

**ESTIMACIÓN DE LAS VARIABLES DE RIESGO Y MANEJO AMBIENTAL
INVOLUCRADAS EN LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE
FRACTURAMIENTO HIDRAULICO EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES**

MARIA ISABELA NUÑEZ MOLINARES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2016**

**ESTIMACIÓN DE LAS VARIABLES DE RIESGO Y MANEJO AMBIENTAL
INVOLUCRADAS EN LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE
FRACTURAMIENTO HIDRAULICO EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES**

MARIA ISABELA NUÑEZ MOLINARES

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
de petróleos**

Directora
KATHY MARGARITA DAZA BROCHERO
Magister en Gestión en la Industria de los Hidrocarburos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2016**

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por estar siempre conmigo y darme fuerzas para seguir adelante en esos momentos que sentí querer renunciar, por darme la mejor familia del mundo que los amo con todo mi corazón y que gracias a ellos pude hacer este sueño realidad, por apoyarme tanto emocionalmente como económicamente.

Por colocar a esas personas extras que llegan a ser parte de uno, que con sus palabras de ánimo y tiempo dedicado hacen que las cosas sean diferentes, más alegres, hablo de mis amigos de vida, Stephania, Diana, Ruben, Tavo y Fander. De mis amigos colegas que me aportaron lo mucho o poco que cada uno sabía, Marcela, Dayana, Carolina, Marilyn y Leder José y a esos amigos que fueron apareciendo en el transcurso de mi carrera Ana, Nico, Yineth, Astrid, Jordi y David. Y a esas personas que no nombre pero que también caminaron conmigo.

Solo queda decir, gracias por ayudarme y apoyarme en cada paso que he dado y por todos los momentos compartidos y por los que faltan. Gracias por tanto.

Isabela Núñez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la ingeniera KHATY MARGARITA DAZA BROCHERO por ayudarme a realizar este proyecto que con su paciencia, colaboración y profesionalismo lo hicimos posible.

Al ingeniero OSCAR VANEGAS que con su colaboración y conocimiento del tema, me facilitó información para la realización del proyecto.

Al ingeniero ANDRES CARVAJAL por guiarme y con sus conocimientos e investigación con respecto al tema me ayudó a desarrollar este proyecto.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER por brindarme la formación profesional.

A Dios, familia, amigos y a todas las personas que contribuyeron a la realización de este proyecto, ser ingeniera de petróleo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. CLASIFICACION DE YACIMIENTOS	18
1.1. YACIMIENTO CONVENCIONAL	18
1.2. YACIMIENTO NO CONVENCIONAL	18
2. FRATURAMIENTO HIDRAULICO.....	22
2.1. OBJETIVOS DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	24
2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO.....	24
2.3. FLUIDOS DE FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	27
3. RESERVAS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES	35
3.1. RESERVAS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN EL MUNDO.	35
3.2. RESERVAS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN COLOMBIA	36
3.2.1.Colombia y la explotación de Yacimientos No Convencionales.	41
4. MARCO REGULATORIO DEL FRACKING.....	43
4.1. NORMATIVIDAD DEL FRACKING EN DIFERENTES PARTES DEL MUNDO.....	43
4.2. NORMATIVIDAD DEL FRACKING EN COLOMBIA.....	45

5. FRACKING; UNA TÉCNICA QUE GENERA CONTROVERSIA EN EL MUNDO	49
5.1. PAISES QUE ESTAN A FAVOR Y EN CONTRA DEL FRACKING.....	49
5.1.1. PAISES QUE APOYAN EL USO DEL FRACKING:	49
5.1.2. PAISES QUE DICEN NO AL FRACKING	50
5.2. RIESGOS AMBIENTALES EN COLOMBIA	54
5.3. PROBLEMAS ASOCIADOS AL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO.....	55
5.3.1. Impactos ambientales en fuentes hídricas	55
5.3.2. Sismicidad inducida	59
5.3.3. Emisiones incontroladas de metano.....	62
5.3.4. Impactos sobre el aire y el clima.....	64
5.4. POR QUE HAY QUE DETENER EL FRACKING EN COLOMBIA.....	68
6 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	76
6.1 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS	77
6.2 METODOLOGIA.....	80
6.2.1 Construcción de locaciones.....	80
6.2.2 Etapa de perforación	80
6.2.3 Etapa del fracturamiento hidráulico	81
7 MEDIDAS PREVENTIVAS DE IMPACTOS EN EL DESARROLLO DE LA TÉCNICA DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	93

7.1	MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA CREACIÓN DE FRACTURA	93
7.2	MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO AL ESCAPE DEL GAS.....	93
7.3	MITIGACION DE IMPACTO ASOCIADO A LAS AGUAS SUBTERRANEAS	94
7.4	MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO A LA CALIDAD DEL AIRE	94
7.5	MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO A LA SISMICIDAD INDUCIDA	94
7.6	MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO A LA OCUPACIÓN DEL TERRENO Y TRANSPORTE DE MAQUINARIA.....	94
7.7	MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO AL CONSUMO DE AGUA.....	95
7.8	MITIGACIÓN DE IMPACTOS ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN DE QUIMICOS	95
8	CONCLUSIONES	96
9	RECOMENDACIONES	98
	BIBLIOGRAFIA	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones para la producción del shale gas.	20
Tabla 2. Comparación entre un pozo vertical convencional y un pozo horizontal en lutitas no convencional de gas.	27
Tabla 3. Compuestos químicos en el fluido fracturante y sus riesgos.	30
Tabla 4. Reservas estipuladas de petróleo en yacimientos no convencionales.	35
Tabla 5. Yacimientos de gas Shale en el Mundo.	36
Tabla 6. Cuencas sedimentarias en Colombia en cercanía a Parque Nacionales	38
Tabla 7. Normas del fracking en algunos países del mundo.	43
Tabla 8. Normas de yacimientos no convencionales en Colombia	46
Tabla 9. Prohibiciones y moratorias a las técnicas de explotación de gas de esquisto por fractura hidráulica en el mundo.	50
Tabla 10. Criterios propuestos por la empresa cuadrilla Resources-USA.	61
Tabla 11. Consecuencias ambientales en los Estados Unidos atribuidos al Fracking.	65
Tabla 12. Estimación del consumo de agua en diferentes lugares de shale en USA	72
Tabla 13. CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	79
Tabla 14. Riesgos en la etapa de construcción de locaciones.	82
Tabla 15. Riesgos en la etapa de perforación.	86
Tabla 16. Riesgos en la etapa de la estimulación hidráulica.	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de Yacimientos	19
Figura 2. Estimación de recursos recuperables de shale gas.	21
Figura 3. Realización de las fracturas.	23
Figura 4. Proceso del fracturamiento hidráulico.	26
Figura 5. Clasificación de fluidos fracturantes.	29
Figura 6. Áreas asignadas de Hidrocarburos No convencionales en Colombia.	42
Figura 8. Ciclo del agua en operaciones de Fracturamiento Hidráulico.	57
Figura 9. Balsa de evaporación y residuos de fluido de retorno.	58
Figura 10. Daños producidos en una residencia por un terremoto de magnitud 5.7, que afectó a Praga, Oklahoma en 2011.	62
Figura 11. Escape de metano.	63
Figura 12. Muestra de agua subterránea contaminada con alta concentración de metales pesados y metano en Montrose, Pensilvania.	71
Figura 13. Consumo de agua en formaciones de shale gas en EE.UU.	73
Figura 14. Terreno despejado para la perforación y fractura Hidráulica en Pensilvania, EE.UU.	74
Figura 15. Depósito de lodos residuales” en un sitio de perforación de gas de lutitas en Bakken, EE.UU.	75
Figura 16. Cantidad de volúmenes utilizados y generados en la extracción del shale gas.	91
Figura 17. Riesgos en la salud pública por compuestos químicos	92

GLOSARIO

CORROSIÓN: se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

EFFECTO INVERNADERO: es el fenómeno por el que determinados gases componentes de una atmosfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite al haber sido calentado por la radiación solar. El efecto invernadero se está acentuando en la tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido a la actividad económica humana.

ESPECIE ENDÉMICA: (también llamadas **especies microareales**), es aquella especie o taxón (puede ser un género por ejemplo) que está restringido a una ubicación geográfica muy concreta y fuera de esta ubicación no se encuentra en otra parte.

ESTRÉS HÍDRICO: cuando la demanda de agua es más importante que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

HEGEMONÍA MUNDIAL: se denomina el dominio del mundo por parte de una nación o de un conjunto de naciones. La hegemonía mundial atiende a factores de orden político, ideológico, religioso, económico, cultural y militar.

IMPACTO AMBIENTAL: es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base ambiental.

INHIBIDORES: compuesto que tiene por efecto frenar o impedir algunas reacciones químicas, como la oxidación, la corrosión, la polimerización, etc.

