



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Oportunidad, Conveniencia y Necesidad de la implementación del Fracking en Colombia

Mariana Gutiérrez Alemán¹

Universidad Católica de Colombia

Resumen

Durante años las sociedades se han visto beneficiadas de los recursos naturales tanto renovables como no renovables, por lo que de cara al medio ambiente en un primer momento se pensaría en una regulación para su protección y limitación, actualmente el mundo se encuentra en una época de innovación con el propósito de generar nuevas alternativas para suplir las necesidades y la demanda de las poblaciones como lo es la producción energética y otros derivados de hidrocarburos naturales; en razón a este motivo por medio de este artículo se busca informar al lector en que consiste la fracturación hidráulica “Fracking”, la razón de su implementación, las consecuencias o posibles impactos que pueden llegar a suceder en el momento en que se ejecute dicha práctica; todo esto por supuesto dentro del marco normativo Colombiano, lo anterior con el propósito final de que cada lector se informe sobre la normatividad vigente y determine a partir de su propio criterio la viabilidad de la implementación tomando como base un análisis de la necesidad, pertinencia y oportunidad de dicha implementación.

Palabras clave: Extracción, medio ambiente, regulación, yacimientos no convencionales, hidrocarburos, Colombia, Fracking.

Abstract

For years, societies have benefited from both renewable and non-renewable natural resources, so that in the first place the environment would be thought of as a regulation for its protection and limitation, currently the world is at a time of innovation with the purpose

¹ Artículo de investigación presentado como requisito para optar al título de Abogada de la Universidad Católica de Colombia, bajo la asesoría del Doctor Jairo Cabrera, docente de la facultad de Derecho de la Universidad Católica de Colombia, 2018 ** Estudiante de Derecho con materias culminadas, perteneciente a la Facultad de Derecho de la Universidad Católica de Colombia, identificada con código estudiantil N° 2110017. Correo electrónico: dmgutierrez17@ucatolica.edu.co , marianagutierrezaleman@gmail.com.

of generating new alternatives to meet the needs and demand of populations such as energy production and other derivatives of natural hydrocarbons; in reason to this reason through this article seeks to inform the reader what is fracking hydraulic "Fracking", the reason for its implementation, the consequences or possible impacts that may happen at the time that such practice is executed , all this of course within the Colombian normative framework, the aforementioned with the final purpose that each reader will inform about the current regulations and determine from their own criteria the viability of the implementation and if the current regulation in Colombia is sufficient to shelter the framework of this new implementation.

Keywords: Extraction, environment, regulation, unconventional, Colombia, Fracking, deposits, hydrocarbons.

Sumario

Introducción. 1. Antecedentes. 1.1 Exploración y explotación de yacimientos no convencionales (Fracking) en Colombia. 1.2 Seguridad energética a cargo de la nación. 1.3 Formas de exploración y explotación en Colombia. 1.3.1 Yacimientos Onshore. 1.3.2 Yacimientos offshore. 2 El Fracking 2.1 Que es el Fracking. 3 Regulación del Fracking. 3.1 El Fracking y su regulación en Colombia. 3.2 El Fracking en derecho comparado 3.2.1 El Fracking en Mexico. 3.2.2 El Fracking en Brasil. 3.2.3 El Fracking en Estados Unidos. 4 Impactos del Fracking. 4.1 Consecuencias del uso del Fracking desde las evidencias reportadas. 4.1.1 Necesidad de utilización de grandes volúmenes de agua. 4.1.2 Contaminación del agua. 4.1.3 La sismicidad. 4.2 Conveniencia, oportunidad y necesidad del Fracking 4.2.1 Exploración On Shore y perforación hidráulica 4.2.2 Oportunidad del Fracking 4.2.3 Necesidad del Fracking 4.2.4 Conveniencia del Fracking. Conclusiones. Referencias

Introducción

Para el desarrollo del presente trabajo es de gran importancia entender en un primer momento de donde nace la necesidad de implementar el Fracking, es por ello que se afirma que la “conveniencia o no de acoger la fractura hidráulica como una “alternativa” para afrontar la crisis de energía de países en particular, es capitalizar ganancias rápidamente bajo el

oportunismo que generan estos nuevos mercados”. (Socarras, 2014, p. 6), esto hace referencia a la crisis energética que vive el país, es decir, el mercado energético al verse en riesgo por la falta de recursos que son base para la producción de la energía ha producido que se busque formas diferentes de extracción de minerales que se involucran directamente con el mercado energético del mundo, lo que abiertamente llevaría a decir a primera vista que el Fracking haría más competitivo a un país en el mercado energético, pero así mismo lleva oculto unas consecuencias perjudiciales al país.

Lo anterior indica que la búsqueda de nuevas fuentes de energía tiene como propósito conseguir precios más económicos para suplir la demanda, superar la dependencia hacia otros países logrando así estabilizar más la economía del país y consiguiendo una buena posición en el mercado pensando así en incrementar los precios, reducir los costos de producción y lograr que esta y el consumo de dichas fuentes sea sostenible y sano medio ambientalmente, el problema surge cuando no se cumple con este último aspecto, cuando el impacto ambiental es demasiado alto para el país en el que se está produciendo, pero esto parte de la idea de que antes de llegar a una era post-fósil en la que la generación de energía se realice a través de fuentes renovables como la energía solar, eólica, hidráulica y geotérmica entre otras, los gobiernos y la empresa privada buscan soluciones intermedias que prolonguen el uso de energías fósiles mediante nuevas tecnologías de extracción y transformación de este recurso; es allí de donde nace la idea de utilizar este tipo de perforación.

Entendido lo anterior dentro del contexto de que tan necesario, oportuno y conveniente resulta esta práctica se abre una brecha que da pie a un problema jurídico y este resulta siendo la efectividad del marco regulatorio colombiano respecto a la fracturación hidráulica en yacimientos no convencionales, ya que Colombia cuenta con una normatividad abundante que se ha venido desarrollando desde la constitución del 91 pero que empezó a tener movimiento desde el año 2008, dicha normatividad aunque si bien es cierto se ha venido desarrollando, es importante hacer hincapié en que presenta un vacío respecto a la protección medio ambiental, el desarrollo sostenible y claramente la protección a la comunidad, esto debido a que si bien presenta detalladamente los procesos de aplicación, los requisitos para su realización, las medidas de protección mínimas que se deben aplicar en el momento de poner en practica esta nueva tecnología, no contienen un acercamiento a las consecuencias

de la implementación de esta perforación, pues Colombia no ha contado con un estudio geológico, que tenga en cuenta los elementos físicos y geográficos pertenecientes a este ecosistema que permita determinar cuáles pueden ser los posibles impactos ambientales, y que si en el caso de existir, se tomaran las medidas para su disminución; en este sentido el Gobierno nacional en su apuro de cubrir la demanda energética ha dejado estos vacíos que con el paso del tiempo y con el acercamiento día a día de la implementación de esta técnica han generado controversias y diversas declaraciones tanto en el sector social, como en el político y el económico.

Por último, es importante tener en cuenta que los efectos de la implementación de esta nueva técnica en Colombia deben ser estudiados con anterioridad a la publicación de la aprobación para la ejecución de las perforaciones, pues al no generara estos estudios previos, se pueden producir efectos nocivos para las poblaciones, un ejemplo de esto es el caso de San Martín en Cesar, donde las aguas fueron contaminadas en zonas donde se realizaron pruebas piloto de fracking por parte de la empresa Conoco Phillips.

En este sentido para el desarrollo de este tema se relaciona en un primer momento una contextualización total sobre los términos del fracking, sus antecedentes y la importancia de este, siguiendo posteriormente con el tema principal que es la normatividad total del tema haciendo referencia a cada una de las publicaciones realizadas por las entidades competentes, esto dentro del marco de relacionamiento con los posibles efectos medioambientales que a su vez recaen sobre la salud de las poblaciones, producidos por la implementación de la fracturación hidráulica en suelo colombiano.

En consecuencia, toda la población debe estar informada sobre la normatividad vigente, la necesidad, la conveniencia, la oportunidad para así determinar las razones por las cuales el Estado pretende implementar esta técnica y las posibles afectaciones de los recursos naturales y la salud que conllevaría el ejercicio de esta, llegando así a que cada persona por si misma evalúe el contexto de que esta actividad es contaminante, pero que su vez está regulada, pero que así mismo se hace necesario evaluar la efectividad de dicha regulación y por ende la conveniencia, oportunidad y necesidad de la implementación de esta nueva exploración.

1 Antecedentes

1.1 Exploración y explotación de yacimientos no convencionales (Fracking) en Colombia

A partir del descubrimiento de la energía y al evidenciar su importancia a través de los años surgió una gran demanda de la misma debido al mantenimiento y desarrollo de la creciente infraestructura mundial. Dicha infraestructura a la fecha ha llevado al incremento en el consumo de combustibles como fuente primordial de recursos energéticos. Actualmente, toda actividad a nivel mundial depende del gas, el petróleo y sus derivados; tanto de materiales para construcción como fibras sintéticas para los tejidos, plásticos y la industria farmacéutica, así como el transporte, la generación de energía, calefacción e iluminación dependen de esta fuente.

