no convencionales, por un total de 31,327 mmbpce de recursos prospectivos, en áreas pertenecientes a los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo y Puebla (Sener, 2018).

Por otro lado, el Artículo 9 de los Lineamientos de la Conagua establece que las empresas pueden determinar, por sí mismas y derivado de sus actividades de exploración, la presencia de acuíferos que sean independientes hidráulicamente de aquéllos que la Conagua haya identificado oficialmente y la Comisión les dará concesiones sobre estos acuíferos con base en esta información. En este sentido, los Lineamientos otorgan funciones a las empresas que, por ley,²⁶ le corresponden a la Conagua, y ni siquiera incluyen medidas para que dicha Comisión verifique estos acuíferos y su independencia hidráulica. Esta es una nueva muestra del poder de auto regulación que los Lineamientos confieren a las empresas y del modo en que se generan regímenes de excepción para la explotación de hidrocarburos no convencionales, lo que les permite a las empresas, en este caso, determinar por sí mismas las características y disponibilidad de agua de los acuíferos que la actividad petrolera y gasífera podría afectar. Esto resulta muy grave si tenemos en cuenta que las empresas podrían declarar una independencia hidráulica inexistente, de modo que el uso y contaminación de los acuíferos por la actividad de exploración y extracción afectaría a otros acuíferos que se supondrían aislados de los primeros. Desde esta perspectiva, cabe resaltar lo difícil que resulta determinar la independencia hidráulica entre acuíferos, ya que se trata de flujos de agua interconectados entre sí y no de depósitos de agua aislados (Tóth, 1963).

El Artículo 10 de los Lineamientos señala, a su vez, que las empresas deben elaborar y entregar a la Conagua un expediente por cada pozo de extracción de agua que perforen, después de haber realizado dicha perforación. Sin embargo, no se especifica que esta información deba ser puesta a disposición pública, aun cuando esta actividad puede afectar potencialmente a las poblaciones y a los ecosistemas de las regiones donde se llevan a cabo los proyectos. Además, es sumamente preocupante que el expediente se arme y se entregue tras haber realizado las perforaciones, puesto que así se limitan las capacidades de la Conagua para tomar medidas preventivas encaminadas a evitar daños en los acuíferos y otras fuentes de agua y, por consiguiente, sus efectos sobre las poblaciones y el ambiente.

Descarga de aguas residuales y contaminación. En cuanto a los permisos de descarga de aguas residuales en corrientes o depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales; otorgarlos resulta sumamente peligroso. Conforme a las disposiciones del Artículo 15 de los Lineamientos, los Regulados deben solicitar un permiso a la Conagua, así como cumplir con las condiciones particulares de descarga que para tal efecto se establezcan en el permiso correspondiente. Dado que, como se ha señalado, el manejo de las aguas de retorno de la fractura hidráulica conlleva importantes peligros y riesgos de contaminación, y efectos sobre la salud, debido a la alta toxicidad de aquéllas, es por demás irresponsable permitir su descarga en otros cuerpos de agua. Además, este mismo artículo determina que las condiciones particulares bajo las cuales esta descarga debe hacerse se determinarán en cada permiso, lo que impide tener claridad sobre los mecanismos y modos en que se hará la descarga y sobre las medidas que se llevarán a cabo para evitar daños y contaminación. Esto da un gran poder de decisión a la Conagua para definir estas condiciones caso por caso –con una cuestionable capacidad técnica para determinarlas–. Por último, no se especifica nada acerca de los mecanismos con que la

²⁶ Ley de Aguas Nacionales.

Conagua aseguraría que las condiciones establecidas sean respetadas en los hechos por las empresas, aun cuando, en un intento por ahorrar costos, éstas podrían incurrir en prácticas irresponsables que dañen las fuentes de agua, a las poblaciones y los ecosistemas, sin castigo alguno. En este tema es relevante la evaluación que hizo la Semarnat en 2011 de la NOM-001-Semarnat-1996, que regula los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. La Semarnat señaló entonces que esta NOM no se cumple, puesto que para ello es preciso que haya descarga libre de contaminantes. Además, añadió que la autoridad competente tenía serias dificultades para vigilar su cumplimiento y que la NOM había tenido un impacto muy bajo en el cambio de conducta, actitud o desempeño en esta materia (Semarnat, 2011).

En cuanto a la contaminación general de fuentes de agua, causada por las actividades de exploración y extracción a través de infiltraciones de sustancias contaminantes a los acuíferos y el subsuelo, llama la atención que el Artículo 16 señale que las empresas “deberán de prevenir” que ésta se produzca, sin especificar medidas de control ni de sanción que generen una obligación para las empresas de cumplir con esta disposición más allá de sus buenas intenciones. Además, en cuanto a los medios para prevenir esta contaminación sólo se hace referencia al uso de “capas impermeables que aislen el terreno en los sitios de perforación y en las áreas de los depósitos y almacenes de fluidos y aditivos. Dichas capas deberán ser de material sintético, impermeable, resistente al sol, hidrocarburos, sales, soluciones ácidas y alcalinas”. Como lo muestran las investigaciones y estudios antes mencionados, la contaminación de agua derivada del uso de fractura hidráulica en yacimientos no convencionales proviene de distintos factores, entre ellos, problemas y fallas inherentes de la cimentación de los pozos. Por lo tanto, la colocación de capas impermeables, aun si se instalan y funcionan – lo que también queda a discreción de las empresas–, es por completo insuficiente para atender los diversos riesgos de filtraciones, escurrimientos y accidentes causados por esta actividad.

Por otro lado, sí se incluyen algunas medidas para evitar que los pozos productores de hidrocarburos no convencionales afecten las fuentes de agua, las cuales, según el Artículo 23 de los Lineamientos, se guían bajo las mejores prácticas internacionales en la materia. En concreto:

- i) Los lineamientos indican que el tramo vertical de los pozos debe ser terminado con tuberías ciegas y con cementación entre las tuberías exteriores y la pared de los estratos que se atraviesan, desde la superficie hasta 50 metros debajo de la base de los acuíferos, cuyo espesor será determinado por las empresas. Aquí cabe mencionar varios aspectos críticos. En primer lugar, reiteramos que resulta riesgoso que sean las propias empresas las que determinen la presencia, posición y espesor de los acuíferos, sin que haya posibilidades reales de supervisión por parte de la Conagua. Asimismo, surge la pregunta de quién revisará que las empresas efectivamente implementen estas medidas. En segundo lugar, como lo muestra la evidencia internacional en la materia, la cementación es insuficiente para evitar las filtraciones del fluido de fracturación y del agua de retorno a los acuíferos, pues ella misma se fractura (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015; Ingraffea *et al.*, 2014; Lucena, 2013; y, Food & Water Watch, 2012). En tercer lugar, los acuíferos no son sistemas aislados sino flujos interconectados, por lo que sería complicado determinar que no existe comunicación con capas más profundas de la tierra y saber si 50 metros de distancia resultarían suficientes.