LLUVIAS COPIOSAS: grandes lluvias.

MANEJO AMBIENTAL: Es aquello con lo que podemos mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

MATERIA ORGÁNICA: es materia compuesta de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural.

ORIGEN BIOGENICO: es producido por la acción de un organismo vivo, o por un proceso biológico esencial para el mantenimiento de la vida.

POLIDUCTOS: redes de tubería, destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados. A diferencia del oleoducto que transporta solo petróleo crudo, el poliducto transporta variedad de combustibles procesados, como: keroseno, naftas, gas oil, etc.

RIESGO AMBIENTAL: la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana.

RIESGO ECOLÓGICO: es un efecto ecológico adverso para la integridad de ecosistemas naturales y los servicios que ellos proveen, como resultado de la exposición a estresantes relacionados con la actividad humana.

TPC: Trillones de terapies cúbicos

RESUMEN

TITULO: ESTIMACIÓN DE LAS VARIABLES DE RIESGO Y MANEJO AMBIENTAL INVOLUCRADAS EN LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES. *

AUTOR: MARÍA ISABELA NÚÑEZ MOLINARES **

PALABRAS CLAVES: FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO, EVALUACIÓN DE RIESGOS, MANEJO AMBIENTAL.

DESCRIPCIÓN:

El fracturamiento hidráulico es una técnica que se realiza con el fin de aumentar las reservas y la producción de hidrocarburos especialmente en los yacimientos no convencionales, satisfaciendo la demanda energética que cada país requiere. Colombia en los últimos años ha venido realizando estudios acerca de esta técnica para observar que tan viable puede ser en nuestro país, estipulando normas y leyes que ayudarán al proceso que se lleva a cabo en esta técnica.

El objetivo de este proyecto es estimar las variables que ocasionan riesgos en los proyectos de extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales por medio del fracturamiento hidráulico que han generado en ciertos casos impactos en el medio ambiente.

Para desarrollar este trabajo de investigación se recopiló la información necesaria para llevar a cabo este proyecto. En primer lugar se explicó el procedimiento general que conlleva la implementación del fracturamiento hidráulico y con base a cada etapa que se desarrolla en esta técnica se estipularon los riesgos que se pueden presentar en cada una de ellas. Adicionalmente, se mencionan casos de impactos al ambiente que han ocurrido en EE.UU, donde se dice que gran parte de sus resultados se debe al desarrollo del fracturamiento hidráulico en pozos cercanos a las viviendas. Finalmente, se presentan alternativas para mejorar los daños ocasionados y poder mitigar los impactos ambientales, generando así una protección a los recursos naturales.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Directora: Katty Margarita Daza Brochero.

ABSTRACT

TITLE: ESTIMATE OF RISK VARIABLE AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INVOLVED IN THE PLANNING AND EXECUTION OF PROJECTS HYDRAULIC FRACTURING IN UNCONVENTIONAL RESERVOIRS. *

AUTHORS: MARÍA ISABELA NÚÑEZ MOLINARES **

KEYWORDS: HYDRAULIC FRACTURING, EVALUATION RISK, ENVIRONMENTAL MANAGEMENT.

DESCRIPTION:

Hydraulic fracturing is a technique that helps increase reserves and production of unconventional reservoirs, satisfying energy demand that every country requires. Recently, Colombia has been conducting studies on this technique to observe how viable it can be in our country, stipulating rules and laws to assist the process that takes place in this technique.

The objective of this project is to estimate the variables whose cause risk causing extraction projects in unconventional hydrocarbon deposits through fracking arriving in some cases to impact the environment.

To carry out this project, the necessary information was collected. First, was explained the general procedure that involve the implementation of fracking and based on each stage that develops in this technique the risks that may occur in each of them. In addition, are mentioned cases of impacts to the environment that have occurred in various countries, especially the US, where it is stated that much of these results is due to the development of hydraulic fracturing in wells near the houses. Finally, alternatives are presented to improve the damage and to mitigate environmental impacts, thus creating a natural resources protection.

* Undergraduate project

** Physiochemical Engineerings Faculty. Petroleum Engineering School. Director: Katty Margarita Daza Brochero

INTRODUCCIÓN

El fracturamiento hidráulico es una técnica que estimula el yacimiento para poder extraer el hidrocarburo que se encuentra en la formación, esta técnica fue realizada por primera vez en el año 1947 en EE.UU. desde entonces se ha venido practicando en yacimientos convencionales, sin embargo, en las últimas décadas la producción ha disminuido y las reservas de los convencionales cada vez se agota más. Es por esto que se ha implementado la estimulación del fracturamiento hidráulico en los yacimientos no convencionales donde su permeabilidad es menor que en los convencionales, impidiendo que el hidrocarburo fluya hacia la superficie.

El fracturamiento hidráulico consiste en crear canales en la roca inyectando fluidos a altas presiones generando que el gas o el petróleo atrapado en la roca fluyan más fácilmente hacia el pozo y por ende a la superficie.

El tema del fracturamiento hidráulico o fracking actualmente ha generado polémica en la comunidad debido a los riesgos e impactos que han sucedido en lugares donde se ha implementado esta técnica, en especial en Estados Unidos, ocasionando daños en el agua, aire, suelo, fauna y flora y en la salud humana. Esto debido a unos sucesos que se presentan en los procesos que se llevan a cabo en la técnica.

A pesar de la experiencia que han tenido otros países, parece que Colombia hace caso omiso a lo sucedido, pues han adjudicado bloques para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales, lo cual causa discusiones entre los ambientalistas, la comunidad y las entidades interesadas en realizar esa técnica, se cree que aún no estamos preparados para llevar a cabo esos procedimientos y que falta complementar las normas que se han estipulado para esta clases de yacimientos.

Este documento tiene como objetivo explicar el procedimiento del fracturamiento hidráulico, dar a conocer cuáles son los riesgos y las causas que hacen que se presenten en el desarrollo del mismo, las normas que lo rigen y alternativas preventivas para minimizar los posibles riesgos que se pueden presentar.

1. CLASIFICACION DE YACIMIENTOS

1.1. YACIMIENTO CONVENCIONAL

Estas formaciones geológicamente se han generado en una roca madre, por lo general lutitas, son rocas sedimentarias ricas en materia orgánica que contienen poca porosidad y permeabilidad y han migrado a una roca almacén (arena, roca caliza o dolomita), éstas contienen una buena porosidad y una permeabilidad media. La extracción en esta clase de yacimiento es relativamente sencilla y muy rentable.

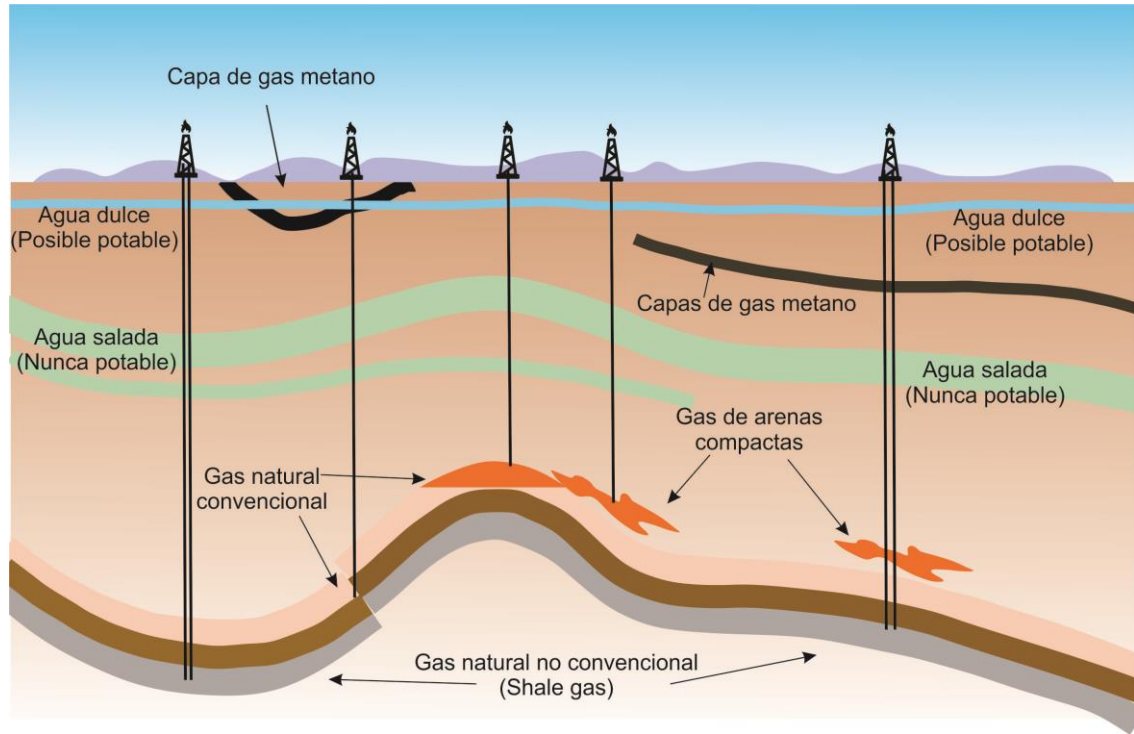
1.2. YACIMIENTO NO CONVENCIONAL

Son formaciones rocosas con poca porosidad y permeabilidad. Los hidrocarburos se encuentran almacenados en la roca madre en la que se generaron, es decir, la roca madre del sistema es también la roca almacén. Para poder explotar los hidrocarburos que se encuentran en este tipo de yacimiento se pueden utilizar diferentes tipos de técnicas como lo es inyección de polímeros o vapor, pozos horizontales y fracturamiento hidráulica, entre otras. Estas formaciones se hacen más complejas y costosas de explotar.