1.2 Seguridad energética a cargo de la nación.

A partir de la constitución económica del 91 se empieza a ahondar el tema del dominio sobre los recursos extraídos de algunas superficies. Así mismo, se determina quién es el encargado de suministrar ciertos servicios a la población, es por ello que en el artículo 332 se adjudica al estado como dueño del suelo y el subsuelo y en el artículo 334, se define al estado como aquel ente que estará a cargo de la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución y utilización, así mismo será en los servicios públicos y privados, esto con la finalidad de generar una sostenibilidad fiscal además del mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, así en primera medida a partir de estos artículos se entiende que el Estado es garante de suministrar algunos servicios a la población, dentro de ellos para el caso en concreto se encontraría la energía, se hablaría entonces de una seguridad energética a cargo de la nación, sin embargo para entender lo anterior es importante contextualizar los puntos que contiene dicho término.

A lo largo de los años se han abordado diferentes definiciones, pero en la actualidad se ha determinado que el referenciamiento internacional permite identificar que la definición de Seguridad Energética se ha orientado hacia varios ámbitos, dentro de ellos se encuentra la disponibilidad ininterrumpida de suministro energético a un precio asequible, la confiabilidad y la capacidad de reacción o adaptación, generando así mejores resultados

económicos y empresariales, la disponibilidad y la accesibilidad a los recursos energéticos, la aceptabilidad social y la asequibilidad de los recursos y la baja vulnerabilidad o baja probabilidad de daño, de los sistemas energéticos vitales o infraestructura crítica.

Teniendo en cuenta lo anterior, debido a la dependencia de diversos sectores del país hacia la energía y combustibles fósiles, se genera una gran demanda, la cual el Estado debe suplir, por lo que en un inicio era suficiente la exploración de yacimientos convencionales donde comúnmente se extrae el petróleo, pero la realidad fue que se generó un crecimiento demasiado alto en la demanda, y la oferta generada por el Estado se volvió escasa, es por ello que es indispensable precisar la importancia que tiene el petróleo para las naciones.

El petróleo en primer lugar es un recurso natural no renovable y fuente de energía, gracias al cual se puede utilizar vehículos y otros medios de transporte, así mismo de este recurso se realizan diferentes insumos agrícolas y se fabrican múltiples elementos en la economía textil, es por ello que una de las razones por las que algunas economías nacionales no petroleras están enfrentando un momento difícil, es que tienen que pagar enormes sumas de dinero por la importación de este producto para poder suplir la demanda principalmente de energía, lo que quiere decir entonces que la economía mundial se ha desarrollado gracias al petróleo y al respecto se afirma:

Un 90 % del petróleo se utiliza con finalidades energéticas y son productos combustibles que impulsan los medios de transporte o las centrales de producción de energía. El 10 % restante, los productos no combustibles, tienen también una importancia capital en nuestra civilización, ya que son la materia prima de la industria petroquímica. (Jimeno, 2002, p.12).

Este insumo además de ser utilizado en el sector energético se utiliza también en sectores como el transporte, el doméstico donde los gases derivados del petróleo funcionan como fuente para los sistemas de calefacción, en el sector petroquímico donde se pensaría existe una gran parte de la demanda, pues en este se encuentran insumos como plásticos, jabones y detergentes, es decir, una vez precisado que el petróleo abarca casi todos los sectores económicos del país, se puede dimensionar la importancia de este y claramente se puede llegar a decir que la escasez de este produce la baja en la oferta de todos los sectores anteriormente nombrados y por ende se genera un cambio en la economía del país que puede llegar ser catastrófico.

Así entonces la pregunta sería ¿cuáles son los efectos de la falta de petróleo?, la escasez de este insumo generaría una baja en la economía del país tanto a nivel competitivo como a nivel interno, pues la escasez de este producto produciría que los derivados de este subieran, es decir, el costo de la vida aumentaría y aunque ya se habló de la obligación del país de generar seguridad energética, el país llegaría a poner a disposición de las personas que económicamente pedirán acceder a los servicios producidos por este recurso, pero para aquellas poblaciones de clase media y baja, sería muy difícil acceder a ellos.

Ahora bien, teniendo en cuenta lo anterior, y como ya se dijo el petróleo es un recurso no renovable, el cual ha venido siendo explotado hace muchos años, la crisis petrolera en Colombia se debe a dos factores importantes, el primero el factor natural sobre el cual actualmente se habla de la escasez de los pozos, pues las reservas que se tienen y el tiempo estimado para que estas se acaben es poco, por ello que se ha afirmado

En Colombia se tienen reservas petroleras de 1.665 millones de barriles, que garantizan la sostenibilidad para un poco más de cinco años. Después de ese tiempo, el país tendría que iniciar la compra de crudo, dado que la maduración de los procesos de exploración y producción demanda entre siete y diez años. (Sáenz, 2017, p.4).

Lo cierto es que, si bien Colombia no es un país petrolero, sí depende en gran medida de esta fuente de ingreso; como segundo factor se encuentra el económico pues las empresas han dejado de realizar búsquedas de nuevos pozos, ya que económicamente hablando el barril de petróleo se está vendiendo a precios demasiado bajos, es por ello que a las empresas no les genera rentabilidad seguir extrayendo, pues es más costoso producirlo que venderlo.

Así entonces el Estado entendiendo la necesidad de incrementar significativamente las reservas para darle mayor seguridad energética al país, mantener la economía, los precios y los mismos insumos ofertados en los mercados, ha empezado a buscar nuevas tecnologías de extracción de otros hidrocarburos que contengan un factor económico totalmente rentable para el país y que genere una estabilidad social, es por ello que ha determinado que la posible solución a esta crisis es la explotación de yacimientos no convencionales por medio de la fracturación hidráulica (Fracking), técnica que es presentada desde el gobierno nacional como una oportunidad tanto para disponer de energía para sostener el crecimiento económico como para recuperar el autoabastecimiento energético, por ello se ha determinado que esta

técnica produciría un gran aumento numérico de barriles de petróleo, con los que se incrementaría la autosuficiencia petrolera de Colombia, hasta unos 16 años, además reduciría el costo de la energía, ya que permite reducir la importación de gas, petróleo o electricidad, e incluso puede conseguir autoabastecer al país y abandonar por completo la dependencia hacia otros países como E.E.U.U o países de oriente.

1.3 Formas de exploración y explotación en Colombia.

En Colombia con el paso de los años, el incremento de la demanda de energía, y la evolución de la comunidad y las tecnologías en general, dentro del marco de lo convencional el Estado opto por aplicar formas de extracción de hidrocarburos de yacimientos, pero estos hidrocarburos se encuentran en yacimientos de gases naturales los cuales suelen estar a altas profundidades en el subsuelo, bien en tierra firme (“onshore”) o bien bajo el mar (“offshore”); estas dos formas es como actualmente se generan las perforaciones en Colombia.

1.3.1 Yacimientos Onshore.

Este término hace referencia a las exploraciones costa a dentro o en tierra firme, es decir, este caso se estaría hablando de la perforación y extracción de petróleo clásica que se ha venido desempeñando a lo largo de los años, cuya actividad consiste en:

Se baja una especie de cañón por el pozo y se perfora la tubería de revestimiento a la altura de las formaciones donde se encuentra el yacimiento. El petróleo fluye por esos orificios hacia el pozo y se extrae mediante una tubería de menor diámetro, conocida como "tubing" o tubería de producción. (Esper, 2016, p.5).

Es importante destacar que a la fecha se ha venido registrando una baja en la productividad de este tipo de exploración, esto por diferentes factores como lo es el natural, es decir, el agotamiento del recurso no renovable, y el factor económico, por este se entiende entonces que el proceso de extracción del recurso es más caro que venderlo.

1.3.2 Yacimientos offshore

En este caso se habla de los llamados yacimientos o exploraciones costa afuera, se trata entonces de una plataforma petrolera en alta mar, cuya actividad es sacar el petróleo que

pueda haber en el fondo marino. El proceso de extracción se trata de bajar unas tuberías por medio de un proceso denominado perforación, hasta llegar a las formaciones geológicas ubicadas por debajo del lecho marino en donde está el crudo y el gas depositado. Luego de que se hallen, son transportados hasta la superficie; al respecto se ha determinado que existe una gran ventaja y en la extracción por este medio, pues “en aguas profundas (>40m) existe un potencial energético mayor ya que el oleaje todavía no ha experimentado pérdidas”. (Cabia, 2009, p. 95).

Ahora bien respecto a los costos que se producen para poder generar esta práctica, en este caso son un poco elevados, pues las maquinarias que allí se utilizan deben ser diferentes pues las estructuras offshore deben soportar condiciones climáticas extremas, ello debido a que la realización de una perforación petrolera en aguas profundas requiere de la utilización de una plataforma flotante o anclada sobre el fondo del mar, que sea capaz de reproducir todas las funciones que se pueden encontrar normalmente sobre un equipo de perforación en tierra. Estas condiciones aumentan la complejidad de una plataforma de perforación en el mar y explican por sí solas el costo diario muy superior a aquel de un aparato en tierra con idénticas características. (Bague, 2014); así mismo cabe anotar que esta forma de explotación se ha considerado como alto impacto sobre la naturaleza, esto debido a la existencia del factor potencial de ocasionar derrames y contaminaciones a gran escala que pueden afectar la vida y los ecosistemas en el mar.