- ii) La distancia vertical entre la zona de extracción y los acuíferos sobreyacentes deberá ser de 600 metros. Lo mismo aplica para la distancia entre la zona de extracción y la cima o límite superior de los acuíferos subyacentes. En este punto de los lineamientos cabe hacer el mismo cuestionamiento que en el apartado anterior, sobre la intercomunicación de los acuíferos, la particularidad específica de cada uno y la dificultad de determinar una distancia a la cual la actividad de extracción no los afectaría. Además, se sabe que las fracturas pueden alcanzar zonas del subsuelo porosas y permeables con la consiguiente migración de los fluidos inyectados, así como de otras sustancias presentes en el subsuelo como los hidrocarburos, que pueden llegar a capas de agua dulce o, incluso, a la superficie (D'Elia y Ochandio, 2014).

- iii) La distancia entre el cabezal o árbol de válvulas del pozo productor de corrientes y cuerpos de agua superficiales, captaciones de agua para consumo humano, humedales o ecosistemas acuáticos y mixtos deberá ser, de al menos, un kilómetro en línea horizontal. Sobre este punto, como ya se ha señalado, la distancia puede resultar insuficiente debido al contacto de las fracturas con zonas permeables y porosas. Sobre todo, si tenemos en cuenta que la perforación horizontal de los pozos que se requiere para la fracturación de los yacimientos puede alcanzar longitudes superiores a un kilómetro (D'Elia y Ochandio, 2014), por lo que la contaminación no se puede prevenir con estas medidas. Es importante destacar que la escorrentía, en particular cuando hay lluvias fuertes, puede arrastrar contaminantes de un sitio a otro a lo largo de varios kilómetros.

Monitoreo de afectaciones al agua. Los Lineamientos establecen que son los Regulados, es decir las empresas, las que deben construir la Red de Monitoreo Regional y la Red de Monitoreo Local. Es decir, una serie de pozos que permita que la Conagua lleve a cabo un registro de la cantidad y calidad del agua durante la etapa de extracción y después de la terminación en las zonas de explotación de hidrocarburos. Con estas redes se busca definir la línea base del agua, llevar a cabo la caracterización de los acuíferos e identificar cambios en los niveles y características del agua (Artículo 18). En el caso de la Red Regional, ésta debe abarcar el área de asignación o el área contractual, según sea el caso, mientras que la local corresponde al área de extracción (Artículos 19 y 20). Resulta preocupante que, para el control sobre las afectaciones de la actividad petrolera y gasífera en el agua, la Conagua se base en sistemas de monitoreo creados por las propias empresas. Además, surge la duda de si esta Comisión llevará a cabo la revisión directa de las redes regionales ya que no se señalan mecanismos para hacerlo, o si se basará, como en otros casos, en la información que provean las empresas. Resulta al menos razonable poner en duda que esta Comisión tenga las capacidades necesarias para hacer una revisión *in situ* y en tiempo real de todas las redes de monitoreo que se construyan. No obstante, los Lineamientos sí señalan que, en el caso de las redes locales, la Conagua tiene que instalar “dispositivos (transductores) para el registro automático de carga de presión (nivel freático), temperatura y conductividad eléctrica. Los dispositivos se programarán para obtener datos con frecuencia semanal y la Comisión será la única autorizada para coleccionar los datos mensualmente” (Artículo 21). Queda por ver cuáles serán los mecanismos para que esta información se haga del conocimiento público, ya que en los Lineamientos no se establecen requerimientos en este sentido.

Respecto a este mismo tema de las redes de monitoreo y su alcance territorial, preocupa que la Red de Monitoreo Regional se limite al área contractual o de asignación. Considerando que, como se ha señalado, las aguas subterráneas son flujos interconectados y no sistemas aislados entre sí (Tóth, 1963),

el área de afectación de una asignación o contrato puede rebasar sus límites administrativos, por lo que sería necesario también poder medir el impacto en la calidad y cantidad de agua más allá de aquéllas. Tampoco se establece la necesidad de contar con estas redes para la actividad de exploración, pese a que, como también se ha explicado, implica uso de agua y riesgos para los acuíferos. El que los Lineamientos reduzcan el alcance de estas redes es una muestra de que no se están considerando todos los impactos negativos que la explotación de hidrocarburos no convencionales implica ni, por consiguiente, los daños a la población y los ecosistemas que se encuentran fuera de estas áreas pero que pueden ser también alcanzados y afectados por la contaminación. Además, el Artículo 19 reconoce que, dentro de las áreas de asignación y contratos, así como en las mismas áreas donde se llevará cabo la extracción de hidrocarburos, podrían existir pozos que suministren agua para usos público y doméstico. Sin embargo, no se establece que esto sea una limitante para llevar a cabo la exploración y extracción de hidrocarburos, pese a la sobrada evidencia sobre las filtraciones de productos tóxicos procedentes de la fractura hidráulica en pozos de agua potable y sus efectos en la salud de las poblaciones que la consumen (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015; Ingraffea *et al.*, 2014; Lucena, 2013; y, Food & Water Watch, 2012). Sólo se especifica que la Conagua revisará los pozos de monitoreo y fijará su profundidad en función de la presencia de otros pozos de agua, en particular cuando sean fuente de suministro para dichos usos.

En lo que respecta a las obligaciones de información, los Lineamientos especifican que las empresas tienen que entregar expedientes sobre las redes regionales y locales antes del inicio de la fase de extracción, que deben incluir diversa información sobre ellas (Artículos 19 y 20). Aquí tampoco se establece nada acerca de la necesidad de contar con estas redes para la actividad de exploración, pese a que, como se ha señalado ya, entraña riesgos diversos. Tampoco se indica que la información sobre estas redes deba ser pública ni se establecen mecanismos para ponerla a disposición de las poblaciones que habitan estas regiones ni de otros actores que pudieran tener interés al respecto –tales como organizaciones de la sociedad civil y universidades- entre otros.

En el caso de que el monitoreo refleje la existencia de un problema – fluctuaciones o tendencias anómalas, bruscas o graduales, en algunos parámetros, con respecto a los valores de la línea base del agua– la Conagua deberá notificar a las empresas para que lleven a cabo la revisión del funcionamiento de sus instalaciones (Artículo 22). Sin embargo, no se especifican los valores límite a partir de los cuales se considerará que estos cambios o tendencias son anómalas, lo que, en palabras de Ochandio, (2017) “deja abierta la puerta a interpretación y discusiones sobre el verdadero impacto en el uso de aguas subterráneas causado por la explotación de hidrocarburos”.²⁷ Tampoco se incluyen disposiciones para que la Comisión lleve a cabo una revisión de dichas instalaciones, por lo que cabe preguntarse cómo determinará si se trata o no de problemas asociados a la actividad de extracción de hidrocarburos, y si éstos pueden causar daños a las fuentes de agua. Cabe preguntar asimismo si, también en este caso, la Comisión se basará en la información que le proporcionen las empresas, lo que sería muy preocupante. Por otra parte, la normativa sí contempla que, en caso de determinar este tipo de daños, la Conagua derivará el caso a la autoridad competente, que podrá suspender de forma temporal o definitiva las actividades que generaron el daño.