En esta clasificación se encuentran las arenas petrolíferas (oil sands o tarsands) que se encuentran por lo general en la superficie (hasta 75m de profundidad), bitumen que contiene una densidad muy pequeña, shale oil que son rocas sedimentarias llamadas lutitas que contienen petróleo, son muy compactas y laminadas, tight oil se encuentra en arenas compactas, shale gas o gas de esquisto; se encuentran en formaciones de esquisto que se caracterizan por una baja permeabilidad, tight gas son formaciones con menor permeabilidad que los shale gas, metano en capas de carbón (coal bed methane CBM), hidratos de gas que son moléculas de metano atrapadas en capas permanente de hielo formando estructuras cristalinas con las moléculas de agua; para este tipo de yacimiento no existe aún proyectos de recuperación¹. (**Figura 1**).

¹ AREVALO, Omar y SUAREZ, Paola. Estudio del impacto ambiental por fracturamiento hidráulico en Colombia. Trabajo de grado ingeniería de petróleo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2015.

Figura 1. Clasificación de Yacimientos



Fuente: Modificado de PÉREZ MILLÁN, Rodrigo. Optimización de los sistemas de perforación y terminación de pozos en yacimientos de shale gas. Trabajo de grado ingeniero de petróleos. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2015.

Como se ha descrito, los yacimientos no convencionales son un poco complejos a la hora de explotar y se requiere de ciertas características o parámetros para que sean comercialmente viables, como lo es el contenido de materia orgánica, la madurez de la roca, porosidad, permeabilidad y saturación de los fluidos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Condiciones para la producción del shale gas.

PARÁMETRO	VALOR MÍNIMO
Porosidad	>4%
Saturación de agua	<45%
Saturación de petróleo	<5%
Permeabilidad	>100 nanodarcies
Contenido orgánico total	>2%

Fuente: VESGA DUARTE, Jeniffer. Efectos ambientales del shale gas. Trabajo de grado Ingeniera de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2013.

En un yacimiento no convencional se deben perforar muchos más pozos y en menos espacios para recuperar un porcentaje de gas comparable al de una reserva convencional. Las explotaciones son más extensas, intensivas y abarca estratos de roca inmensos, ocupando más espacio territorial.

La explotación de los yacimientos no convencionales se inició en Estados Unidos en el campo Barnett Shale en Texas en el año 1990². Mejorando el potencial económico de la producción de gas asociado al shale. Se estima que la explotación de este tipo de yacimientos aumentara las reservas de los hidrocarburos en diferentes partes del mundo. Se han estimado recursos de gas de esquistos en trillones de pies cúbicos. (**Figura 2**).

² SUAREZ SIERRA, Fabián y MARÍN RUIZ, Andrés. Determinación de un fluido de fractura adecuado para trabajos de fracturamiento hidráulico en formaciones de shale gas (Valle Medio del Magdalena). Trabajo de grado Ingenieros de petróleo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2012.

Figura 2. Estimación de recursos recuperables de shale gas.



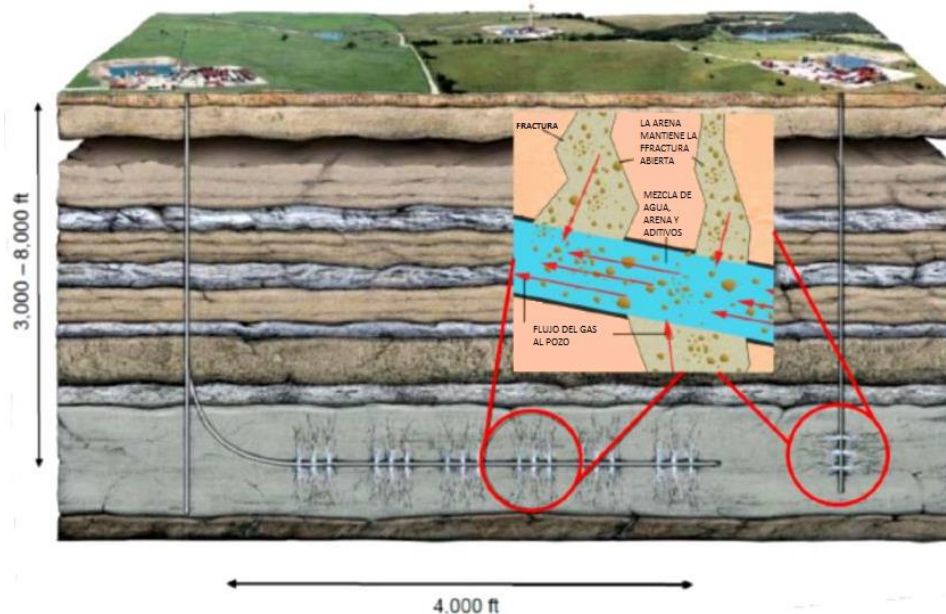
Fuente: Modificado de JODAR ABELLÁN, Antonio. Recursos no convencionales susceptibles de ser explotados mediante fracking. Trabajo fin de grado en ciencias ambientales. Murcia: Universidad de Murcia, Facultad de Biología, 2013-2014.

2. FRATURAMIENTO HIDRAULICO

Los proyectos de fracturamiento hidráulico por lo general se realizan en yacimientos donde sus propiedades, principalmente la permeabilidad, es muy baja y requiere de fisuras o canales que permitan que el fluido pueda viajar hacia el pozo y por ende a la superficie. Estos proyectos han tomado un auge significativo dentro de la industria en las últimas décadas, debido a la disminución de las reservas convencionales y al aumento de las no convencionales principalmente de gas. Éste es el caso de EE.UU donde han aumentado su producción por realizar esta técnica y también en otros lugares del mundo, como lo es, en ciertos países de Europa y América Latina.

La técnica del fracturamiento hidráulico o fracking, consiste en crear fracturas aplicando fluidos a altas presiones a la formación. El fluido está compuesto normalmente por agua, arena como apuntalante y productos químicos que se combinan para llevar a cabo este procedimiento (**Figura 3**), permitiendo abrir los poros de las rocas y que las fracturas permanezcan abiertas para que sea posible extraer el hidrocarburo que se encuentra en ella.

Figura 3. Realización de las fracturas.



Fuente: BORBÓN BONILLA, Carolina. Identificación de los posibles impactos ambientales por el fracturamiento hidráulico (fracking) de yacimientos no convencionales. Especialización en planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015.

Los tratamientos de fracturamiento consiste en dos etapas: la primera se conoce como etapa de colchón la cual no contiene apuntalante. El fluido se bombea a través de la tubería de revestimiento con una tasa y una presión suficiente para romper la formación y crear la fractura. La segunda etapa se conoce como lechada de apuntalante, la cual consiste en transporta el apuntalante a través de los disparos hacía la fractura para mantenerla abierta.

Los fluidos de fracturamiento deben ser suficientemente viscosos para crear y propagar una fractura y transportar el apuntalante hacía dicha fractura³. Después de terminar el tratamiento, la viscosidad debe ser reducida para eliminar en el menor tiempo posible los residuos del fluido de fractura.

³ D'HUTEAU, Emmanuel. Fracturamiento con canales de flujo abiertos: una vía rápida para la producción, oilfield review, Otoño 2011.

2.1. OBJETIVOS DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

El objetivo del fracturamiento hidráulico es aumentar la producción de hidrocarburos y reservas del mismo, en zonas donde no se encuentran tan viables de extraer, son más complejas y requieren de tecnologías avanzadas para poder implementar esa actividad. Los objetivos más importantes al realizar fracturamiento hidráulico se describen a continuación:

- Aumento del régimen de inyección
- Ascenso en el recobro final
- Mejor uso de la energía del yacimiento
- Corrección del daño a la formación

2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

Después de realizar las pruebas necesarias para verificar que el pozo resistirá las altas presiones que se requieren en el desarrollo de ésta técnica, se perfora verticalmente el pozo hasta llegar a la capa de interés y se continua con la perforación horizontal que es interrumpida las 24 horas del día durante meses, debido a que las distancias horizontales son largas y esto hace que el proceso se realice por etapas. Para darle estabilidad al pozo se instalan los tubos de revestimiento (casing) y se va cementando entre el espacio exterior del tubo y el espacio anular del pozo a medida que éstos se instalan. La cementación juega un papel importante en este proceso, ya que en el momento de realizar la fractura, el pozo es sometido a altas presiones y se pueden presentar daños.