Por último, es importante tocar el tema de las ventajas y desventajas de la utilización de estas formas de exploración, así entonces se determina partiendo de la idea que la explotación de petróleo se calcula será culminada en aproximadamente 6 años, debido a la falta de este recursos se dice entonces que el país tendrá que recurrir a la importación en ese tiempo, ya que la exploración offshore para llevarla a producción puede tardar entre nueve y 11 años, cuando en el continente puede tardar entre cuatro y seis, es decir, el tiempo de la exploración onshore es menor por casi 5 años, el problema es que actualmente el país se encuentra en crisis petrolera, es por ello que se abordan otros mecanismos y tecnologías de extracción, como otro punto se afirmar que

Mientras que un pozo en la práctica Onshore puede costar en promedio entre 5 y 15 millones de dólares, uno costa afuera a profundidades similares puede valer entre 50 y 150 millones de

dólares. Desde el punto de vista de producción, los de offshore son mejores productores que los de tierra firme y su vida útil puede estar entre 20 y 40 años. (Monterrosa, 2018, p.5)

2 El Fracking

Las primeras nociones de esta práctica surgieron Estados Unidos hacia 1950, pero no fue aplicado a gran escala, sino hasta 1986 en el yacimiento de Barnett Shale (Texas) pero aún no se extraía el Shale gas, aun así tiempo después esta nueva tecnología de perforación fue evolucionando hasta alcanzar el proceso que hoy se conoce para la extracción de hidrocarburos no convencionales; la implementación de esta técnica se vio cuando en Estados Unidos de dio el aumento generalizado del precio del gas, surgió la necesidad de importar y se produjo una dependencia de este país hacia otros, luego con posterioridad esta importación fue bajando porcentualmente, al tiempo que las extracciones de yacimientos no convencionales daban nuevos frutos.

En el caso colombiano ha existido diferentes formas de extracción de fuentes energéticas como la perforación de yacimientos para extraer hidrocarburos convencionales, que sería lo que comúnmente se ha conocido como la extracción de petróleo mediante una perforación con una especie de cañón en donde la tubería es perforada y el petróleo fluye por los orificios; sobre esta práctica ha existido regulación desde la constitución del 91 donde reserva para la nación la propiedad y dominio directo de los recursos del subsuelo del territorio nacional, de allí en adelante han existido diferentes decretos y normatividades que han tratado el tema.

2.1 Que es el Fracking.

Para poder entender en que consiste la práctica de la fracturación hidráulica en yacimientos no convencionales más conocida como Fracking, es necesario visualizar el contexto de este, es decir, es de gran importancia entender los términos biológicos y ambientales sobre los cuales se desarrolla.

En este ámbito existen los hidrocarburos convencionales y no convencionales, los primeros son los que tradicionalmente se han producido y han representado la principal fuente energética del mundo, según se afirma en el marco del congreso nacional de medio ambiente esta clase de hidrocarburos contienen las siguientes descripciones:

1) se han generado en una roca madre (una roca sedimentaria rica en materia orgánica) y han migrado a una roca reservorio, y 2) las rocas reservorio, los almacenes rocosos, en las que se encuentran y de las que se extraen son rocas porosas y permeables, estas características permiten que el hidrocarburo fluya con relativa facilidad desde la roca al pozo (Portero, 2012, p.4).

En cuanto a los segundos, es decir, los hidrocarburos no convencionales “se caracterizan por estar en rocas de baja porosidad y baja permeabilidad, lo que hace que estén en mucha menos concentración y se haga más difícil su extracción” (Fernández, 2010, p.3), dentro de los gases que se encuentran en estas rocas se presentan el tight gas, shale gas, coal bed methane e hidratos de metano, los cuales se encuentran ubicados a una profundidad mayor sobre la cual se genera la perforación tradicional de los yacimientos convencionales, es por ello que se debe usar esta técnica.

La fractura hidráulica de yacimientos no convencionales o fracking se utiliza para los gases anteriormente nombrados, pero principalmente para la extracción del shale gas, al respecto se afirma en general que esta técnica es:

El proceso físico a través de la cual grandes cantidades del recurso hídrico, son mezcladas con cantidades pequeñas de arena y sustancias químicas, las cuales posteriormente son bombardeadas con altas presiones dentro del pozo, para con esto lograr poder fragmentar la roca, y que por estas fisuras creadas fluyan los hidrocarburos. (Guerrero, 2016, p. 6)

Luego de esto las piedras en las cuales se encuentran los gases son bombardeadas con altas presiones dentro del pozo, para así fragmentar la roca y liberar los gases, en consecuencia dichos gases deben ser convertidos para que se pueda extraer el derivado que se busca, es por ello que pasan por unos compresores y después de todo un procedimiento con otros elementos químicos se puede extraer la gasolina y otros productos de alto costo y de gran demanda en el mercado.

Ahora bien, es importante saber que para realizar la extracción del gas se debe hacer una perforación en forma vertical de aproximadamente 5 mil metros, luego cuando se llega al lugar donde se encuentran las piedras que se considerarían “no convencionales”, se genera otra perforación pero de forma horizontal, es entonces el momento en el cual se llega al hidrocarburo y es cuando se inicia la extracción; durante esta actividad el pozo debe

obligatoriamente quedar abierto, es decir, para que los hidrocarburos lleguen a la superficie es necesario generar una presión en las paredes del pozo para lograr el paso de ellos, pero solo el agua que se usa en la mezcla no podrá mantener abierta la perforación, no se podrá filtrar el hidrocarburo y por ende no se lograría la extracción, es por ello que se usan otros componentes entre ellos la arena, pues por medio de ella se filtra el hidrocarburo, y claramente con la combinación de químicos y agua se logra que el pozo permanezca abierto.

Una vez se genera la extracción y cesa la producción de hidrocarburos el pozo debe ser sellado, por ello al respecto se han generado manifestaciones de empresas que manejan esta técnica, en donde afirman que cuando se deja de producir la presión para mantener abiertos los pozos, los fluidos, químicos y elementos son extraídos, y la superficie se vuelve a cerrar y a acomodar como estaba, también se ha afirmado al respecto que las perforaciones no generan más fracturaciones, si no que estas ya se encuentran en el subsuelo “el yacimiento tiene fracturas naturales, por millones de años. Si vos haces una sísmica, vas a ver que está todo fracturado, no es que nosotros hicimos la fractura, lo que hacemos es conectarlas” (Schettino, 2012, p 6); pero estas manifestaciones son lo que aparentemente sucede y lo que públicamente se declara, pues así mismo existen otras declaraciones realizadas por profesionales como ingenieros y especialistas en medio ambiente en las cuales se determina que estas perforaciones son realizadas concretamente por las empresas y las fracturas producidas no son efectos naturales, ya que al momento de retirar toda la maquinaria el pozo no se cierra automáticamente y que las perforaciones son generadas con cantidades de explosivos que dejan sus residuos en los pozos que en muchas situaciones quedan en puntos cercanos a los lugares de habitación de la población civil.

Otro punto esencial a conocer sobre el fracking, son los fluidos de retorno, los cuales son aguas y elementos que regresan a la superficie después de la perforación o durante ella, estos traen consigo otras sustancias que pueden contener las capas de pizarra (shale gas). “Es muy común que estas rocas contengan sustancias muy peligrosas, tales como metales pesados (mercurio, plomo...), radón, radio o uranio, y otros elementos radiactivos que llegan a la superficie” (Fernández, 2010, p.4). Lo que quiere decir entonces, que todos estos elementos en el momento en que se realiza la extracción y se filtra el gas y los otros hidrocarburos no convencionales, se van a la superficie en pequeñas cantidades quedando reposados en los ríos

y en la flora, generando lo que se conoce como aguas de retorno produciendo así posibles enfermedades en las personas, afectación en la fauna y en el medio ambiente.

Por último, así como se habló sobre las aguas de retorno, es indispensable conocer sobre los revestimientos usados en las perforaciones hidráulicas.

Al hablar de revestimientos se dice que son tuberías con las cuales “se reviste el agujero del pozo (es la protección de las paredes del agujero evitando derrumbes y aislar manifestaciones del líquidos o gases) que se van perforando así asegurar las etapas de perforación y terminación del pozo”, (Gómez, 2017, p.34); se habla entonces de formas de protección o contención dentro de la perforación, así este tipo de exploración es llamada “Casing Drilling”, donde las tuberías una vez ingresadas al pozo son cementadas por sus alrededores para lograr la protección de este, una conservación de la presión y para disminuir las posibles consecuencias ambientales con los fluidos de retorno, por ello en pro de garantizar una buena perforación se ha venido determinando unas funciones específicas dentro de las cuales se encuentran:

La protección de zonas perforadas evitando derrumbes y el aislamiento de zonas problemáticas que se presentan durante la perforación, confinar la producción del petróleo y/o gas a determinados intervalos, contrarrestar la pérdida de circulación del fluido de perforación, controlar las presiones durante la vida productiva del pozo, aislar los fluidos de las formaciones productoras, evitar contaminaciones de aguas superficiales, prevenir la contaminación de las zonas productoras con fluidos extraños. (Velásquez, 2014, p.15).

La construcción de estas tuberías para fines petroleros tiene ciertas condiciones como materiales, resistencia y demás, que posteriormente son puestas a prueba, por lo que se entiende que existen varias clases de tuberías de revestimiento como por ejemplo para yacimientos Offshore, las cuales deben ser de elementos demasiado fuertes como por ejemplo aleaciones de fibra de vidrio, hierro, carbono y manganeso para soportar las presiones y llegar al lecho marino.