²⁷ Entrevista realizada a Roberto Ochandio, ingeniero petrolero. Entrevistado en noviembre de 2017.



Llama la atención que los Lineamientos señalen que, en cualquier caso, las empresas tienen la obligación de reparar los daños ambientales ocasionados lo que, aunque suena muy bien en el papel, da por supuesto que la reparación es posible, cuando hay altas probabilidades de que no lo sea, ya que la evidencia muestra que la exploración y extracción de hidrocarburos no convencionales puede provocar daños ambientales irreversibles. Los lineamientos tampoco incluyen mecanismos concretos que obliguen a las empresas a llevar a cabo dicha reparación. Lo mismo sucede con las disposiciones sobre sanciones del Artículo 25, donde se plantea que, cuando la reparación del daño ambiental no sea posible, las empresas están obligadas a la compensación ambiental según lo dispuesto en la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. La pregunta aquí es si de hecho existe alguna manera de compensar la contaminación y pérdida de fuentes de agua y su impacto sobre las poblaciones y los ecosistemas. Desde esta perspectiva, habría que partir de un enfoque preventivo y precautorio, y no llevar a cabo actividades que generen este tipo de impactos, como es el caso de la fractura hidráulica.

Cierre y abandono de los pozos. El tratamiento de los Lineamientos sobre este tema se reduce al Artículo 24, en el cual, en un lenguaje sumamente escueto, laxo y que deja un amplio margen de acción a las empresas, se señala que éstas “deberán” proteger la calidad de las Aguas Nacionales durante el proceso de cierre y abandono de los pozos, tanto exploratorios como productores, en línea con las disposiciones aplicables. Como ya se ha señalado, esta etapa de los proyectos de gas y petróleo representa una fuente importante de contaminación de aguas subterráneas a través de la migración de gases y fluidos procedentes de aquéllos. Estudios realizados en Pensilvania, EEUU, indican que la contaminación acumulada de los pozos abandonados puede llegar a superar la de los pozos en operación (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015), lo que habla de la imperante necesidad de atender esta fuente de contaminación. Las medidas contenidas en los Lineamientos resultan a todas luces insuficientes para hacer frente a esta problemática, sobre todo cuando tenemos en cuenta que, como señala Ochandio (2017)

La experiencia en EEUU, Argentina y Canadá indica que la operación de taponamiento y cierre de un pozo previo a su abandono final nunca se cumple. Cuando un pozo deja de producir cualquier inversión en el mismo implica un costo que las compañías no están dispuestas a afrontar. Como consecuencia son ya millones los pozos abandonados y sin sellar en todo el mundo. Las compañías están obligadas a seguir el procedimiento de abandono siempre y cuando se declare que el pozo está agotado y sin posibilidades de recuperación. Esto simplemente nunca se hace. Se mantiene al pozo cerrado con la excusa de una eventual recuperación de presión que justifique esperar hasta el momento que se lo pueda poner nuevamente en producción. Este momento puede tardar décadas (Ochandio 2017).

Lineamientos en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente

Uso de agua. En el apartado sobre identificación de peligros y análisis de riesgos, Capítulo III de estos Lineamientos, se señala que las empresas deberán realizar el Análisis de Riesgos para las actividades de Exploración y Extracción de Hidrocarburos (Artículo 10), así como realizar una identificación de Peligros asociados a estas actividades (Artículo 12), y una evaluación de Riesgos en que se calcule tanto la probabilidad o frecuencia de la ocurrencia, como la severidad de las consecuencias derivadas del evento de riesgo para las personas, el medio ambiente y las instalaciones (Artículo 13). Asimismo, deberán

realizar una evaluación de los efectos y/o impactos ambientales significativos y relevantes, acumulativos, sinérgicos y residuales (Artículo 13, Fracción V), y esta evaluación deberá incluir el uso del agua y la emisión controlada y no controlada de materia y energía tanto al agua como al suelo y a la atmósfera. Sin embargo, no se establece ningún criterio para determinar en qué momento los impactos revisten estas características, lo que deja a las empresas la decisión de determinarlas y, por lo tanto, de incluir o no determinados impactos en sus análisis de riesgos y evaluaciones.

A este mismo tema remiten las disposiciones sobre los aditivos que se añaden al agua para fabricar los fluidos fracturantes, cuya lista debe incluirse, como ya se ha dicho, en el Aviso de Inicio de Actividades que las empresas deben presentar a la ASEA. Según el Artículo 24 de los Lineamientos de esta Agencia, las empresas deben incluir sus hojas de datos de seguridad de acuerdo con la normatividad vigente, así como el porcentaje del peso de los aditivos en el fluido total, lo que para Ochandio (2017) resulta insuficiente ya que cada “aditivo está formado por decenas o centenas de productos químicos individuales, muchos de los cuales pueden estar prohibidos o restringidos por su peligrosidad o sus efectos en la salud o el medio ambiente”. En este sentido, señala que “específicamente, este Artículo debe requerir la descripción de cada uno de los productos químicos componentes del fluido de fractura” y añade que, aun con este cambio, el Artículo sería “de difícil cumplimiento dado que en los propios EEUU las compañías ocultan el detalle de sus productos químicos”. Llama también la atención que este artículo difiera de lo dispuesto en el Artículo 8 de los Lineamientos para la protección y conservación de las aguas nacionales, que, como ya se ha comentado, obliga a detallar más la información sobre estos aditivos puesto que se debe incluir “su nombre comercial, formulación química, número de registro CAS, el volumen total a utilizar, sus hojas de datos de seguridad de acuerdo a la normatividad vigente y su porcentaje en peso en el Fluido Fracturante”. La pregunta que aquí surge es por qué la ASEA estaría requiriendo menos información que la Conagua para cumplir con sus funciones de protección ambiental. Además, los Lineamientos sólo obligan a presentar esta información una vez, siempre y cuando no haya cambios en la composición del fluido fracturante, lo que deja la puerta abierta a la discrecionalidad de las empresas para decidir qué informan y qué no.

Por otra parte, el Artículo 41 indica que, con el fin de reducir riesgos e impactos durante la fase de perforación –es decir, hasta traspasar el nivel de los acuíferos más profundos–, las empresas deberán utilizar fluidos de perforación de base agua en las primeras etapas de esta fase, que comprenden la tubería conductora y la tubería de revestimiento superficial. No obstante, como alerta Ochandio (2017), no se prohíbe explícitamente el uso de fluidos de base aceite (*oil based mud*), que incluyen el uso de diésel e implican contaminación con benceno, un producto de alta peligrosidad. Casos de contaminación de este tipo ya se han denunciado en EEUU, donde el Congreso impuso multas millonarias a compañías que usaron estos productos en sus operaciones a sabiendas de sus efectos.

Contaminación y descarga de aguas residuales. Como se ha señalado, una importante causa de contaminación de fuentes de agua son las **fallas en la cimentación de los pozos** de producción de hidrocarburos, las cuales no pueden ser totalmente controladas ni evitadas (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015; Ingraffea *et al.*, 2014; Lucena, 2013; y, Food & Water Watch, 2012). Para reducir este riesgo, los Lineamientos de la ASEA señalan que las empresas deben, en la etapa de perforación, “demostrar la hermeticidad del segmento revestido y la adecuada cementación a través de pruebas de hermeticidad y registros de cementación, una vez cementadas las tuberías de revestimiento en cada una de las etapas planeadas o de contingencia” (Artículo 41, Inciso VIII).