El casing y el cemento ayudan a proteger los acuíferos de posibles contaminaciones como lo es, los lodos de perforación, el fluido de fractura, gas metano, metales pesados, partículas radioactivas u otras, o cualquiera de las sustancias presentes en la roca.⁴

⁴ AREVALO BALLEEN, Omar y SUAREZ ACEVEDO, Paola. Estudio del impacto ambiental por fracturamiento hidráulico en Colombia. Trabajo de grado Ingeniería de petróleo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2015.

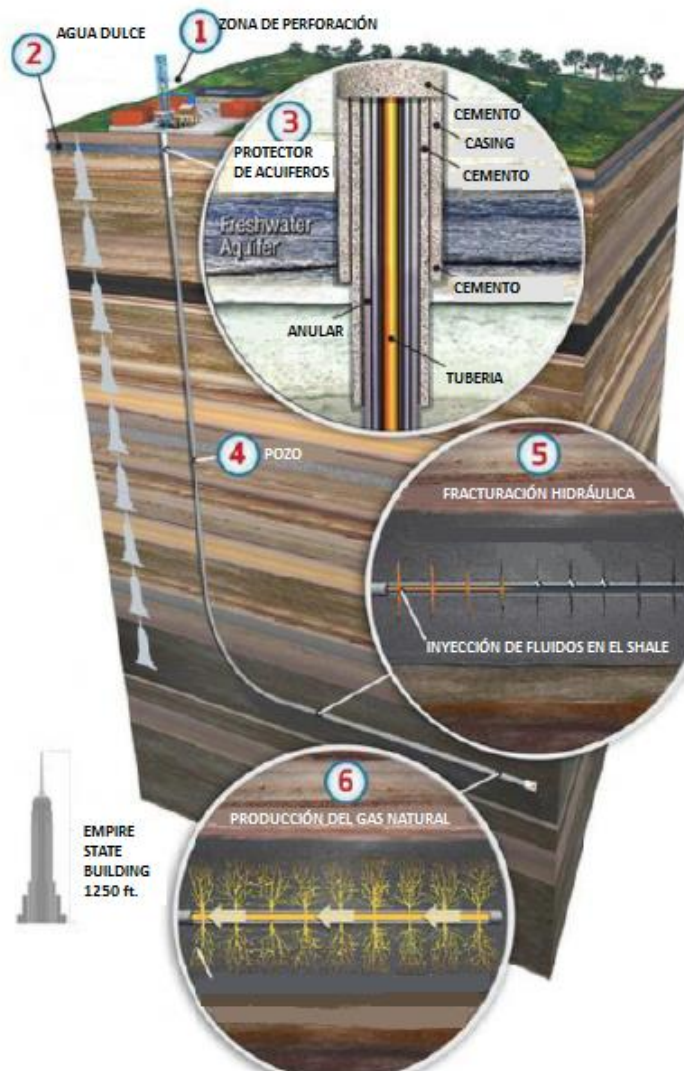
Una vez se realiza la perforación del pozo, en la zona productora se ejecutan disparos con una herramienta denominada cañón, que atraviesa el casing, el espacio anular y la formación donde se encuentra el hidrocarburo. Esto permite abrir canales en la capa productora y proporcionar que el hidrocarburo fluya al pozo y por ende a la superficie.

Realizando la perforación se lleva a cabo el fracturamiento hidráulico mediante la inyección de fluidos a altas presiones, donde se requiere de 2 a 7 millones de galones de agua por pozo para llevar a cabo este procedimiento, se dice que entre el 98-99% del fluido es agua, que entre el 1-1,9% es agente de apuntalamiento y que entre el 0,1-1% son productos químicos, que se requieren para obtener una distribución homogénea del agente de apuntalamiento, facilitar el retroceso del fluido, inhibir la corrosión, limpiar los orificios y tubos y como antioxidantes, biocida/bactericida.⁵

Una vez realizados los canales permeables, se retira el fluido que se utilizó para crear dichos canales, mezclado con los componentes que contiene la formación, éste fluido se conoce como flowback. Este procedimiento se lleva a cabo antes de iniciar la producción del hidrocarburo. En la fractura se queda el material que permite tener abiertos y vacíos los canales realizados, como lo es, el apuntalante e inhibidores de hinchamientos de arcilla, que se utilizan en el fracturamiento hidráulico. **Figura 4.**

⁵ VESGA DUARTE, Jeniffer. Efectos ambientales del shale gas. Trabajo de grado Ingeniera de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2013.

Figura 4. Proceso del fracturamiento hidráulico.



Fuente: Modificada de: Guía de criterios ambientales para la exploración y extracción de hidrocarburos contenidos en lutitas. SEMARNAT, secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2015.

La técnica del fracturamiento hidráulico, se ha puesto en práctica en yacimientos convencionales y no convencionales. Como se ha mencionado son rocas con propiedades diferentes, lo que implica que ciertos parámetros (tabla 2) cambiarán en el proceso, dependiendo del tipo de yacimiento en el que se está implementando, una de ellas, es la cantidad de agua requerida en el proceso del fracturamiento hidráulico.

Tabla 2. Comparación entre un pozo vertical convencional y un pozo horizontal en lutitas no convencional de gas.

CONVENCIONAL	NO CONVENCIONAL
Profundidad – 1200 m.	Profundidad – 2500m vertical – 800m horizontal.
Tiempo de ejecución – 75 días.	Tiempo de ejecución – 150 días.
Costo del pozo - \$1.3 millones de dólares (1 fracturamiento).	Costo del pozo - \$4 millones de dólares (3 fracturamientos).
Ingreso por venta del gas: 6 MMpcd x \$4 dólares millar= \$24,000 Usd/día.	Ingreso por venta del gas: 12 MMpcd x \$4 dólares millar = \$48,000 Usd/día.
Consumo de agua – 2500 m ³ para limpieza y lubricación en la estimulación.	Consumo de agua – 25000 m ³ para fracturamiento hidráulico y apuntalamiento del yacimiento.

Fuente: VALDES, Victor M. Fracturamiento hidráulico en yacimientos de lutitas. Mexico: Grupo Visión Prospectiva Mexico 2030, 2014.

los pozos horizontales tiene ventajas con respecto a un pozo vertical, debido a que estos se pueden extender hasta más de 6000 pies de largo y con un área de drenaje de 4000 veces mayor que un pozo vertical, permitiendo así disminuir el área, removiendo menos vegetación. La reducción de numero de pozos de producción en un campo disminuye la necesidad de personal en el área, tráfico de camiones, ruido, entre otros.

2.3. FLUIDOS DE FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

Como se ha descrito, el fluido de fractura tiene como principales funciones abrir la fractura y transportar el agente de apuntalamiento que mantendrá abierta los canales realizados. La eficiencia del tratamiento depende de las características del fluido.

El fluido de fractura se clasifica teniendo en cuenta el fluido base y la consistencia que éste debe tener, (**Figura 6**). Debido al bajo costo, alto rendimiento y la facilidad de manejo, el fluido más utilizado en el fracturamiento hidráulico es el fluido base agua. El fluido base requiere que se le agreguen ciertos aditivos (**Tabla 3**) que son necesarios para llevar acabo el procedimiento de esta técnica, creando

la fractura y manteniéndola abierta. Esas sustancias químicas ayudan a controlar la pérdida de fluidos, minimizar el daño a la formación, ajustar el PH, tener un control de bacterias o manejar la estabilidad con la temperatura.

Las características que el fluido debe cumplir para optimizar el costo-beneficio de la técnica del fracturamiento hidráulico son las siguientes:⁶

- Compatibilidad con el material de la formación
- Compatibilidad con los fluidos de la formación
- Capacidad de suspender y transportar el material soportante.
- suficiente viscoso para crear la fractura.
- Capaz de desarrollar el ancho de la fractura necesaria para poder aceptar el material soportante.
- Eficiente, es decir tener bajas pérdidas de fluido en la formación.
- Poder removerlo fácilmente de la formación.
- Lograr que las pérdidas de presión por fricción sean las más bajas posibles.
- Preparación del fluido en el campo, fácil y sencilla.
- Ser estable para que pueda retener su viscosidad durante el tratamiento
- Costos bajos.