Se entiende entonces que la explotación de yacimientos no convencionales por medio de la fracturación hidráulica ha hecho que por medio de normatividad y regulación se implementen mecanismos tendientes a la protección medio ambiente, como las tuberías de revestimientos

anteriormente detalladas, aun así, la efectividad o no de este mecanismo se verá más adelante cuando se explique las consecuencias e implicaciones de esta práctica.

3 Regulación del Fracking.

El tema de las perforaciones de yacimientos no convencionales por medio de la fracturación hidráulica ha generado mucha polémica en la comunidad tanto nacional como internacional, esto debido a los posibles impactos socio-ambientales entre los que se destacan al parecer daños en la salud, contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Es por ello que Colombia jurídicamente se ha pronunciado al respecto y desde hace ya varios años ha generado una regulación al respecto.

En el año 2008 se empieza a hablar sobre la creación de un ordenamiento respecto a la perforación de yacimientos no convencionales, por ello desde ese año se genera un mundo diverso de normatividad y pronunciamientos al respecto; así la problemática si bien en un inicio radica claramente en la expedición de la regulación, actualmente la gran brecha y el estado coyuntural de Colombia radica en la efectividad de la normatividad para disminuir al máximo posible el impacto ambiental, es por ello que el ex director de la Comisión Interinstitucional de Hidrocarburos afirma “los riesgos del ‘fracking’ se podrían reducir con un estricto seguimiento de las autoridades ambientales, pero desafortunadamente estas no tienen la capacidad de dar esas garantías”. (Aguirre, 2016, p. 4).

3.1 El Fracking y su regulación en Colombia.

Dentro de la regulación actual como primer punto se encuentra la Constitución de 1991, dentro de la cual se encuentran los artículos 332, 334 y 360, los cuales detallan la propiedad de los recursos extraídos del subsuelo.

El primer artículo es el 332, donde determina que como eje central de la economía de los recursos naturales al Estado, y dice que él es el dueño de los recursos que sean extraídos del subsuelo, en este primer artículo no toca a fondo la productividad y demás, pero el segundo artículo en 334 el cual estipula que el Estado “intervendrá, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados” (Constitución política de Colombia, 1991, art.

334), es decir, el Estado estará encargado de absolutamente todo lo referente a la extracción de recursos naturales, hasta este punto no se diferencia entre los recursos renovables y no renovables, pero posteriormente el artículo 360 especifica la explotación de recursos no renovables y determina que estas explotaciones causaran a cambio como retribución una regalía y adiciona que una ley “determinará la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios.” (Constitución política de Colombia, 1991, art. 360),

De lo anterior se puede afirmar entonces que el Estado promoverá el desarrollo del sector de hidrocarburos en las fases de extracción, refinación, petroquímica, transporte y comercialización, por ello es importante enunciar que la existencia de ECOPETROL es significativa en este sector, pues al ser una empresa de economía mixta, es la encargada de garantizar, en nombre del Estado, el abastecimiento de combustibles derivados del petróleo en todo el territorio nacional, teniendo en cuenta lo anterior se entiende entonces que el Estado será dueño de la producción que se extraiga del subsuelo colombiano, esto lleva consigo también la responsabilidad de gestionar el cuidado medio ambiental y enfatizar en que esta práctica tenga el menor impacto posible.

Posteriormente nace la Ley 99 de 1993 la cual nombra los principios ambientales bajo los cuales deben regir las entidades ambientales y se deben tener en cuenta en la normatividad del sector ambiental colombiano. Esta ley crea varias entidades dentro de las cuales se encuentra el ministerio de medio ambiente el cual dentro de sus funciones tiene manejar el saneamiento ambiental, determinación de normas ambientales mínimas, el concejo nacional ambiental, creado con la intención de que maneje las políticas, planes y programas en este sector, más adelante habla sobre las corporaciones autónomas regionales (CAR), cuya función principal la administración y el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en todo el territorio nacional, también se habla sobre la obligatoriedad de la expedición de las licencias ambientales, entendidas como aquel permiso expedido por las autoridades competentes, estas serían la CAR, ministerio de medio ambiente o el departamento o municipio dependiendo la naturaleza del asunto, así mismo se da las facultades y la competencia al ANLA, como otro punto importante se habla de mecanismos

de participación ciudadana donde pueden intervenir respecto a los procedimientos administrativos ambientales en cuanto a su expedición, modificación o cancelación de permisos o licencias de actividades que puedan llegar a afectar el medio ambiente.

Como último punto importante de esta norma habla sobre la generación de un estudio a fondo para determinar si la práctica es o no nociva al medio ambiente para así estudiar la viabilidad o no de aplicación de esta nueva tecnología.

Entendido lo anterior después de esta norma cronológicamente se han realizado diferentes promulgaciones normativas al respecto, estas son:

En el año 2008 el Consejo Nacional de Política Económica y Social realizó un análisis sobre la situación tanto nacional como internacional respecto a la explotación de gas metano, por lo que dentro de dicho análisis incluyó cifras económicas a nivel internacional en cuanto al comercio de este tipo de gases, acto seguido evalúa las entidades pertinentes que según sus funciones deben generar normatividad más específica respecto a temas como extracción en yacimientos no convencionales, pues afirmo

Dadas las especificidades que presenta la extracción del gas metano en depósitos de carbón (GMDC), y en especial la posible coexistencia con títulos mineros, es conveniente la expedición de las normas técnicas correspondientes, de los reglamentos de contratación y de los modelos de contratos a que haya lugar. (Consejo Nacional de Política Económica y Social, [CONPES] 2008, p.17).

Por lo anterior solicito a la ANH y al Ministerio de Minas y Energía crear un marco normativo, para la asignación de los derechos de exploración y explotación de gas metano en depósitos de carbón, dentro del cual se incluyeran los parámetros para contratación para la explotación de dicho gas.

Posteriormente en el año 2010 el Ministerio de Minas y Energía publica la resolución 180005 de 2010 la cual maneja el tema sobre el material radioactivo. Su almacenamiento, manejo y disposición está recogido en este reglamento el cual, clasifica estos materiales por niveles de peligrosidad y nombra cual debe ser su manejo; aunque este reglamento aún no trataba temas sobre residuos producto de yacimientos no convencionales, dio lugar a que después se trataran estos temas.

Más adelante en el 2012 el Ministerio de Minas después de 4 años de que el Consejo Nacional de Política Económica y Social solicitara expedir la regulación pertinente al tema, publico la resolución 180742 en la cual estableció los procedimientos para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales, incluido el fracking, exponiendo el procedimiento para otorgar la licencia para la extracción, tocando el tema de sostenimiento ambiental y cuidado de aguas, por lo que habla sobre la cementación de los pozos y el revestimiento en ellos, cabe anotar que más adelante esta resolución es derogada por la resolución 90341 de 2014.

En el 2014 nace la Resolución 90341 de 2014 del mismo ministerio, resolución que establece requerimientos específicos para el manejo de estos residuos asociado a la exploración de yacimientos no convencionales, determina los casos en los cuales se debe interrumpir la perforación como por ejemplo un evento sísmico mayor o igual a cuatro (4) en la escala de Richter, cuyo epicentro sea cercano al lugar donde se está llevando a cabo la perforación, así mismo habla sobre el proceso bajo el cual se concede la licencia, determinado unos pasos como lo son el desarrollo de una prueba piloto en un tiempo determinado, los informes a la entidad encarada de la supervisión para posteriormente determinar si se sigue con el proyecto o se debe generar el cierre y taponamiento del pozo donde se realizó la prueba, otro punto importante que regula esta resolución es el tema de la protección de las fuentes hídricas, por lo que determina las formas de revestimientos y cementación de los pozos, dentro de esto se habla sobre las tuberías de revestimientos como principal barrera de aislamiento de los lados de perforación, para así prevenir escapes hacia capas más superficiales del subsuelo o hacia los acuíferos.

Posteriormente nace la Resolución 0421 de 2014 del Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible la cual complementa la regulación anteriormente citada, pues incluye el concepto de la creación de un estudio de impacto ambiental (EIA), el cual deben realizar todas las empresas que quieran adquirir la licencia ambiental para la perforación hidráulica, así mismo impone una serie de obligaciones que buscan específicamente la protección de los acuíferos y formaciones aledañas al pozo, mediante el aislamiento adecuado, debido a esto se afirma que con esta resolución se logra:

- (i) analizar el riesgo de contaminación de agua subterránea; (ii) proporcionar información sobre los aditivos y propantes que se vayan a utilizar; (iii) implementar tratamiento de las

aguas de retorno previo a la inyección de las mismas y (iv) monitoreo previo y posterior de permanente de la calidad del aire. (Pulverai, 2014, p.4).

Posteriormente en el 2015 el Ministerio de Medio Ambiente publica el decreto compilatorio 1076 de 2015, donde determina parámetros para la presentación de los estudios de impacto ambiental, y además estableció condiciones y restricciones para el desarrollo de esta actividad en el país, esto uniendo los parámetros que se habían determinado en los decretos del 2014, además las entidades del sector ambiental que deben propender por el desarrollo sostenible y cuidado del medio ambiente y determina con claridad el papel y las algunas de las funciones de cada una de estas, también toca los factores ambientales como fauna, flora, y el manejo de ambiental de acuíferos tanto públicos como privados.