Al respecto, Ochandio (2017) añade que la hermeticidad provista por la cementación es el punto más débil de la estructura de un pozo y que las fallas en la cementación, junto con roturas en las cañerías de entubación, contribuyen a las llamadas fallas estructurales de los pozos, responsables por pérdidas de fluidos que contaminan acuíferos y llegan a la superficie. En este sentido, la hermeticidad provista por la cementación, aunque esté bien hecha, sólo dura hasta el primer sismo. Cualquier movimiento del terreno hace que la cementación se fracture o se despegue de la pared del terreno o de la pared de la cañería de entubación, dando lugar a pérdidas de aislación y a migraciones de fluidos. Agrega el entrevistado: “Por esta razón el ensayo de hermeticidad requerido por esta reglamentación sólo sirve en el momento de finalizar el pozo, pero tiene muy corta vida”. Por ello, considera, también deberían requerirse “ensayos de hermeticidad en forma periódica programada y adicionalmente después de cada uno de los múltiples terremotos que sacuden el territorio mexicano. De otra manera no es posible garantizar la integridad estructural de los pozos”. Pero no sólo en caso de sismos corren el riesgo de fallar estas cimentaciones y tuberías, sino que, como ya se indicó, estas fallas son inherentes y suceden de manera recurrente (D’Elia y Ochandio, 2014; Ingraffea *et al.*, 2014; y, *Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015; Brufatto *et al.*, 2013).

Otro asunto importante, por ser causa de contaminación, es la **recolección y manejo del fluido de retorno**, tema al que los Lineamientos dedican la Sección VII del Capítulo V de las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos. En primer término, cabe destacar que, en la sección previa sobre la terminación de pozos, se permite el uso de presas de terracería para las aguas de primer uso (Artículo 58), pero no se permite construir ni habilitar presas de terracería para el almacenamiento, tratamiento o disposición de fluidos o recortes de Perforación (Artículo 28), ni para el fluido de retorno ni para el agua producida (Artículo 64); en estos dos últimos casos, el Artículo 65 señala que se deben usar contenedores cerrados portátiles. Aquí cabe preguntar quién va a vigilar que, una vez construidas y autorizadas, este tipo de presas no se utilicen para almacenar residuos tóxicos y dejarlos evaporarse al aire. Por otro lado, este mismo Artículo y el Artículo 67 establecen que el fluido de retorno debe almacenarse sólo de manera temporal, ya que las empresas deben reciclarlo en el proyecto, reinyectándolo en los pozos de disposición (pozos letrina), o llevarlo a plantas de tratamiento. Todas estas opciones para el manejo del agua de retorno, sin embargo, presentan problemáticas y conllevan nuevas fuentes de contaminación:

- Plantas de tratamiento: Ya se señaló que verter de estas aguas en plantas de tratamiento existentes representa un peligro, pues éstas no son adecuadas para tratar este tipo de residuos de alta toxicidad, lo que implica que a fin de cuentas los contaminantes lleguen a ríos y acuíferos (Food & Water Watch, 2012; y *Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015). Debido a esta práctica, en EEUU se han encontrado radio y otros materiales radioactivos en los alrededores de plantas de tratamiento.

- Pozos letrina: En lo que se refiere a la disposición de estas aguas en pozos letrina, lo que significa reinyectar el agua de retorno en el subsuelo y dejar que se acumule, esta práctica supone amenazas para los acuíferos de agua potable, como lo demuestra la evidencia recabada en los 187,570 pozos de este tipo que existían en EEUU en 2015 (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015). Además, es necesario prestar atención a este asunto por las malas prácticas de las empresas, como es el caso de la YPF en Argentina que comparte Ochandio (2017):

Para evitar la perforación de un pozo especialmente dedicado a la disposición de fluidos de desecho, YPF decidió inyectar estos fluidos en la misma roca generadora de lutitas de un pozo no convencional agotado del área Vaca Muerta en la provincia de Neuquén. En principio esto parece contradictorio porque las rocas de esquistos, o lutitas, son impermeables y no admiten la inyección de fluidos, salvo a presiones de fractura. Pues bien, esta compañía inyectó estos fluidos a sabiendas que éstos escapan de la roca de lutitas, rompiendo la matriz de la roca e invadiendo formaciones circundantes. No hay ningún control o monitoreo del destino final de estos fluidos por parte de la empresa, quien lo único que sabe es que se sacó este fluido de encima escondiéndolo *bajo la alfombra* (Ocahandio, 2017).

Además, la inyección de las aguas residuales en pozos también está vinculada con la ocurrencia de sismos que han alcanzado la intensidad de 5.7 grados, temblores de menor intensidad y deslizamiento de fallas, como lo muestra un creciente conjunto de evidencia en los estados de Ohio, Arkansas, Texas, Oklahoma y Colorado, en EEUU (*Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015). Por todas estas razones, estas prácticas de manejo de aguas residuales deberían prohibirse y no impulsarse, como lo hacen los lineamientos. Este es un tema que, entre otros, lleva a poner sobre la mesa la necesidad de la prohibición misma de la fractura hidráulica, ante la imposibilidad de tratar de forma adecuada sus residuos y, por lo tanto, de evitar la contaminación y otros riesgos inherentes.

A estos riesgos se añaden otros, el Artículo 68 señala que las empresas deben llevar a cabo y conservar un registro sobre los volúmenes de fluidos de retorno producidos desde la apertura de cada pozo, y sobre el tipo de disposición o reciclaje que efectúen para cuando la ASEA lo requiera. Sin embargo, no se indica en qué casos esta Agencia les pedirá esta información ni qué tipo de control instrumentará para verificarla. Esta es una muestra más del modo en que los Lineamientos sólo simulan control y vigilancia, con lo que se incrementa el riesgo de que las empresas incurran en malas prácticas que empeoren los ya devastadores impactos de la actividad de fractura hidráulica. Otra muestra de ello es el Artículo 69, según el cual las empresas son las encargadas de llevar a cabo el análisis composicional de estos fluidos, con el objetivo de identificar las características de su peligrosidad. En palabras de Ocahandio (2017):

Cualquier análisis químico sólo encuentra lo que se está buscando y nada más que eso. Si no se buscan, por ejemplo, metales pesados o radiaciones ionizantes, éstos no se encontrarán en estos análisis. Por lo tanto, estos análisis serán tan completos o tan deficientes como lo quieran hacer las operadoras. En otras palabras, estos análisis no deben hacerlos las operadoras sino organizaciones independientes del gobierno o de la actividad privada. Ésta es la única manera de garantizar la calidad y credibilidad de los análisis químicos y radiológicos (Ocahandio, 2017).