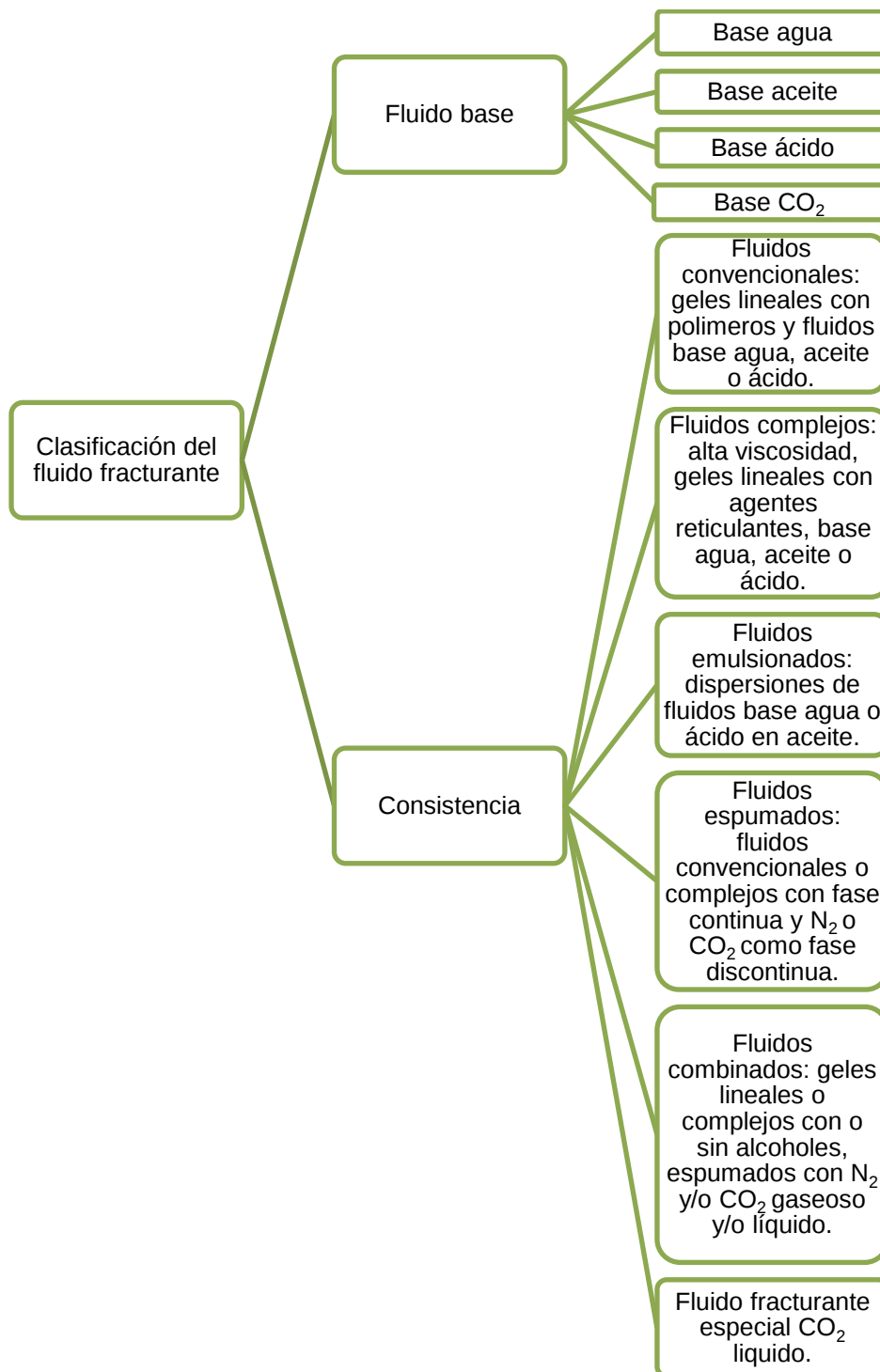
Para mantener abierta la fractura creada y poder extraer el hidrocarburo en la zona de interés es necesario utilizar cierto material que permitirá obtener esa característica primordial en el desarrollo del fracking.

Existen dos mecanismos para alcanzar esa función. El primer mecanismo y el más conocido, son partículas sólidas que también se reconocen como agentes sustentantes o apuntalantes, como lo son las arenas naturales. El segundo mecanismo es la disolución heterogénea de las paredes de la fractura con ácido quedando irregularmente juntas al cierre de la misma⁷. Éste tipo de mecanismo se utiliza más en formaciones de carbonatos.

⁶ PAZMIÑO URQUIZO, Jorge. Fundamentos de la teoría del fracturamiento hidráulico. 2004.

⁷ COMISIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS. La Tecnología de Exploración y Producción en México y en el Mundo: situación Actual y Retos, Documento Técnico 2. Gobierno federal SENER, 2011.

Figura 5. Clasificación de fluidos fracturantes.



Fuente: Modificado de: COMISIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS. La Tecnología de Exploración y Producción en México y en el Mundo: situación Actual y Retos, Documento Técnico 2. Gobierno federal SENER, 2011.

Tabla 3. Compuestos químicos en el fluido fracturante y sus riesgos.

TIPO DE SUSTANCIA	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN	RIESGOS
Goma Guar	Viscosificante (polímero)	0% - 0,25%	Consumir grandes cantidades puede ocasionar obstrucciones gastrointestinales, fluctuaciones de glucosa y cáncer de colon.
Hidroxipropil guar (HPG) con Oxido de propileno	Viscosificante (polímero)	0% - 0,25%	Es inflamable, alto rango de explosividad, en cientos ppm produce dolor de cabeza, mareos, sopor, nauseas, molestia en el pecho y tos. Por encima de 1000 ppm, causa irritación y edema de las vías respiratorias y perdidas del conocimiento.
Boratos como Ulexita	Activadores de viscosidad	0,0% - 0,001%	Si es ingerido o inhalado, causa irritación en los ojos
Ácido bórico o Etibor	Gelificante	0,0% - 0,001%	Si es ingerido puede causar vómito, diarrea y erupción cutánea roja.
Aluminato de sodio	Ajuste de PH en el fluido (agua menos corrosiva)	0,04% - 0,08%	Si es ingerido causa dolor abdominal, sensación de quemazón, si es inhalado provoca tos y dificultad respiratoria y en caso de contacto con la piel produce sensación de quemazón y enrojecimiento.

Tabla 3. Continuación.

TIPO DE SUSTANCIA	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN	RIESGOS
Zirconio	Viscosificar el fluido base para convertirlo en un gel complejo	0,001%	Sus sales son consideradas de baja toxicidad, sin embargo, se pueden presentar alergia en algunas personas y efectos inflamatorios.
Enzimas	Quebradores, reducen la viscosidad del sistema fluido-apuntalante	0,0% - 0,0005%	Puede producir asma, rinitis, ronchas y gripe por inhalación o contacto.
Persulfatos de amonio	Quebradores, rompen las cadenas poliméricas	0,0% - 0,0005%	Por inhalación puede presentar edema pulmonar, dolor de garganta, disminución de la respiración, tos y estornudos. Por contacto con la piel y lo ojos puede causar quemaduras, irritación y dolor. Por ingesta puede producir dolor abdominal, nausea y vómito.
Persulfato de potasio	Quebradores, rompen las cadenas poliméricas	0,0% - 0,0005%	Riesgo de incendio y explosión, por inhalación presenta tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta. Contacto con la piel y con los ojos produce enrojecimiento y dolor y por ingesta produce náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea.

Tabla 3. Continuación.

TIPO DE SUSTANCIA	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN	RIESGOS
Persulfato de sodio	Quebradores, rompen las cadenas poliméricas	0,0% - 0,0005%	Exposición por inhalación: tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta. Contacto con la piel y con los ojos produce enrojecimiento y dolor y por ingesta produce náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea.
Harina Sílica	Control de pérdida de filtrado. Agente de sostén	4% - 6%	Puede presentar silicosis con tos, dolor de pecho y fiebre.
Resinas	Control de pérdida de filtrado, agente de sostén	0,0% - 0,002% (no se usa siempre)	Riesgo por inhalación puede presentarse como asma bronquial, alergias respiratorias, irritación de ojos y mucosas, rinitis y conjuntivitis.
Glutaraldehidos	Control bacteriano	0,01%	Irritación de la garganta y los pulmones, asma, dificultad para respirar, conjuntivitis, sarpullido, náuseas, dolor de cabeza.
Hipoclorito de sodio	Acondicionamiento del agua, control microbiano	0,01% - 0,02%	Enrojecimiento y ardor en los ojos , dolor torácico, tos, náuseas, dolor en la boca o garganta, dolor abdominal, vómitos, delirio y coma.
Tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃)	Estabilidad al fluido	0,0% - 0,001%	Irritación de tracto respiratorio, provoca irritación de la piel, de los ojos, vómito, diarrea, dolor estomacal, daño en los riñones, afectación del sistema nervioso y puede causar irritación gastrointestinal.