3.2 El Fracking en derecho comparado.

La perforación de yacimientos no convencionales por fracturación hidráulica ha sido practicada en varios países y con mayor auge en los países netamente petroleros, aun así, en algunos otros se han dictado moratorias en cuanto a su implementación hasta tanto no se determine con total certeza los efectos de dicha práctica, a pesar de ello en los países en los cuales se ha aprobado su implementación se ha hecho dedico a diversas situaciones económicas y políticas, por ello es de vital importancia conocer algo de derecho comparado para así visibilizar diversas situaciones y poder tener una ida sobre su implementación en Colombia.

3.2.1 El Fracking en Mexico.

Como primer punto normativo se encuentra la constitución nacional mexicana la cual fue sancionada en 1917, en dicha constitución se consagró el dominio de la nación sobre las riquezas extraídas del subsuelo, así posteriormente la nación otorgó monopolio a una empresa sobre la explotación y administración de los yacimientos de petróleo en el territorio mexicano, esto con la finalidad de que por medio del esta, el Estado generara el abastecimiento de energía y productos y servicios derivados del petróleo.

Desde entonces México se ha caracterizado por ser un país con potenciales económicos basados en la industria petrolera, pero al igual que en Colombia este país sufre la crisis energética, por lo que han optado por la aprobación del fracking, así que por ello en 2013 se

dio la reforma constitucional energética donde básicamente se determinó que los hidrocarburos ya no hacen parte de las zonas estratégicas de Estado, es decir, con esta reforma lo que se cambió fue que las explotaciones de los hidrocarburos ya no era actividad exclusiva del Estado, si no que podrían realizarse contratos en la industria petrolera, lo que dio apertura a la implementación del fracking, así se han realizado diversos contratos con empresas del sector privado, donde se conceder la explotación de hidrocarburos no convencionales los cuales se encuentran en aproximadamente 1000 localizados en 6 lugares de México entre ellas Coahuila, Nuevo León, Puebla, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz, actualmente este país ha otorgado mediante el llamado plan quinquenal, contratos de explotación de hidrocarburos a empresas privadas por una duración de 5 años, en este caso iniciando desde 2015 y terminando en 2019, hoy en día México tiene un problema y es que a pesar de haberse realizado la reforma energética no se ha cumplido con las expectativas que se tenían al respecto, pues según se afirma

Se calcularon en 470 mil barriles de diarios de petróleo y 931 millones de pies cúbicos diarios de gas. La realidad es que en 2016 la producción diaria de petróleo asciende a 40 mil barriles y la de gas a 144 millones de pies cúbicos. La productividad media por pozo no ha dejado de disminuir desde 2008, cuando se situaba en 41,6 barriles por día, mientras en 2016 se sitúa en 17,5 barriles por día. (Gutiérrez, 2016, p. 77).

Debido a esto México ha tenido que optar por la perforación de más pozos para suplir la demanda y la expectativa que se tenía.

3.2.2 El Fracking en Brasil.

La extracción de petróleo en Brasil se ha realizado desde hace varios años, pero en 2009 se presentó un proyecto de ley para regular la parte de los hidrocarburos y como objetivo principal generar productividad al país a costos muy bajos, esto dando la licencia a empresas privadas para la extracción pero entregado un porcentaje de las ganancias a la nación entonces las compañías contratadas asumen el riesgo exploratorio, y en caso de éxito parte de las ganancias son dirigidas al estado por medio de la empresa PETROBRAS.

Posteriormente en el año 2013 la agencia nacional del petróleo (Brasil) publicó el reglamento para la extracción de gas no convencional, donde determino varias directrices encaminadas

a la protección ambiental y la salud pública, por lo que toca el tema de los revestimientos en los pozos por medio de la cementación de estos, así mismo determina un mínimo de distancia de 200 metros entre los pozos y la fuentes de agua; en este caso 30 días antes de la publicación esta agencia tomo la opinión de los ciudadanos generando una consulta y recibiendo todo tipo de comentarios, claramente si ningún carácter vinculante, posteriormente en el mismo año abrió las ofertas de licitaciones, para iniciar la exploración de gas no convencional.

Actualmente se dice que la producción nacional de hidrocarburos en Brasil ha aumentado y “se estima que, de los actuales 2 millones de barriles por día, se pase a cerca de 5 millones en 2022, para atender principalmente - te el sector de transportes” (Gutiérrez, 2016, p.44). Aun a pesar de ver estas cifras es importante informar que con la firme idea de la existencia de los posibles efectos nocivos en la salud y el medio ambiente en este país 72 ciudades donde se han generado la prohibición de esta práctica mediante leyes municipales.

3.2.3 El Fracking en Estados Unidos.

La extracción de hidrocarburos no convencionales por fracturación hidráulica en países que son potencia mundial, tienen una finalidad tanto política como económica, por lo que entre ellos se inicia una competencia en el marco de los recursos no renovables, la sostenibilidad del país y la alta producción para lograr la exportación y ser determinados como país auto sostenible y no dependiente de energías fósiles de otros países.

Normativamente Estados Unidos toco el tema del Fracking hace aproximadamente 20 años, partiendo de la idea que en este país la persona que es dueña del terreno donde se encuentra un pozo de posible extracción tiene un porcentaje de ganancia sobre el total obtenido, aun así la normatividad que se venía aplicando en este país era un tanto laxa y no muy concreta, por lo que en el año 2015 bajo la presidencia de Obama de dicto una nueva normatividad la cual determino nuevas directrices que las empresas deben cumplir como por ejemplo dar información sobre la construcción de los pozos como el lugar exacto de la extracción, los metros de profundidad, revelar todos los químicos que se emplearan en esta, así como la eliminación de los residuos.

Dentro de este marco Estados Unidos ha optado por llegar a posicionarse dentro de los primeros puestos en el mercado energético sobrepasando algunos países de oriente, pues la producción según indican

Ha aumentado de 5 millones de barriles por día a 9,2 millones y actualmente Estado Unidos sacia solo 10% de sus necesidades comprándolo más allá de sus fronteras, situación que se vería revertida de aquí a 2020, para exportar en 2035 una cifra neta cercana al 5% de su producción. (Ferro, 2014, p.5).

Al ver estos datos económicos se creería que este país avala totalmente esta práctica, pero existen Estados que tras evidenciar por medio de diferentes estudios y diversas experiencias han decidido prohibir la práctica o adoptar moratorias hasta tanto no se determine con certeza los efectos algunos de estos estados son “California, Maryland hasta 2104, New York, New Jersey, el proceso es que primero establece prohibición y el veto del Gobernador lo convierte en moratoria” (Jordado, 2015 , p.15), a esta lista se suma el condado de Denton en Texas, lugar que después de haber ejecutado esta práctica, por varios años, en 2014 decide iniciar las gestiones para su prohibición, algunos de estos países generan la prohibición por medio de legislación promulgada por ellos mismos, y otros países no generan la prohibición, pero si se dicta una moratoria en cuanto a su aplicación.

Actualmente Estados Unidos se encuentra en miras de ser un país auto sostenible y con una economía basada principalmente en la exportación de derivados de hidrocarburos no convencionales, a la fecha Estados Unidos se ha convertido en exportador neto de petróleo y derivados de hidrocarburos no convencionales.

4 Impactos del Fracking.

Esta novedosa práctica ha traído diversas discusiones en varios sectores como el político, el económico, el sector medio ambiental y el sector de salud pública, pues a partir de varias experiencias internacionales e investigaciones se han determinado diversas consecuencias al parecer nocivas de la aplicación del fracking como modalidad de explotación de hidrocarburos; conozcamos algunos casos al respecto.

4.1 Consecuencias del uso del Fracking desde las evidencias reportadas.

No siento un tema pacífico, a la fecha no existe un estudio 100% seguro que evidencie el daño ambiental por tanto teniendo en cuenta los posibles impactos que pueden tener este tipo de prácticas de perforación nace el principio de precaución el cual se encuentra dentro de los pilares básicos relacionados con el medio ambiente, los cuales a su vez nacen en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992); “el principio de precaución exige que cuando una duda razonable surja en relación con la peligrosidad de cualquier actividad de repercusiones ambientales, esta se evite; y el principio de prevención se proyecta sobre consecuencias perjudiciales ciertas de algunas actividades.” (Cárdenas, 2018, p, 309).

A partir del aparente incumplimiento de esta premisa surgen diferentes consecuencias a tratar partiendo desde el punto de vista de las experiencias vividas por otros países como Estados Unidos, país actualmente potenciador de esta práctica.

4.1.1 Necesidad de utilización de grandes volúmenes de agua:

El recurso hídrico utilizado en las perforaciones varía dependiendo del tipo de yacimiento, pero en este caso al tratarse de yacimientos no convencionales se estima que se “requiere de alrededor de los 5 a 12 millones de galones por pozo (19 a 46 millones de litros de agua por pozo), la fracturación requiere de un 90% de agua, un 9.5% de Arena y 0.5% de aditivos” (Bonilla, 2015, p.15), lo que quiere decir entonces que a lo largo del tiempo el recurso hídrico se podría ver gravemente afectado debido a las grandes cantidades que se deben usar en este procedimiento, ya que se puede decir que las cantidades de agua que se usan para el fracturamiento hidráulico pueden llegar a implicar un alto riesgo para las reservas de aguas subterráneas y superficiales donde este recurso es escaso, así mismo se estima que el uso de estas grandes cantidades de agua ponen peligro la vida silvestre, la flora y la fauna, no obstante es importante traer a colación que en el sector de agricultura se ha determinado que “de cada 100 litros de agua utilizada en procesos productivos, 76 litros están destinados al cultivo”(Earthgonomic, 2016, parr.2), lo que lleva a decir que el agua gastada en este tipo de procesos es bastante alta, pero cada tipo de alimento tiene una necesidad de utilización de agua diferente, por ello se ha llegado a la conclusión que “se necesitan entre uno y tres metros

cúbicos de agua para cosechar un kilo de arroz y 1,000 toneladas de agua para producir una tonelada de granos de maíz. ”(Earthgonomic, 2016, parr.3); ahora bien respeto al ganado se ha determinado que la demanda de agua también es bastante alta y se ha afirmado

Un bovino adulto consume entre un 8-10% de su peso en agua. Una vaca lechera puede consumir entre 38 y 110 litros de agua por día (l/d), un bovino para carne de 26 a 70 l/d, y una oveja de 4 a 15 l/d.(Duarte,2013, p.54).