En el Artículo 70 se señala, además, que estos análisis se realizarán una sola vez por pozo exploratorio o de avanzada, salvo que en fracturas posteriores se utilice un fluido diferente al inicial. Para Ocahandio (2017) ésta es sólo una disposición de forma y no cumple ninguna función “porque las compañías operadoras no declararán voluntariamente cualquier cambio en la composición química de los fluidos de fractura, sobre todo si depende de ellos el análisis de composición química”. Si también consideramos que las empresas siempre tienden a minimizar sus gastos para optimizar sus ganancias, resulta improbable que decidan incurrir en más análisis químicos y, por ende, en mayores costos.



El cambio climático y los lineamientos de la ASEA y la Conagua

Otra de las fuertes críticas a la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales mediante fractura hidráulica se centra en su impacto negativo sobre el cambio climático, debido, entre otras causas, a las emisiones fugitivas de metano que se dan en el ciclo completo de su extracción hasta su llegada al consumidor final. Como lo muestran estudios científicos realizados en EEUU, este proceso implica la emisión al ambiente de entre 3.6% y 7.9% de la producción del gas natural, es decir, de gas metano. Se trata de un gas con un potencial de calentamiento global 86 veces superior al dióxido de carbono (CO₂) en un margen de veinte años (Howarth, 2015); por lo que, en el corto plazo, cuando es urgente adoptar medidas para evitar un aumento dramático de las temperaturas y cumplir con el Acuerdo de París en la materia, llevar a cabo esta actividad es una irresponsabilidad de impacto global que provocará un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y acelerará el cambio climático. Por otro lado, su contribución al calentamiento global también está relacionada con el bajo Rendimiento Energético sobre la Inversión de los hidrocarburos no convencionales de lutitas que se sitúa en 5:1, lo que quiere decir que con una unidad de energía se obtienen cinco unidades, mientras que los proyectos convencionales, que ya están causando estragos, tienen un mejor rendimiento al situarse en 20:1 (Rogers, 2013). Generar energía a partir de gas y petróleo no convencional conlleva, por tanto, un impacto mayor para el cambio climático. La emisión de gases, además, no se reduce al metano o al dióxido de carbono, incluye también otros gases tóxicos como los compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos polisaturados, metales pesados y elementos radioactivos, por lo que al problema climático se añaden importantes peligros y daños a la salud (D'Elia y Ochandio, 2014).

En este contexto, es relevante conocer las medidas que la regulación creada en México en 2017 establece en materia de emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la quema y venteo de gas natural. Como sólo los Lineamientos sobre seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente incluyen disposiciones al respecto, este apartado se enfoca sólo en ellos. La primera mención de este tema se encuentra en la sección de definiciones del Artículo 2 (Inciso XVIII), en la cual se reconoce que durante las actividades de exploración, extracción, separación, almacenamiento, transporte y procesos de transformación industrial de los hidrocarburos se produce liberación intencional y no intencional de gas metano.

Por otro lado, estos Lineamientos establecen una serie de medidas para el control de las emisiones de metano, centradas, principalmente, en las actividades de exploración y extracción, por un lado, y en las de recolección y movilización de hidrocarburos, por otro. Esto seguramente se debe a que, como señala Ochandio (2017), gran parte de las fugas de metano y otros gases se producen durante la purga inmediatamente posterior a la fractura, en cañerías y válvulas de superficie, así como en los separadores, compresores y plantas de tratamiento antes de la distribución de los hidrocarburos. Sin embargo, también se han documentado fuertes emisiones que se producen en otras etapas del proceso de explotación del gas y el petróleo, como en el cierre, desmantelamiento y abandono de los pozos.

En EEUU, el Departamento de Energía ha informado que existen millones de pozos de gas y petróleo abandonados, que constituyen vías potenciales para la migración de gas y fluidos hacia fuentes de agua y la superficie. Estudios en Pensilvania han mostrado que este tipo de pozos representan una importante fuente de fugas de metano a la atmósfera, y que pueden llegar a superar las de los pozos en producción

(*Concerned Health Professionals de Nueva York y Physicians for Social Responsibility, 2015*). No obstante estas evidencias, los Lineamientos de la ASEA no incluyen medidas específicas para ésta y otras etapas.

Exploración y extracción. En el Capítulo III sobre la identificación de peligros y el análisis de riesgos, el Artículo 12 señala que las empresas deben hacer una identificación de peligros asociados a las actividades de exploración y extracción incluyendo, entre 16 aspectos,²⁸ las emisiones de metano. En cuanto a la Evaluación de Riesgos (Artículo 13), se determina que las empresas deben “calcular tanto la probabilidad o frecuencia de la ocurrencia, como la severidad de las consecuencias derivadas del evento de riesgo para las personas, el medio ambiente y las instalaciones” a lo que, en el caso de las emisiones de metano, se debe sumar la evaluación de sus “efectos e impactos ambientales significativos o relevantes, acumulativos, sinérgicos y residuales”. Además, en el Artículo 16, los Lineamientos disponen que las empresas deben conservar en su poder diversa información documental relacionada con el análisis de riesgos respecto a la exploración y producción, la cual debe ser entregada a la ASEA cuando les sea requerida. Entre esta información se encuentran las acumulaciones imprevistas de metano en el subsuelo, que puedan afectar los trabajos de perforación.

Por otra parte, en el Capítulo IV sobre la administración de riesgos e impactos, se indica que, en lo relativo a actividades de perforación y terminación de pozos (Artículo 20), las empresas tienen que “contar con procedimientos y equipos necesarios para la detección, reducción y eliminación de emisiones de metano”. En el Capítulo V, relativo a las especificidades de la exploración y extracción, a su vez, los Lineamientos indican en el Artículo 41 que, con el objetivo de disminuir estos riesgos e impactos durante los trabajos de perforación, los regulados tienen que “contar con las conexiones superficiales de control para las actividades específicas de Perforación, Pruebas de Producción, Terminación, mantenimiento, Taponamiento y Abandono de Pozos, conforme a las máximas condiciones de presión y temperatura de operación esperadas”;²⁹ y que deben “monitorear, registrar y controlar las emisiones de metano que pudieran derivar de algún fallo en las conexiones superficiales de control mencionadas en el inciso anterior”. Sin embargo, no se especifican las herramientas para llevar a cabo este monitoreo, ni quiénes serán los especialistas que lo lleven a cabo; así, de nuevo, el hecho de que los Lineamientos dejen tan amplio margen de acción a las empresas limita mucho el alcance de estas medidas (Ochandio, 2017).

Recolección y movilización de hidrocarburos. Al igual que para la exploración y extracción, el Artículo 15 de los *Lineamientos en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente* señala que las empresas tienen que determinar las emisiones de metano asociadas a la recolección y movilización de gas y petróleo como parte de la identificación de peligros de estas actividades. A su vez, el Artículo 79 del Capítulo VI, sobre la recolección y movilización de hidrocarburos, establece que los Regulados tienen que contar con métodos y equipos en las instalaciones que permitan la detección

²⁸ El Artículo 12 de los Lineamientos de la ASEA identifica peligros asociados a las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales por lo menos en 16 aspectos: I. Ruido; II. Manejo de materiales y residuos peligrosos; III. Impactos ambientales; IV. Estabilidad de equipo de perforación; V. Maquinaria rotante y móvil; VI. Manejo manual de los tubos de Perforación, barrenas y otro equipo pesado; VII. Fluidos en contenedores de presión; VIII. Caída de objetos; IX. Exposición al polvo, lodo, aerosoles y gases (gas sulfhídrico y dióxido de carbono); X. Emisiones de Metano; XI. Trabajos en altura; XII. Pozos con cargas de Disparo sin detonar; XIII. Explosión o fuego; XIV. Choques/ Colisiones; XV. Espacios confinados, y XVI. Instalaciones Eléctricas.