Tabla 3. Continuación.

TIPO DE SUSTANCIA	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN	RIESGOS
Surfactantes	Reduce las tensiones superficiales e interfaciales.	0,02%	Irritación de la piel y ojos, alteraciones cutáneas y rinitis
Hidróxido de sodio (soda cáustica)	Controladores de PH	0,04% - 0,08%	Por inhalación; presenta tos, dolor de garganta, sensación de quemazón. Contacto con piel y ojos presenta enrojecimiento, dolor, quemaduras, visión borrosa. Por ingesta; dolor abdominal, quemaduras en la boca y garganta, sensación de quemazón en el pecho, náuseas
Acetato de sódio o bicarbonato de sódio	Controladores de PH	0,0% - 0,006%	Por inhalación; tos, dolor de garganta, dificultad para respirar y dolor torácico. Contacto con la piel y ojos enrojecimiento y dolor. Por ingestión; dolor abdominal, náuseas y vómito.
Ácido clorhídrico (ácido muriático)	Disolver carbonatos, bajar el PH	0,33%	Por inhalación; irritación de fosas nasales, garganta, rinitis, tos, dificultad al respirar y dolor torácico. Por contacto; quemaduras en piel y ojos, dolor, conjuntivitis, visión borrosa. Por ingestión; quemaduras en boca, garganta, esófago y estómago, dolor torácico y dificultad al comer, náuseas, dolor abdominal y diarrea, puede causar perforación en el tubo digestivo y posible fallecimiento.

Tabla3. Continuación.

TIPO DE SUSTANCIA	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN	RIESGOS
Cloruro de potasio	Estabilizadores de arcilla	0,0% - 0,91%	Por inhalación; irritación de las membranas mucosas. Contacto con la piel y ojos produce irritación. Por ingestión; dolor de estómago, náuseas, vómito, diarrea, pulso bajo y disturbios circulatorios, calambres, temblor en manos y pies.
Tetrametil cloruro de amonio	Estabilizadores de arcilla	0,0% -0,91%	Por inhalación; tos, dolor de cabeza, dolor de garganta. Por contacto con piel y ojos; enrojecimiento, dolor, visión borrosa. Por ingestión; dolor abdominal, vértigo, náuseas, dolor de garganta, vómitos.

Fuente: Modificado de: LÓPEZ ANADÓN, Ernesto. El abecé de los hidrocarburos en reservorios no convencionales. 3ª ed. Ciudad autónoma de Buenos Aires: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2014.

3. RESERVAS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

3.1. RESERVAS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN EL MUNDO

Ante la explotación de yacimientos convencionales se ha presentado una disminución en sus reservas de cada país, debido a esto, los yacimientos no convencionales se han mostrado muy atractivos para suplir esta demanda en las últimas décadas, en su mayoría, extraídas por medio del fracturamiento hidráulico. Las reservas mundiales conocidas a día de hoy ascienden a unos 2.980 miles de billones de barriles. En la **Tabla 4** y en la **Tabla 5** se observan las reservas de yacimientos no convencionales de algunos países:

Tabla 4. Reservas estipuladas de petróleo en yacimientos no convencionales.

Países	Reservas (1)
China	565,65
EE.UU	378,90
Argentina	348,30
Mexico	306,45
Sudafrica	218,25
Australia	178,20
Canadá	174,60
Libia	130,50
Argelia	103,95
Brasil	101,70
(1) En miles de billones de barriles	

Fuente: CASTEJÓN, Francisco. El fracking en el mundo. La energía y la política exterior de EE. UU. 2014. Disponible en:

<http://www.pensamientocritico.org/fracas0614.htm>.

Se observa que china es el país que cuenta con más reservas en los YNC que en un futuro podrían explotarse por medio del fracturamiento hidráulico.

Tabla 5. Yacimientos de gas Shale en el Mundo.

País	Reservas (bcf)	Profundidad (metros)	Espesor (metros)
Argentina (Cuenca Neuquen)	583	2000 - 2500	150 - 250
China (Cuenca Sichuan)	287	3000 - 4000	75 - 125
Australia (Cuenca Cooper)	93 mmcf	1800 - 3000	100
Polonia (Cuenca Baltic)	105	2400 - 3800	130
Rusia (Cuenca del Oeste de Siberia)	285	2500 - 4100	85
Reino Unido (Cuenca Bowland)	26 a 130	2500	120
México (Cuenca Burgos)	343	2000 - 3500	65
Sudáfrica (Cuenca Karoo)	390	2500	120
Arabia Saudita (Cuenca South Ghawar)	600		

Fuente: Accenture. Las 10 cuencas de gas shale en el mundo. [En línea] 23 Agosto 2014. Disponible en: <http://independencia-energetica.org/2014/07/las-10-cuencas-de-gas-shale-en-el-mundo/>

Con la anterior tabla se puede evidenciar que en América latina solo dos países cuentan un gran potencial de reservas en yacimientos no convencionales, como lo es argentina donde su demanda interna de gas a permitido que la explotación de estos yacimientos sea viables y México también un gran productor de crudo en yacimientos convencionales ve en este tipo de yacimiento una gran posibilidad de mantener su desarrollo industrial y seguir los pasos de su país vecino Estados Unidos de América. Las profundidades donde se encuentran estos yacimientos están por lo general entre los 1700 metros y 3500 metros y su espesor está en promedio aproximadamente de 100 metros.

3.2. RESERVAS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN COLOMBIA

En Colombia según la Agencia de Energía de Estados Unidos, presenta un gran potencial en Yacimientos de Hidrocarburos No Convencionales (YHNC) con una reserva de 55 tpc, confirmado por la Asociación Colombiana de Petróleo, la cual

considera que la explotación de este recurso es la oportunidad de incrementar las reservas y producción del país, autoabastecerse energéticamente a la Nación, consolidar su perfil Exportador de Hidrocarburos y lo más importante aumentar los recursos por cuenta de la renta petrolera. Además, se estima que la explotación de los yacimientos No convencionales permitirá generar empleos directos e indirectos en las regiones donde se llevara a cabo dichos proyectos, permitiendo así un desarrollo económico para la región en general.

En el año 2012 la agencia nacional de hidrocarburos ANH adjudico los bloques con potencial de yacimientos No convencionales donde las compañías operadoras en estas zonas podrían aplicar su extracción. Los bloque adjudicados de la ANH para explotar yacimientos no convencionales se encuentran en cuencas sedimentarias que por lo general cuentan con ecosistemas de alta sensibilidad ambiental llevando la actividad de exploración y producción a desarrollar la necesidad de preservar el entorno natural. Por lo anterior, la sensibilidad ambiental en cada una de las cuencas sedimentarias incluye⁸.

- Parques nacionales y regionales, áreas naturales, bosques, comunidades indígenas, santuarios y zonas privadas para la conservación.
- Recursos acuíferos (humedales, pantanos, reservorios de agua y lagos, ríos y sus principales afluentes).
- Biodiversidad de flora y fauna.
- Áreas de acción de ONGs e instituciones gubernamentales focalizadas en el mantenimiento de la biodiversidad.

Con respecto a lo anterior se puede concluir que la exploración y producción de yacimientos No convencionales en las distintas cuencas sedimentarias pondrían en riesgo muchas zonas de reserva natural, transformándolas y desequilibrando los ecosistemas de las regiones protegidas.

En 2014 la ANH adjudico nuevos bloques en su ronda, adjudicando 25 contratos, de los cuales 24, son de tipo costa afuera y continental para la prospectiva de

⁸ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (upme). Escenarios de Oferta y Demanda de Hidrocarburos en Colombia. Bogotá D.C: Ministerio de Minas y Energía, 2012.

yacimientos convencionales y un contrato de tipo continental con prospección de yacimiento No convencional posiblemente aplicando la técnica del fracking. **(Tabla 6).**

Tabla 6. Cuencas sedimentarias en Colombia en cercanía a Parque Nacionales

NOMBRE DEL BLOQUE/ contrato	Cuenca Sedimentaria	Departamento	Municipio	Presencia de Parques Nacionales por Departamentos
CAT-3	Catatumbo	Norte de Santander	Bocholema, Chinacota, Cucuta, Durania, El Zulia, Gramalote, Herran, los patios, Pamplonita, Ragonvalia, Salazar, San Cayetano, Santiago, Sardineta y Villa del rosario.	PNN Catatumbo Bari
COR-62	Valle Superior del Magdalena	Tolima	Cunday, Villarica, Purificacion, Melgar, Iconozco, Carmen de Apicala, Dolores y Prado.	PNN Las Hermosas PNN del Huila.
VMM-3	Valle Medio del Magdalena	Cesar Santander	Aguachica, San Martin, San Alberto, Puerto Wilches	PNN serranía de los Yariquies. SSF Guanenta.