4.1.2. Contaminación del agua:

Este factor es tal vez el que más ha llamado la atención y más ha generado polémica, pues si bien se habló sobre los revestimientos por medio de tuberías como medio de “contención” para que los elementos usados no escapes y llegan a superficies, se han reportado casos en otros países, por ejemplo, Estados Unidos, donde se han generado daños en las aguas subterráneas al respecto se ha dicho

La Duke University de Durham, en Carolina del Norte, en Estados Unidos, analizó la cantidad de metano en una muestra de 68 pozos de agua dulce en los estados de Pensilvania y Nueva York, comprobando que el 85% del gas metano era termogénico, es decir provenía de la explotación de gas no convencional a partir del fracking; mientras que los pozos más alejados y con menor concentración de metano era principalmente de origen biogénico, esto es, una contaminación natural del agua. (Naranjo,2016, p.13).

Por ello se ha desencadenado diferentes polémicas en torno al uso del agua pues se dice que “un pozo de fracking utilizaría la misma cantidad de agua consumida en un día por 11,000 familias conformadas por 4 personas, y llenaría 6 piscinas olímpicas” (Arnedo & Yunes, 2016, p. 13), este tipo de afirmaciones ha generado que las poblaciones evidencien que el Estado posiblemente no genere una protección social suficiente en este entorno, pues este se focaliza en incrementar las inversiones y el PIB, dejando de lado las necesidades básicas como lo es este recurso hídrico.

Dentro de este punto se habla de nuevo de las aguas de retorno las cuales como se dijo en un principio surgen al remover la presión al pozo fracturado, y las aguas vuelven a la superficie con los químicos y gases dentro de ellas, normalmente estas aguas de residuo deben ser tratadas y almacenadas por las empresas exploradoras, “Sin embargo, en Estados Unidos la

mayoría de los industriales que explotan gas de lutita, se deshace de estos residuos inyectándolos en el subsuelo, constituyendo otra fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas.” (Bonilla, 2015, p.13).

4.1.2 Efecto invernadero:

Respecto a este punto se parte de la idea que los gases que se extraen de yacimientos no convencionales, si salen a la superficie generan ciertos efectos nocivos en la atmosfera, pues estos tienen la capacidad de filtrarse al aire generando el calentamiento de la atmosfera, al respecto evaluando algunos casos en Estados Unidos se ha dicho:

Un estudio realizado por un equipo de la Cornell University de Ithaca, Nueva York, ha calculado que entre un 3,6 y un 7,9% del gas que se obtiene en un pozo de gas de lutita escapa al ambiente a lo largo del proceso. Una parte escapa cuando emerge el fluido de retorno y durante la extracción del equipo utilizado para la fractura (1,9%) (Bonilla, 2015, p.13).

En este punto es también importante traer a colación los efectos producidos en el medio ambiente en razón a la producción de ganado, y esto hace referencia más específicamente gas metano; gas que es producido a partir de los eructos y gases efecto de la digestión de bovino, además “el metano colabora en los efectos climáticos directamente, a través de su interacción con la energía infrarroja e indirectamente a través de las reacciones de oxidación atmosféricas que producen CO₂.”,(Carmona, 2005,p.50), lo que quiere decir entonces que el aumento de las concentraciones de estos gases provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono, como prueba de esto se ha evidenciado que “cerca de 500 millones de toneladas métricas/año de metano ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales. A esta tasa se estima que el metano cause cerca del 15-17% del calentamiento global.” (Carmona, 2005, p.51),

4.1.3 La sismicidad:

En este factor se ha considerado que la sismicidad y los terremotos pueden aumentar, en razón a que la fracturación hidráulica tiene dos formas de producir este efecto, ya sea por “la energía liberada al fracturar las rocas mediante micro detonaciones y por la reinyección de aguas residuales asociadas con la estimulación y producción. En unos casos la inyección de fluidos causa sismicidad, en otras, la extracción”. (Naranjo,2016, p.66).

Lo anterior lleva a afirmar que la inyección de fluido de fracking introduce inestabilidad a niveles subterráneos y es un factor que induce una mayor actividad sísmica, en Estados Unidos se ha llegado a decir que coincidentalmente los movimientos sísmicos han aumentado a partir de los años en los cuales se dio vía libre a Fracking,

A mediados de la década 2000-2010, esta tendencia se rompió, y la frecuencia de terremotos se incrementó, coincidiendo directamente con la expansión de la perforación moderna de fracking, en 2011 en Oklahoma se documentaron sismos de hasta 5,7 de magnitud, con una distancia en radio de 4km en torno al pozo. (Hauter, 2015. p.15).

4.2 Conveniencia, oportunidad y necesidad del fracking.

Para poder definir qué tan oportuno, conveniente y necesaria es la fracturación hidráulica en Colombia es de gran importancia evaluar en un comparativo las dos técnicas usadas, estas son la extracción de petróleo en yacimientos On shore, técnica que se ha venido implementando años atrás, y el fracking como la técnica novedosa que promete un futuro energético seguro.

4.2.1 Exploración On Shore y perforación hidráulica:

En primera medida es importante decir que cuando se habla de On shore, automáticamente se está hablando de yacimientos convencionales y al hablar de perforaciones hidráulicas se habla entonces de yacimientos no convencionales. En la perforación On shore los hidrocarburos producidos no tendrán la necesidad de recibir tratamientos mayores de estimulación para que se genere una producción, ni será necesaria la implementación de alguna técnica novedosa para la extracción de dichos hidrocarburos, pues cabe recordar que este tipo de perforación es realizada de la forma más comúnmente utilizada, esto es de forma vertical, por otro lado en la perforación hidráulica o fracking dentro los yacimientos se deben utilizar tratamientos para estimular su desarrollo, realizar fracturamientos y procesos de recuperación, por lo que es necesario utilizar nuevas tecnologías y realizar la perforación de forma horizontal.

Por otro lado, es importante recalcar la productividad que genera una y otra exploración, por ello se ha determinado que dentro del fracking “Las proyecciones disponibles señalan yacimientos que podrían incorporar alrededor de 5.000-8.000 millones de barriles a las

reservas de petróleo de Colombia durante 2018-2050. Recordemos que estas llegan actualmente a solo 1.665 millones de barriles” (Clavijo, 2018, p.1); lo que quiere decir entonces que las reservas con las que actualmente se cuenta serían las producidas a partir de yacimientos On shore, reservas que se estima son demasiado bajas para cubrir la demanda de energía y demás derivados de petróleo y otros hidrocarburos.

Aun así, a pesar de ver estas cifras que son bastante tentadoras para un país, ya que evidentemente la productividad económica aumentaría, la crisis energética del país no seguiría creciendo y por supuesto podría llegar a ser un país auto sostenible energéticamente, esta práctica tiene otros factores que son bastante importantes para los inversionistas en el momento en el que piensan en qué tipo de exploración deben invertir, algunos de estos factores en el temporal y el económico, pues el fracking resulta siendo más costoso y el tiempo para empezar su producción es más largo, además que existe la controversia respecto a si la regulación es completa, efectiva y de fácil implementación para las empresas, una muestra de ello en Colombia es el caso de Ronda 2014:

Los resultados de la Ronda Colombia ANH-2014 mostraron un bajo interés de los inversionistas por este tipo de yacimientos en el país. Por ejemplo, de los 18 bloques ofrecidos de este tipo, tan solo 1 (en el Valle Medio del Magdalena) recibió ofertas. Esto en parte se explica por la tendencia mundial de las inversiones petroleras a inclinarse hacia la recuperación en el corto plazo, focalizándose en cuencas emergentes y maduras. (Clavijo, 2018, p.2),

Lo anterior quiere decir entonces que existen varias posibilidades al respecto, una claramente es que se dé la inversión en estos nuevos proyectos y se genere una ampliación en el tiempo de sostenibilidad energética del país, y otra que los inversionistas no vean un interés en estas nuevas exploraciones en este país y por ende el Estado deba adoptar medidas para la implementación de este mecanismo, pero partiendo de la inversión de recursos propios y ofertas estratégicas para la inversión, aun así esta nueva exploración trae la posibilidad de llevar consigo las consecuencias ambientales planteadas en el capítulo anterior como lo son daños en el agua, la sismicidad, daños en el aire, entre otros, aun así lo cierto es que el Estado debe adoptar medidas para proveer la seguridad energética del país.

Ahora bien, teniendo esto en cuenta es un deber evaluar tres factores importantes como lo son la conveniencia, necesidad y oportunidad de implementar esta novedosa práctica.