²⁹ “Las conexiones superficiales de control incluyen, entre otras, al cabezal de Pozo, el Conjunto de Preventores, el árbol de válvulas y las líneas de estrangulamiento y circulación de fluidos y de control, entendiéndose a éstas últimas como las tuberías e interconexiones para operación de los equipos mencionados” (Artículo 41 de los Lineamientos).



de fugas de metano, tales como indicadores de gas combustible, caída de presión, burbujeo, detectores láser, detección acústica y termografía infrarroja terrestre o aérea, entre otros. Asimismo, señala que la responsabilidad de aplicar el método adecuado corresponde a la empresa, que debe detectar “la presencia y condiciones de las fugas, para emprender el plan de respuesta correspondiente a fin de localizar, dimensionar y controlar dichas fugas”.

En términos generales, desde una mirada crítica, cabe señalar que estas medidas establecidas en los Lineamientos en materia de control de emisiones pueden quedarse en meras buenas intenciones. De nuevo, resulta problemático que las propias empresas interesadas en la exploración y extracción de los hidrocarburos no convencionales sean las encargadas de poner en marcha las medidas para evaluar los peligros y riesgos en la materia y ocuparse de éstos. Como plantea Ochandio (2017), normalmente las compañías operadoras realizan análisis de pérdidas y ganancias antes de solucionar cualquier fuga de gases, ya que detenerla implica parar la extracción de hidrocarburos del pozo, lo cual supone una pérdida de ganancias. Así, las empresas evalúan el tamaño de las fugas y solo decidirán repararlas cuando la pérdida de gas sea de tal magnitud que justifique detener la extracción del pozo. Por ello, el control de las fugas de metano y otros gases no puede quedar solamente en manos de los operadores de los proyectos, sino que el Estado debe intervenir para asegurar que las compañías hagan las inversiones correspondientes y reparen fugas de todo tipo.

Quema y venteo de gas. En su Capítulo IX, los Lineamientos incluyen las medidas que las empresas deben considerar sobre la “destrucción controlada” de gas natural (su quema) y el venteo (liberación al aire del gas extraído del pozo). Entre otras, se indica que las empresas deben llevar a cabo estas actividades de forma segura y con apego a la normatividad vigente (Artículo 101) –sin especificar a qué se refieren con lo primero ni con qué criterios se determinará el grado de seguridad de las operaciones.

En el caso del venteo, se establece en el Artículo 102 que sólo puede hacerse en casos de emergencia, siempre y cuando su contenido de ácido sulfhídrico no sea superior a 10 mol/kmol, y cuando sea imposible su destrucción controlada. En caso de que estos niveles se superen, las compañías tienen la obligación de llevar a cabo la quema del gas o detener la operación. Sin embargo, la quema del ácido sulfhídrico produce dióxido de azufre, un gas extremadamente peligroso para la salud y el medio ambiente. La exposición a este gas se ha relacionado con nacimientos prematuros y su presencia en la atmósfera contribuye a la lluvia ácida (Ochandio, 2017). Por otro lado, tampoco se resuelve quién se asegurará de que las empresas cumplan con estas medidas, o si éstas podrán llevar a cabo el peligroso venteo de gas sin tenerlas en cuenta.

En lo referente a la destrucción controlada o quema del gas, ésta se permite prácticamente sin restricciones. El Artículo 103 incluye una serie de causales que otorga a las empresas un amplio margen de acción y decisión al respecto: i) cuando existan circunstancias de caso fortuito o fuerza mayor que impliquen un riesgo para la operación segura de las Instalaciones, el personal o el medio ambiente; ii) durante las Pruebas de Producción comprendidas dentro de sus programas y planes de trabajo, y iii) en el caso de Gas Natural Asociado, cuando no sea técnica o económicamente factible el aprovechamiento del mismo de acuerdo a las disposiciones emitidas por la CNH.

En relación con esta última causal, Ochandio (2017) explica que esto sucede sobre todo en yacimientos que producen mucho petróleo con poco gas asociado, en los cuales es necesario instalar equipamiento en superficie que permita separar estos dos hidrocarburos y canalizarlos por tuberías separadas a sus respectivas plantas de procesamiento. En este sentido, la decisión de destruir el gas o de invertir en líneas de superficie para aprovecharlo, queda de nuevo a consideración del beneficio económico de las empresas. En el segundo caso, las compañías harán un cálculo de la inversión necesaria para el aprovechamiento, según el volumen de gas que se pueda extraer del pozo. Éste es un tema serio ya que puede dar lugar a la quema permanente de gas en infinidad de pozos. El ejemplo inmediato es el del yacimiento Bakken, en Dakota del Norte, con miles de chimeneas que iluminan el cielo de tal manera que se las puede ver desde el espacio. Esto no sólo configura un desperdicio económico, sino que contribuye sobremanera al calentamiento global, debido a la presencia de dióxido de carbono que resulta de estas combustiones. En este contexto, los Lineamientos no ponen límites de volumen o tiempo a esta quema de gases, pues dejan todas las decisiones al criterio de las compañías operadoras. Así, “en ningún momento se considera o se debate el impacto de la destrucción de gases en el calentamiento climático, poniendo intereses económicos por encima de la integridad del medio ambiente” (Ochandio, 2017).

Por último, cabe apuntar que los Lineamientos en materia de aguas nacionales, a cargo de la Conagua, no incluyen disposiciones relativas a las fugas de metano y otros gases. Como ya se ha mostrado, la realización de la fractura hidráulica está asociada con la contaminación de acuíferos y pozos de agua potable debido a dichas fugas. Estos sucesos han sido reportados por la propia EPA de Estados Unidos (2015; citado por *Concerned Health Professionals* de Nueva York y *Physicians for Social Responsibility*, 2015, p. 33), que señala que “el movimiento de los fluidos bajo la tierra, incluyendo el del gas (...) ha contaminado las fuentes de agua potable”. Por ende, representa un importante vacío que dichos Lineamientos no especifiquen medidas para evitar que se contaminen las fuentes de agua por las migraciones de gases que se producen cuando se fracturan los yacimientos de hidrocarburos. Estas migraciones, además, pueden llegar también a la atmósfera vía los acuíferos, con el consiguiente impacto negativo sobre ésta y el cambio climático.