Tabla 6. Continuación.

NOMBRE DEL BLOQUE/ contrato	Cuenca Sedimentaria	Departamento	Municipio	Presencia de Parques Nacionales por Departamentos
VMM-5	Valle Medio del Magdalena	Antioquia Santander	Puerto Berrio - Yondo, Barrancabermeja, Cimitarra, Puerto Parra.	PNN Katios PNN Paramillo PMM Orquideas PNN Serranía de los Yariguies SFF Guamenta.
VMM-9	Valle Medio del Magdalena	Santander	Cimarra	PNN serranía de los Yariguies. SSF Guanenta.
VMM-16	Valle Medio del Magdalena	Antioquia Boyacá Caldas Cundinamarca Tolima	Sanson, Puerto Bayaca Norcasia, Victoria, La Dorada, Puerto Salgar, Mariquita, Lerida, Honda, Armero y Falan.	PNN Katios . PNN Paramillos. PNN Orquídeas. PNN Pisba. SFF de Iguape. PNN Chingaza, PNN Sumapaz. PNN las Hermosas, PNN Nevado del Huila.
VMM-29	Valle Medio del Magdalena	Cundinamarca Tolima	Agua de Dios, Anapoima, Anolaima, Apulo, Arbelaez, Beltran, Cachipay, Fusagasuga, Guataqui, Jeruzalen, La Mesa, Nilo, Puli, Quipile, san Juan de Rioseco, Tibucuy,	PNN Chingaza. PNN Sumapaz. PNN Las Hermosas. PNN Nevado del Huila.

Tabla 6. Continuación.

NOMBRE DEL BLOQUE/ contrato	Cuenca Sedimentaria	Departamento	Municipio	Presencia de Parques Nacionales por Departamentos
VMM-29	Valle Medio del Magdalena	Cundinamarca Tolima	Tocaima y Viota. Alvarado, Ambalema, Armero, Coello, Icononzo, Lerida, Melgar Piedra y Venadillo.	PNN Chingaza. PNN Sumapaz. PNN Las Hermosas. PNN Nevado del Huila.

Fuente. BORBÓN BONILLA, Carolina. Identificación de los posibles impactos ambientales por el fracturamiento hidráulico (fracking) de yacimientos no convencionales. Especialización en planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015.

La planeación de todo proyecto se debe evaluar y diseñar los riesgos que este puede acarrear, con el propósito de tomar una decisión que no afecte los ecosistemas, teniendo en cuenta las prioridades, determinar objetivos y niveles de referencia, ponderar riesgos, costos y beneficios, pero también es importante reconocer que las alteraciones ambientales pueden causar otros efectos adversos además de las percusiones en la salud Humana, incluyendo:

- Daño Ecológico.
- Impactos en el bienestar / aspecto de la calidad Humana.

Otro concepto a tener en cuenta en una evaluación de riesgo ecológico, es el marco analítico, ya que su enfoque es mi similar al evaluar el riesgo para la salud humana.

- Identificar el peligro.
- Analizar la respuesta potencial como resultado de las alteraciones ambientales.

- Evaluar la exposición a las consecuencias de las alteraciones ambientales.
- Caracterizar los riesgos.

Sin embargo, la evaluación de riesgo ecológico difiere de las evoluciones en la salud humana debido a:

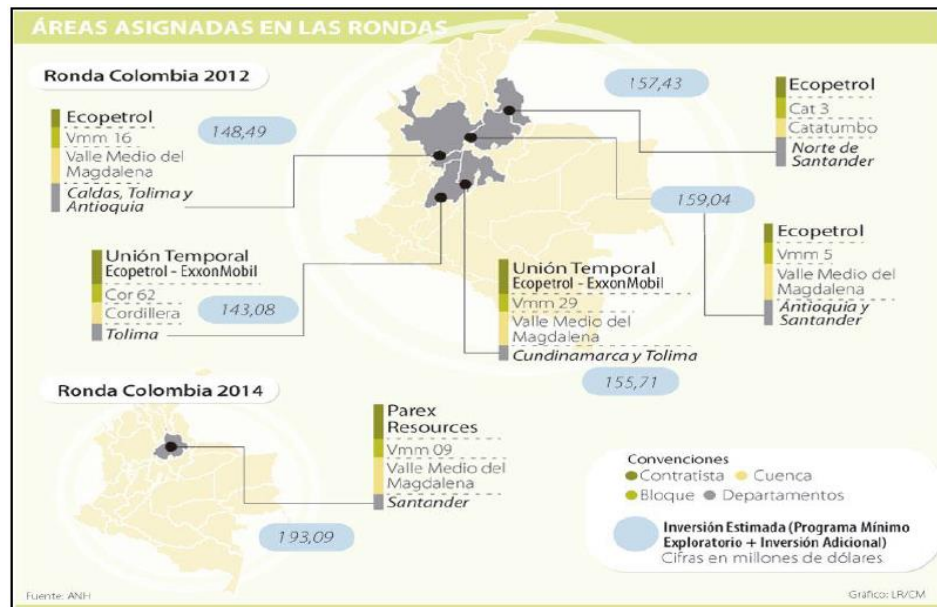
- Efectos en múltiples especies.
- Valores ambientales importantes.
- La importancia que tienen tanto las alteraciones físicas y Químicas.

Este tipo de evaluaciones se deben realizar en proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos en Colombia y más si están cerca de zonas de reserva ya que nos puede acarrear grandes consecuencias, no solo para los ecosistemas alrededor sino provocar una afectación general en nuestro entorno.

3.2.1. Colombia y la explotación de Yacimientos No Convencionales. La Economía Nacional durante los dos últimos dos años se ha visto perjudicada por los bajos precios mundiales del petróleo, ya que esta industria era uno de los motores que empujaba el desarrollo industrial y representaba en gran porcentaje en las exportaciones del país, esto conllevó a que años atrás los organismos encargados en este tema buscaran la manera encontrar herramientas que lograsen incrementar la producción de crudo como también aumentar las reservas, las cuales en la actualidad solo se cuenta para los siguientes 5 años; es por tal razón que se estructuro una normativa, que permitirían la explotación de yacimientos no convencionales, dicha normativa estipula los requerimientos técnicos y procedimentales para la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales en el territorio nacional; por parte del ministerio de minas y energía el 27 de marzo de 2014 con la resolución 90341 estipula las reglas de juego, con el propósito que se garantice la sostenibilidad de la actividad industrial. La práctica de explotación de estos yacimientos se realiza con una técnica controvertida llamada fracturamiento Hidráulico o Fracking, que consiste en usar grandes cantidades de agua para fracturar la roca impermeable y así poder extraer tanto el petróleo como el gas atrapado, pero a nivel mundial esta práctica ha sido muy cuestionada por los posibles impactos ambientales que pueden ocasionar, dejando un debate público en la sociedad sobre el uso de este recurso, por su

forma de extracción. Las autoridades nacionales encargadas han adjudicado lugares en el país donde se podría aplicar la explotación de no convencionales (**figura 8**) pues existe la gran probabilidad de que se encuentren grandes reservas de petróleo y gas, y así poder aumentar las reservas.

Figura 6. Áreas asignadas de Hidrocarburos No convencionales en Colombia.



Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos.

4. MARCO REGULATORIO DEL FRACKING

El desarrollo de la exploración y explotación de los yacimientos no convencionales por medio de la estimulación hidráulica o Fracking, está regida por unas leyes, decretos o resoluciones que regulan los procesos que se llevan a cabo para obtener buenos resultados y así mismo, evitar daños y mitigarlos si éstos llegaran a suceder.

4.1. NORMATIVIDAD DEL FRACKING EN DIFERENTES PARTES DEL MUNDO

Países como Argentina, Francia, la Unión Europea y Estados Unidos han creado normas y vinculado a las existentes algunos artículos que regulen los procedimientos del fracking. Las normas más destacadas en estos países se mencionan en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Normas del fracking en algunos países del mundo.

PAIS	FECHA	TIPO DE DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
Argentina (provincia de Neuquen)	13/08/2012	Decreto 1483	Normas y procedimientos para exploración y explotación de reservorios No Convencionales.
Francia	01/06/2011	Ley 835	Prohíbe la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos líquidos o gaseosos mediante la técnica de fractura hidráulica.

Tabla 7. Continuación.

PAIS	FECHA	TIPO DE DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
España	07/10/1998	Ley 34	Medidas tributarias y no tributarias en relación con la exploración, investigación y explotación de yacimientos y de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos.
	09/12/2013	Ley 21	Establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible.
	02/10/2009	Real Decreto 1514	Se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y deterioro.
	21/01/2011	Real Decreto 60	Calidad ambiental de las aguas superficiales.
	28/01/2011	Real Decreto 102	Calidad del aire para diversos contaminantes y la evaluación de las concentraciones.