4.2.2 Oportunidad del Fracking:

Respecto a lo oportuno o no que resulta la aplicación de la fracturación hidráulica en Colombia se dirá entonces que este factor es paralelo tanto a la conveniencia como a la necesidad, esto debido a que como ya se estableció, la necesidad de generar formas alternativas de energía en Colombia es alta, pues como se dijo con anterioridad el déficit de energía en el cual el país puede entrar es preocupante, así mismo es importante enunciar que para poder entender lo oportuno o no de la implementación de esta técnica es necesario tener en cuenta las situaciones geológicas del país, pues de allí depende la evaluación y el análisis de los posibles efectos medio ambientales que pueden llegar a suceder.

Una vez analizados estos factores, se podrá determinar qué tan oportuno es aplicar esta técnica en Colombia y se podrá poner en una balanza lo beneficios y los posibles riesgos de su implementación ya que en efecto el fracking podría ser oportuno.

4.2.3 Necesidad del Fracking:

Este punto se ha venido evaluando a lo largo de los capítulos anteriores, por lo que se parte entonces del presupuesto de que Colombia solo tiene aproximadamente de 5 a 6 años más de productividad sustentable para cubrir la demanda energética y derivados del petróleo y otros hidrocarburos, adicional a esto se debe recordar la importancia de este recurso, ya que su uso abarca sectores como el transporte, el doméstico, en el sector petroquímico donde se encuentran insumos como plásticos, jabones, detergentes, es decir, una vez precisado que el petróleo abarca casi todos los sectores económicos del país, se puede dimensionar la importancia de este y de allí se deriva la necesidad de la implementación, ya que al entender que el petróleo es un recurso no renovable que se está agotando, se tiene que buscar nuevas técnicas para suplir la demanda y las necesidades de la población, al respecto se ha pensado en otros elementos como el gas, para suplir esta demanda, por ello se ha llegado a la conclusión de que el problema energético que vive el país es por una diversidad de circunstancias adversas, pero que en este caso el gas (shale gas) se convierte para el Gobierno

Nacional y para los ciudadanos en una alternativa clara frente a los problemas de suministro de fuentes energéticas (Mateus, 2016).

De lo anterior se determina entonces que el país se encuentra en un estado en el cual resulta imprescindible buscar formas alternativas de suplir demanda de energía, y de elementos derivados del petróleo, los cuales se encuentran en peligro de producción debido a la escases de este hidrocarburo, por ello a la fecha se ha determinado que siguiendo por el camino de las energías fósiles, una posible solución a este problema es la implementación de nuevas tecnologías de exploración como lo es la fracturación hidráulica, así entonces se puede decir que la ejecución de esta práctica resultaría ser totalmente necesaria.

4.2.4 Conveniencia del Fracking:

Al hablar de que tan conveniente es la implementación del fracking en Colombia se tocan dos importantes factores, el primero es la conveniencia desde el punto económico y el segundo la conveniencia desde el punto medio ambiental; respecto al factor económico como se ha venido evaluando, el país tendría un gran incremento, pues se generaría una sostenibilidad energética, además lo más lógico es que al aumentar la exploración de yacimientos las regalías aumentarían, en relación con esto se ha dicho:

Estas operaciones incentivarán inversión extranjera directa en el país, una mayor producción de petróleo significa que el país tendrá más dinero para financiar las políticas sociales y el desarrollo en el territorio nacional, se generarán gran cantidad de empleos, lo que reducirá de manera considerable las tasas de desempleo (Pallares, 2018, p.4).

Ahora bien, respecto al segundo punto, la conveniencia medio ambiental se ha generado grandes polémicas en medios sociales, en noticias, a partir de entrevistas, así que después de generar algunos análisis respecto a la normatividad vigente, se han determinado que es posible que la implementación de esta práctica traiga consigo impactos ambientales, el problema surge cuando la regulación colombiana no es lo suficientemente eficaz para generar que se dé la implementación de esta de una forma controlada, al respecto ha habido diferentes declaraciones, como por ejemplo el ex contralor Edgardo Maya ha dicho dentro de sus entrevistas que el panorama ambiental aún es muy sombrío, por lo que al no tenerse certeza sobre aquellos posibles daños, Colombia no está aún preparada para la implementación de esta nueva técnica.

Dentro del marco de la conveniencia, la Contraloría dentro de su función de advertencia realizó dos pronunciamientos importantes:

El primero fue en el 2012 donde habla sobre los riesgos ambientales que pueden implicar la perforación de los yacimientos no convencionales sobre las aguas subterráneas habla sobre el deterioro de la calidad de las aguas es un riesgo que ha llevado a la prohibición o restricción de las actividades de explotación de hidrocarburos no convencionales alrededor del mundo, dentro de su análisis identifico que el fracturamiento hidráulico, como herramienta empleada para la explotación de los hidrocarburos no convencionales, conlleva un riesgo latente para el patrimonio ambiental, por los potenciales riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas lo que posteriormente se entendería como aguas de retorno y las posibles afectaciones por el desencadenamiento de sismos, por ello al respecto toca el tema del principio de precaución y la importancia de este y determina que la apuesta en Colombia de esta actividad falta a principios constitucionales como los de Prevención y Precaución y a los desarrollos filosóficos y jurídicos que constituyen los llamados derechos de tercera y cuarta generación, en particular en referencia al ambiente sano, la calidad de vida y a evitar las deudas y pasivos intergeneracionales a costa de los recursos del Estado (Contraloría general de la república, 2012).

Respecto al segundo pronunciamiento fue realizado en el 2014, allí establece que las medidas adoptadas en las resoluciones publicadas a la fecha no son insuficientes para la generación y uso de conocimiento geológico o ambiental del fracking, pues no reconoce el principio de precaución y no se toma como punto importante el impacto ambiental ni se regula que se debe hacer para que este se minimizado lo más posible, así determina en varios puntos las falencias que se tiene al respecto y determina entre ellos indica que el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible no ha determinado la normativa ambiental que defina el marco de la licencia ambiental específica en la fase de explotación de YHNC, pues cabe recordar que la licencia ambiental que se otorga es para la explotación de yacimientos y no se especifica entre convencionales o no convencionales, por lo tanto quien la adquiere tendrá la posibilidad de extraer cualquiera de los dos yacimiento, de lo anterior claramente se infiere que no se ha teniendo en cuenta las particularidades de este tipo de explotación en cuanto a riesgos ambientales, uso de recursos naturales, en especial del recurso agua, afectación a formaciones geológicas en el subsuelo por el fracturamiento secundario, contaminación de

aguas superficiales y subterráneas, generación y disposición final de residuos peligrosos en el proceso, generación de sismicidad y riesgos por reactivación de zonas tectónica activas, reinyección de aguas contaminadas o no tratadas en el subsuelo (Contraloría general de la república, 2014).

Por ultimo en este pronunciamiento se habla de la adjudicación de unos pozos, caso conocido como Ronda 2014, y además toca el tema de la pertinencia de la información usada para la realización de las resoluciones publicadas así determina que la información técnica que sirvió como soporte para la generación de la Resolución, se soportó fundamentalmente en conocimiento de condiciones geológicas y campos de producción de extracción de YHNC localizados en otros países, es decir no consideraron las condiciones del medio ambiente colombiano, por lo que no tiene sentido hablar de un impacto ambiental y de la minimización de este si no se estudia el componente geológico del lugar donde se llevara a cabo la perforación.

Se diría entonces que el debate legal se encuentra, tal vez, en la forma de aplicación de la norma y, sobre todo, en la toma de decisión al momento de pronunciarse sobre el otorgamiento o no de la licencia ambiental, pues este es el filtro claramente más importante pues es el que da paso a que se dé el desarrollo de los otros puntos que se han ido tratando en cada una de las resoluciones anteriormente citadas.

Ahora bien, como último dato adicional de gran importancia pensando en una visión hacia el futuro, se ha determinado que el Estado debe generar políticas publicas dentro del marco de aplicación de estas nuevas prácticas, por ello se ha dicho que cuando se formule dicha política pública se deberá tener en cuenta un ordenamiento que reconozca:

Una planificación ambiental que garantice la conservación del ambiente y una política de desarrollo rural para la viabilidad de la economía campesina, que implica el uso adecuado del suelo, el manejo organizado de la frontera agraria y la institucionalización (formalización) de la propiedad. La política pública pasa entonces por el reconocimiento de los derechos de los ciudadanos en los territorios afectados por el impacto de la explotación de los recursos naturales, en el marco de una política de desarrollo rural. (Sánchez, Triana & Robledo, 2016, p.82)

Conclusiones

Esta investigación ha permitido evidenciar tanto los principales riesgos que se pueden presentar en la implementación de la fracturación hidráulica “fracking” como las ventajas de esta, además se ha identificado la normatividad aplicable en Colombia, realizando una compilación de la normatividad principal expedida desde la constitución del 91 hasta la fecha, así entonces este análisis es realizado con el fin de que en el momento de la toma de la decisión de la implementación, la población se encuentre informada de los posibles efectos negativos que pueda tener esta práctica, esto debido a que se ha logrado evidenciar que si bien es cierto Colombia cuenta con una normatividad aplicable a este tipo de prácticas, el problema existente actualmente es la eficacia de esta normatividad dentro del sector medio ambiental, pues como se demostró a lo largo de esta investigación, el estado coyuntural de este tipo de perforación, se encuentra en los efectos que se pueden llegar a causar en el medio ambiente y en la salud de la población, como lo son la sismicidad, la contaminación de las aguas, el uso excesivo de estas, el daño en el aire, entre otros; por ello el primer punto de conclusión al que se llega es que la perforación hidráulica de yacimientos no convencionales es una actividad evidentemente contaminante, pero que a su vez se encuentra regulada, es decir, el Estado encontró una nueva forma de productividad económica y al darse cuenta de que efectivamente era contaminante analizo los pros y los contras por los cuales determino que a pesar de que era contaminante traería beneficios, como lo es la compensación, pues al expedirse una licencia ambiental se genera esta, es decir, se generan acciones que tienen como objeto resarcir a la biodiversidad por los impactos o efectos negativos que no puedan ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos y que conlleven pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas naturales, cabe anotar que esta nombrada compensación no se da en temas de daños medio ambientales producidos por la agricultura o la ganadería, así entonces el Estado decidió entonces expedir una regulación al respecto.