Conclusiones

El análisis de los lineamientos de la ASEA en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente, y de los Lineamientos de la Conagua en materia de protección y conservación de aguas nacionales, en el contexto de actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, permite concluir que existen deficiencias en estos marcos regulatorios cuya finalidad, en principio, es proteger el ambiente, el agua y a la población de México frente a la explotación de gas y petróleo no convencional por fractura hidráulica. En primer lugar, y como lo señala la evidencia internacional, cualquier regulación resulta insuficiente para evitar los impactos negativos de esta actividad, por el simple hecho de que se trata de una técnica experimental cuyos efectos son imposibles de controlar (D'Elia y Ochandio, 2014). Por lo tanto, si el Estado mexicano tiene genuino interés en proteger los ecosistemas y garantizar los derechos humanos -incluyendo los derechos a la salud, al agua, al medio ambiente sano, y en general, a la vida digna y segura de la población-, debería prohibir el uso de esta técnica, como ya lo han hecho las autoridades de otros países (Keep Tap Water Safe, 2017), muchos de ellos con base en el principio precautorio (Pérez *et al.*, 2016).



En segundo lugar, la revisión del contenido de los Lineamientos tanto de la ASEA como de la Conagua muestra que ambos dan amplio margen de maniobra, toma de decisiones y discrecionalidad a los Regulados, es decir a las empresas, para instrumentar e informar sobre las medidas contenidas en ellos. El Estado, a través de sus órganos reguladores en estas materias, la ASEA y la Conagua, reduce su participación a exiguas funciones de control, para las que además, su personal y recursos resultan insuficientes a la luz de los planes existentes de fracturar miles de pozos en el país (Escalera, 2012). En este sentido, Ochandio (2017) señala que “estos documentos parecen preparados para satisfacer las necesidades de las compañías explotadoras. Ellos crean el problema y nos ofrecen la solución que más se ajusta a su conveniencia, es decir, la explotación con controles; a sabiendas que limitaciones presupuestarias, ineptitud de funcionarios y operarios, falta de voluntad política, sumado a corrupción generalizada; ayudarán a prevenir la aplicación de cualquier control efectivo”. En este sentido, con base en su experiencia internacional, plantea que este tipo de regulación se queda en buenas intenciones, ya que “las limitaciones presupuestarias, falta de preparación del personal, y falta de voluntad política para aplicar las reglamentaciones convierten a estos documentos en letra hueca” o, peor aún, “las condiciones de trabajo en áreas remotas, alejadas de supervisión efectiva, contribuyen a desvirtuar el trabajo de los inspectores a cargo del control de estas operaciones”, por lo que se limitan a aprobar las operaciones sin mayor cuestionamiento sobre las consecuencias de éstas. Por estas razones, también considera que, si bien estos documentos “hacen bien en detallar las distintas variables que pueden incidir en el resultado de estas explotaciones, por sí mismos no pueden evitar los efectos negativos de la explotación de hidrocarburos”.

En tercer lugar, también con respecto al contenido de los Lineamientos, lo que se ha analizado a lo largo de este estudio muestra que en muchos aspectos –tales como el uso de agua, la gestión de las aguas residuales, el control de las emisiones de metano, la quema y venteo de gas, el cierre y abandono de pozos, y los sistemas de monitoreo de acuíferos, entre otras–, las medidas contempladas no permiten prevenir ni atender todos los riesgos e impactos negativos que produce la fractura hidráulica en la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales, como ya se ha evidenciado en otros países. Asimismo, es patente que los Lineamientos no se corresponden con las obligaciones constitucionales del Estado mexicano de respetar, proteger, garantizar y promover los derechos humanos, incluyendo los derechos al agua, a la salud y a la información. En su mayoría, las disposiciones incluidas se limitan a cuestiones ambientales muy específicas, sin atender las consecuencias que ciertos impactos tendrán sobre las poblaciones y sus derechos, no sólo de las generaciones presentes, sino también de las futuras.

A la luz de estos hallazgos, resulta sumamente alarmante la apertura, el 2 de marzo de 2018, de la licitación 3.3. para la explotación de hidrocarburos no convencionales en nueve áreas del estado de Tamaulipas (CNH, 2018). A ésta se suma el anuncio realizado ese mismo mes por Pemex sobre la firma de un contrato con la empresa *Lewis Energy México* para la explotación del campo no convencional Lewis en el estado de Coahuila (Forbes, 2018). Los riesgos del uso de la fracturación hidráulica y su intensificación en el territorio nacional siguen presentes puesto que, en definitiva, la fractura hidráulica no es segura. Por consiguiente, resulta muy preocupante y peligroso que el gobierno mexicano siga promoviendo esta actividad. Por todo lo antes expuesto, es urgente que el Estado mexicano lleve a cabo acciones contundentes para evitar la explotación de gas y petróleo no convencional y proteger así a la población y el ambiente del país, garantizar los derechos humanos, y cumplir con sus compromisos y obligaciones en materia de cambio climático. La prohibición de la fractura hidráulica es un paso necesario e impostergable para lograrlo.

Bibliografía

- Brufatto, Claudio *et al.* (2003). From mud to cement - Building gas wells, *Oilfield Review*, 15 (3), 62-76. Disponible en https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors03/aut03/p62_76.pdf Retrieved
- Colborn, T. *et al.* (2011). Natural gas operations from a public health perspective, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 17 (5), 1039-1056.
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2017). *Rondas México. Ronda 3: Aguas Someras*. Disponible en <http://rondasmexico.gob.mx/r03-l01-calendario/>
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2018). *Rondas México. Ronda 3. Áreas terrestres convencionales y no convencionales*. Disponible en <https://rondasmexico.gob.mx/cnh-r03-l03-2018/>
- Concerned Health Professionals of New York and Physicians for Social Responsibility- (201.). *Compendio de hallazgos científicos, médicos y de medios de comunicación que demuestran los riesgos y daños del Fracking (extracción no convencional de gas y petróleo)*. Nueva York: Autor. Disponible en https://cl.boell.org/sites/default/files/compendium_final_25_de_mayo.pdf
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2017). Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf
- Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2017). *Opinión Consultiva OC-23/17*. Disponible en http://www.corteidh.or.cr/docs/opiniones/seriea_23_esp.pdf
- Craven, John. (2014). Fracking Secrets: The Limitations of Trade Secret Protection in Hydraulic Fracturing, *Vanderbilt Journal of Entertainment & Technology Law*, 16 (2), 395-424.
- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992). Disponible en : <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- De la Fuente, Aroa y Olivera, B. (2017). *Las actividades extractivas en México: estado actual. Anuario 2016*, Ciudad de México: Fundar, Disponible en <http://fundar.org.mx/mexico/pdf/Anuario2016corr.pdf>
- D'Elia, Eduardo y Ochandio, R. (2014). *¿Qué es la fractura hidráulica o fracking? ¿Es una técnica experimental? ¿Cuáles son sus etapas y características? ¿Qué son los hidrocarburos no convencionales?*, en Pablo Bertinat, E. D'Elia, Observatorio Petrolero Sur, R. Ochandio, M. Svampa y E. Viale (Equipo de trabajo), *20 mitos y realidades del fracking*, pp. 17-27, Buenos Aires: Editorial El Colectivo.
- Drnas de Clément, Zlata. (2001). Los principios de prevención y precaución en materia ambiental en el sistema internacional y el interamericano, *Jornadas de Derecho Internacional*, 81-92.



- Escalera, Antonio. (2012). *Potencial de recursos no convencionales asociados a plays de aceites y gas de lutitas en México*. Ciudad de México: PEP.
- Esquivel, Lindsay. (2017). *CNH: En 2 semanas se lanza 1ª licitación en áreas de shale gas*, Ciudad de México: La Razón de México. Disponible en <https://www.razon.com.mx/cnh-en-2-semanas-se-lanza-1a-licitacion-en-areas-de-shale-gas/>
- Estrada, Javier. (2012). *Gas de lutitas en México: planes, potencial y regulaciones*, Analítica Energética.
- Food & Water Watch. (2012). *Fracking: The new global water crisis*- Washington: Autor. Disponible en <https://www.foodandwaterwatch.org/sites/default/files/Fracking%20Water%20Crisis%20Report%20March%202012.pdf>
- Forbes. (2018). *Pemex y Lewis Energy explotarán campo de gas shale en Coahuila*. Disponible en <https://www.forbes.com.mx/PEMEX-y-lewis-energy-explotaran-campo-de-gas-shale-en-coahuila/>
- García, Karol. (2017). *Convocatoria para ronda de shales, en julio: SENER*, Ciudad de México: El Economista. Disponible en <https://www.economista.com.mx/empresas/Convocatoria-para-ronda-de-shales-en-julio-SENER-20170607-0102.html>
- Health and Safety Executive. (2001). *Reducing risks, protecting people*. Norwich: Autor. Disponible en <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/r2p2.pdf>
- Howarth, Robert. (2015). Methane emissions and climate warming risk from hydraulic fracturing and shale gas development: implications for policy, *Dovepress*, 45-54. Disponible en: http://www.eeb.cornell.edu/howarth/publications/f_EECT-61539-perspectives-on-air-emissions-of-methane-and-climatic-warmin_100815_27470.pdf
- Ingraffea, Anthony, M.T. Wells,, R. Santoro y S. Shonkoff. (2014). Assessment and risk analysis of casing and cement impairment in oil and gas wells in Pennsylvania, 2000–2012, *PNAS*, 111 (30), 10955-10960.
- Keep Tap Water Safe. (2017). *List of Bans Worldwide*. Disponible en <https://keeptapwatersafe.org/global-bans-on-fracking/>
- Ley de Aguas Nacionales (2016). Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf
- Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Ambiente del sector hidrocarburos (2014). Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LANSI_110814.pdf
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (2018). Disponible en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_190118.pdf

- Lucena, Antonio. (2013). Contaminación de aguas y suelos, en Pablo Cotarelo (coord.), *Agrietando el futuro. La amenaza de la fractura hidráulica en la era del cambio climático*- Madrid: Libros en Acción.
- Milenio. (2017). SENER: dependencia de gas “enorme riesgo”. Disponible en http://www.milenio.com/negocios/SENER-dependencia-gas_natural-enorme_riesgo-seguridad_energetica-cnh-milenio_0_1013898618.html
- Naciones Unidas. (2011). *Principios rectores sobre las empresas y los derechos humanos*, Nueva York: Naciones Unidas. Disponible en http://www.ohchr.org/Documents/Publications/GuidingPrinciplesBusinessHR_SP.pdf
- New York State. (2015). *High-Volume Hydraulic Fracturing in NYS*. Disponible en <http://www.dec.ny.gov/energy/75370.html>
- Observación General N° 14 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la Organización de las Naciones Unidas: El derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud (artículo 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales), párrafo 1 (2000). Disponible en: <http://www.acnur.org/t3/fileadmin/Documentos/BDL/2001/1451.pdf?view=1>
- Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. (2011). Principios Rectores sobre las Empresas y los Derechos Humanos. Puesta en práctica del marco de las Naciones Unidas para “proteger, respetar y remediar”. Naciones Unidas. Disponible en http://www.ohchr.org/Documents/Publications/GuidingPrinciplesBusinessHR_SP.pdf
- Pemex Exploración y Producción. (2014). *Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) del Proyecto Regional Poza Rica-Altamira y Aceite Terciario del Golfo 2013-2035*- México: Pemex.
- Pérez, Ariel, A. Puentes, H. Rodríguez y H. Herrera. (2016). *Principio de Precaución: herramienta jurídica ante los impactos del fracking*, Ciudad de México: Fundación Heinrich Böll y AIDA. Disponible en http://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/publicacion_fracking_aida_boell.pdf
- Robles Montoya, Benjamín (coord.). (2014). Impacto social y ambiental del *fracking*. Ciudad de México: Senado de la República-Instituto Belisario Domínguez y Alianza Mexicana contra el Fracking, mayo de 2014. Disponible en <http://www.nofrackingmexico.org/wp-content/uploads/2011/06/libro.pdf>
- Rogers, Deborah. (2013). *Shale and Wall Street: Was the decline in natural gas prices orchestrated?*- Disponible en <http://shalebubble.org/wall-street/>
- Rojas, Alberto. (2017). *Impactos del fracking en la salud*. México: Autor.



Sandoval, Areli. (2014). El fracking en la explotación de hidrocarburos no convencionales: amenaza para los derechos humanos, amenaza para la vida, en Robles Montoya, Benjamín (Coord.), *Impacto social y ambiental del fracking*. Ciudad de México: Senado de la República-Instituto Belisario Domínguez y Alianza Mexicana contra el Fracking. Disponible en: <http://www.nofrackingmexico.org/wp-content/uploads/2011/06/libro.pdf>

Semarnat. (2011). *Evaluación de instrumentos normativos del sector ambiental*. Ciudad de México: Semarnat. Disponible en <http://biblioteca.Semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001056.pdf>

SENER. (2014). *Ronda 0*. México; SENER. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/55586/Documento_WEB_Ronda_CeroSSH.pdf

SENER. (2018). *Plan Quinquenal de licitaciones para la exploración y extracción de hidrocarburos 2015-2019*. México: SENER. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287256/Programa_Quinquenal_dic_2017.pdf

The Endocrine Disruption Exchange. (2011). *Drilling and Fracking Chemicals Spreadsheet*. Disponible en: <https://endocrinedisruption.org/assets/media/documents/Multistate%20summary%208-3-17.pdf>

Tyndall Center Manchester. (2011). *Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts*. Manchester : Tyndall Center Manchester. Disponible en <http://www.aqlpa.com/sites/ass-010-aqlpa/files/files/gaz%20de%20schiste/shalegas-provisionalassessmentclimatechangeenvironmentimpacts.pdf>

Toth, J. (1963). A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins, *Journal of Geophysical Research*, 68 (16), 4795-4812.

US House of Representatives Committee on Energy and Commerce. (2011). *Chemicals used in hydraulic fracturing*, Washington: US House of Representatives Committee on Energy and Commerce. Disponible en: http://www.conservation.ca.gov/dog/general_information/Documents/Hydraulic%20Fracturing%20Report%204%2018%2011.pdf

Entrevistas

Ochandio, Roberto (2017), ingeniero petrolero, entrevistado en noviembre de 2017.