Posteriormente a este evento normativo surge la incógnita de si ¿podría el fracking ser una actividad controlada y sostenible ambientalmente?, así al respecto fue necesario realizar una valoración entre la necesidad, la conveniencia y la oportunidad de dicha práctica, así que producto de este análisis se evidencio el segundo el segundo punto concluyente al que se llega a partir de la presente investigación y es que se pudo determinar que el Fracking es necesario dentro del marco de una época de energías fósiles, pues de esta nueva alternativa depende la productividad económica del país, ya que como se dijo en reiteradas ocasiones el

país tiene las reservas de petróleo contadas para aproximadamente 5 años más, es decir, el tiempo es muy poco y la demanda cada día aumenta, así que la implementación de la fracturación hidráulica en YHNC se torna como la mejor alternativa a la crisis que está empezando, por ello es que surge en todo sentido la necesidad de su implementación, por otro lado en cuanto a la conveniencia de esta práctica se pudo determinar que dentro del factor económico claramente es demasiado conveniente, pero respecto al factor medio ambiental y de sostenibilidad, se llega a la conclusión que no resulta ser nada conveniente, pues a pesar de que existe una regulación, la efectividad de esta y la aplicación material aún se encuentra en entre dicho; como último factor se planteó la idea de que tan oportuno es la implementación del Fracking, así que una vez evaluados los dos aspectos anteriormente nombrados, se puede llegar a decir que dicha práctica es oportuna respecto a la economía y la demanda energética que vive el país, pero que aun así, no es oportuna su implementación en cuanto a las condiciones de protección efectivas sobre medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior el supuesto planteado sobre una actividad controlada y sostenible ambientalmente, es posible en la medida en que las regulaciones se fortalezcan en cuanto a su materialización, pues si algo se dejó en claro es que la normatividad si existe, pero el problema actual para la implementación de esta novedosa práctica es la materialización de la norma en el campo de protección medio ambiental y poblacional de cara a los posibles efectos nocivos que se han planteado.

Por todo lo anterior es importante decir que aun cuando se plantearon diferentes puntos de visita y se llegaron a varias conclusiones, es probable que el Estado Colombiano opte por la implementación de la misma, por lo que toda población estamos en la obligación de informarnos sobre la regulación actual, su aplicación y sobre los efectos de la implementación de esta nueva práctica.

Referencias Bibliográficas:

- Aguirre, E. (2016). *Fracking: una apuesta riesgosa para Colombia*, Semana sostenible, p.4. Recuperado de <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/fracking-una-apuesta-riesgosa-para-colombia/35505>
- Arnedo, E. & Yunes, K. C. (2016). *Extracción de gas y petróleo no convencional, y su impacto ambiental*. Universidad de San Buena Ventura. p.13. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14078/TESIS%20Tipos%20y%20caracter%20de%20tuber%20para%20elaboraci%20n%20de%20pozos%20petroleros.pdf?sequence=1>
- Bague, M.O (2014). *Tecnologías petroleras a utilizar en la exploración y producción de petróleo en aguas profundas*, redciencia. Recuperado de http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2001_Geomin_prospeccion_Petroleo.pdf
- Bonilla, B.C. (2015). *Identificación de los posibles impactos ambientales por el fracturamiento hidráulico (fracking)*, Universidad Militar Nueva Granda, pp.15-13
- Cabia, B. O, (2009). *Explotación del potencial de energía del oleaje en función del rango de trabajo de prototipos captadores*. Universidad de Cataluña, p.95.
- Cárdenas, J. C. (2018). *Responsabilidad internacional y protección ambiental: en tiempos de paz, en medio del conflicto armado y en etapas de posconflicto*, Universidad Católica de Colombia, pp. 93-281-309.
- Carmona, J.C (2005), *El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo*. Universidad de Antioquia, pp.50-51.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. [CONPES] (2008). *Documento 3517 - Lineamientos de política para la asignación de los derechos de exploración y explotación de gas metano en depósitos de carbón*, Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia, p.17.
- Contraloría General de la República. (2012). *Principio de Precaución y Desarrollo Sostenible, posibles riesgos -Informe de actuación especial 7 de septiembre de 2012, Seguimiento función de Bogotá*, Contraloría General de la República.

- Contraloría General de la República. (2014). *Principio de Precaución y Desarrollo Sostenible, posibles riesgos -Informe de actuación especial AT No. 31 Seguimiento función de Bogotá*. Contraloría General de la República.
- Constitución política de Colombia [Const.] (1991) Artículo 360-334. 2da Ed. Legis.
- Clavijo, S. (2018), *Fracking (no-convencional) vs. Petróleo convencional*. Anif, pp. 1- 2.
- Duarte, E. (2013). *Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I)*, planeta agropecuario, p.54.
- Esper, J. (2016). El Petróleo, *Universidad nacional mayor de San marcos*, p.5.
- Earthgonomic, (2016). *¿Cuánta agua se necesita para cultivar tus alimentos?*, Earthgonomic, parr.2-3. Recuperado de <http://earthgonomic.com/noticias/cuanta-agua-se-necesita-para-cultivar-tus-alimentos/>
- Ferro, J.R. (2014). La anunciada autosuficiencia energética de estados unidos y su cambio de intereses geoestratégicos: estudio de claves. Instituto español de estudios estratégicos, p.5.
- Fernández, H (2010). *Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional*. CCOO, pp.3 - 4.
- Gutiérrez, F.R. (2016). *Políticas públicas, impactos y resistencias al fracking en América latina*. Fundación Heinrich Böll Cono Sur, pp, 77-44.
- Guerrero, S. N (2016). *El derecho fundamental a un medio ambiente sano en el marco de la explotación de recursos naturales no renovables: un estudio del fracking*. Universidad Católica de Colombia.p.6. Recuperado de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13798/4/EI%20derecho%20fundamental%20a%20un%20medio%20ambiente%20sano%20en%20el%20marco%20de%20la%20explotaci%C3%B3n%20de%20recu.pdf>
- Gómez, H. K (2017). *Tipos y características de tuberías para elaboración de pozos petroleros*, Universidad nacional autónoma de México, p.34.
- Hauter, W. (2015). *Por que es urgente prohibir el fracking*. Food & Water Watch, p.15.
- Jordado, F. J. (2015). *El fracking en el estrado: recogiendo el guante verde arrojado por el tribunal constitucional a las comunidades autónomas, aragonesa*. p.15.

- Jimeno, C.L. (2002). *El petróleo, el recorrido de la energía*, Innova p.12.
- Monterrosa, H. (2018). *Las reglas que tiene la exploración offshore*. El Tiempo, p5. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/reglas-de-la-exploracion-offshore-155952>
- Mateus, A. C. (2016). *Crisis energética en Colombia*. Universidad distrital.
- Naranjo, D. P. (2016). *Técnicas, normativa y recomendaciones para la gestión ambiental de la aplicación de la Fractura Hidráulica (fracking) en Colombia*. Universidad Pontificia Javeriana, pp.13- 66.
- Pallares. P, A. (2018). *Fracking en Colombia: ¿Amenaza o beneficio?* Universidad del norte, p.4.
- Portero, J.G (2012). *El gas natural no convencional. El gas natural como energía puente entre el presente energético y el deseable futuro sostenible*. Conama2012, p.4
- Pulverai, L. (2014), *¿Es viable el Fracking en Colombia?*, Asuntos legales, p.4. Recuperado de <https://www.asuntoslegales.com.co/analisis/laura-pulverai-513481/es-viable-el-fracking-en-colombia-2201201>
- Sánchez, J. V (2017). *Crece temor por escasez de reservas petroleras*. El Espectador, p.4. Recuperado de <https://www.elespectador.com/economia/crece-temor-por-escasez-de-reservas-petroleras-articulo-719656>.
- Sánchez, U. E. Triana T.R & Robledo, C.A. (2016), *Explotación del carbón y desplazamiento. Tensiones entre derechos y procesos económicos*. Universidad Católica de Colombia, p.82.
- Schettino, M. Y (2012). *La combinación del fracking y la perforación direccional*, El Universal. p.6.
- Socarras, J. F. (2014). *Fractura Hidraulica (fracking) crisis capitalista y neoliberalismo energetico. Capitalismo en crisis*. Universidad de San Martin, p.6.
- Velásquez, S.A (2014). *Análisis de la perforación convencional con tubería de revestimiento Calsin Drilling y control anticorrosivo en la T.R Universidad nacional autónoma de Mexico*, p. 15.