Tabla 7. Continuación.

PAIS	FECHA	TIPO DE DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
EE.UU	1987	Ley de agua limpia (CWA)	Protege la calidad del agua, e incluye la regulación de los límites de contaminación en el agua producida durante la producción de crudo y gas.
	1974	Ley de agua potable segura (SDWA, Safe Drinking Water Act)	Protege la salud pública garantizando el suministro de agua potable de la nación, preservando los ríos, lagos, reservorios, manantiales y aguas subterráneas de la contaminación.
	1990	Ley de contaminación por hidrocarburos (OPA)	Control de prevención de derrames y contramedidas.
	1970	Ley del Aire Limpio (CAA, Clean Air Act)	Regula la calidad del aire, establece normas nacionales sobre las emisiones de contaminantes.

Fuente: FERNADEZ DE LA HOZ. Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional. Madrid: Confederación Sindical de Comisiones obreras (CCOO) secretaría de medio ambiente, 2012.

4.2. NORMATIVIDAD DEL FRACKING EN COLOMBIA

El gobierno nacional ha establecido un marco regulador para poder explorar y explotar las reservas de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, con lo cual busca incrementar las reservas de petróleo del país y satisfacer la demanda que existe en esta clase de recurso. Las normas que regulan los yacimientos no convencionales están descritas en la **Tabla 8**.

En Colombia las empresas interesadas en la industria de los hidrocarburos, en las últimas décadas han realizado estudios donde posiblemente se puede

implementar el fracking para poder extraer el hidrocarburo que se encuentra en esos yacimientos, debido a que las reservas del país han disminuido y se dice que aproximadamente en unos 5 a 6 años la producción declinará en un porcentaje elevado, esto ha generado buscar métodos que puedan suplir esta crisis que se avecina y una de ellas ha sido la técnica de estimulación de la cual se ha venido hablando. Ésta ha sido implementada en muchos países obteniendo grandes producciones, sin embargo, esto también ha causado polémica en la sociedad, ya que éstos procedimientos, traen riesgos y consecuencias nocivas para la comunidad que pueden afectar los derechos fundamentales de los humanos, como lo es, la vida, la salud, un ambiente sano y aprovechamiento de recursos naturales.

Con base a los casos que se han presentado en otros países y en especial en los Estados Unidos, se teme que en nuestro país pueda suceder algo similar, lo cual, para poder implementar esta técnica se necesitan más estudios y asegurarnos de que no causara daños en nuestro ecosistema.

Tabla 8. Normas de yacimientos no convencionales en Colombia

FECHA	TIPO DE DOCUMENTO	ENTIDAD DE ORIGEN	DESCRIPCIÓN
04/05/2012	Acuerdo No. 4	ANH	Por el cual se establecen criterios de administración y asignación de áreas para la explotación de los hidrocarburos propiedad de la Nación: se expide el reglamento de contratación correspondiente, y se fijan reglas para la gestión y seguimiento de los respectivos contratos.
16/05/2012	Resolución 180742	MME	Por la cual se establecen los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

Tabla 8. Continuación.

FECHA	TIPO DE DOCUMENTO	ENTIDAD DE ORIGEN	DESCRIPCIÓN
04/05/2012	Acuerdo No. 4	ANH	Por el cual se establecen criterios de administración y asignación de áreas para la explotación de los hidrocarburos propiedad de la Nación: se expide el reglamento de contratación correspondiente, y se fijan reglas para la gestión y seguimiento de los respectivos contratos.
16/05/2012	Resolución 180742	MME	Por la cual se establecen los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
07/09/2012	Oficio 2012EE0060	CGR	Función de advertencia. Principio de precaución y desarrollo sostenibles, posibles riesgos de hidrocarburos no convencionales.
26/12/2013	Decreto 3004	MME	Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
20/03/2014	Resolución No. 0421	MADS	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones.

Tabla 8. Continuación.

FECHA	TIPO DE DOCUMENTO	ENTIDAD DE ORIGEN	DESCRIPCIÓN
26/03/2014	Acuerdo No. 3	ANH	Por el cual se adiciona el Acuerdo No. 4 de 2012, con el objeto de incorporar al Reglamento de contratación para Exploración y Explotación de Hidrocarburos parámetros y normas aplicables al desarrollo de Yacimientos No Convencionales, y se dictan disposiciones complementarias.
27/03/2014	Resolución No. 90341	MME	Por la cual se deroga la Resolución No. 180742 de mayo de 2012 y se establecen los requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
02/05/2014	Resolución No. 390	ANH	Por la cual se modifica la Resolución No. 187 del 19 de febrero de 2014, de asignación de bloques a la ronda 2014.

Fuente: Informe de actuación especial, AT N° 31 seguimiento función de advertencia. Principio de Precaución y Desarrollo Sostenible, posibles riesgos Hidrocarburos No Convencionales. Contraloría General de la Republica, 2014

5. FRACKING; UNA TÉCNICA QUE GENERA CONTROVERSIA EN EL MUNDO

5.1. PAISES QUE ESTAN A FAVOR Y EN CONTRA DEL FRACKING

En el mundo la necesidad energética cada día es mayor, con la industria apurada de energía y con necesidad de crecer, han provocado que países exportadores de crudo busque la manera de aumentar su producción, utilizando técnicas tan controvertidas como el fracturamiento hidráulico o fracking. Es tal el impacto de esta práctica que en algunos países, la sociedad cuestiona su uso por las posibles consecuencias que ésta arroja al medio ambiente, como lo es, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, el uso de grandes cantidades de agua para realizar las fracturas, la contaminación del aire y el efecto en la salud humana. Provocando que en algunos países del mundo la comunidad salga a las calles a decir NO al Fracking. Este tema no es ajeno en nuestro país donde la necesidad de reactivar nuestra economía y aumentar las reservas, han visto en los yacimientos No convencionales la forma de hacer esta tarea; es por eso que en este capítulo hablaremos de países que han apoyado el uso del fracking y otros lo desaprueban.

5.1.1. PAISES QUE APOYAN EL USO DEL FRACKING: Países con grandes necesidades de consumo de Energía en todo el planeta buscan la manera de satisfacer sus economías crecientes apoyadas por el desarrollo industrial, las cuales consumen toneladas de materia no renovable, en algunos casos abusando de ellas. Los Estados Unidos, durante muchos años ha buscado la manera de aumentar sus reservas y así poder satisfacer su industria; con la explotación de los yacimientos no convencionales a logrando reducir el uso del carbón a cambio del gas natural disminuyendo las emisiones de gas efecto invernadero. En la última década ha permitido que la producción de petróleo pasara de 5 millones de barriles diarios (bpd) a 9,2 millones bpd. La producción de gas también aumento, paso de 51 mil millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) en 2005 a 77,9 mmpcd a finales del 2014⁹.

⁹ Por qué el fracking salvó a la economía estadounidense y puede salvar la nuestra. *INDEPENDENCIA ENERGÉTICA*, 2015.

El gas va en camino de superar al carbón en la industria estadounidense, en el 2000 el carbón alimentaba el 52% de la capacidad energética de los EE.UU, frente a solo el 12% del gas natural, pero hoy en día las cosas cambiaron un poco ya que el gas natural representa el 30% de la generación eléctrica con relación al 37% del carbón. Como lo dice la compañía “IHS Research” al fracking “el milagro que saco a los Estados Unidos de América de la gran Recesión con la creación de 1,7 millones de empleos”; es por esto que este país incentiva el uso de esta técnica ya que para la economía es saludable ser autosuficiente y no depender de gobiernos extranjeros.

En conclusión, los estos unidos de América va hacia el camino de la autosuficiencia. Esto convierte al fracking en una técnica con importancia estratégica para los países que pueden acceder a él. Es más que previsible que China explote sus propios recursos de gas de esquisto en un futuro próximo, sobre todo en esta carrera sorda que mantiene con EE. UU. Hacia la hegemonía mundial.

5.1.2. PAISES QUE DICEN NO AL FRACKING: Con el transcurso del tiempo y por los movimientos sociales en los Estados unidos, principalmente en contra de esta técnica de extracción, algunos países han tomado la decisión de restringir o en algunos casos prohibir el uso del fracking hasta que no se compruebe que esta técnica no afecta el medio ambiente y la salud humana. En la **tabla 9** se registra los países que decidieron decir NO al fracking.

Tabla 9. Prohibiciones y moratorias a las técnicas de explotación de gas de esquisto por fractura hidráulica en el mundo.

PAÍS	FECHA	RECURSO
FRANCIA	EL 30 DDE JUNIO DE 2011	La Asamblea Nacional Francesa votó prohibir el "fracking". El ex presidente Nicolás Sarkozy declaró que la medida se mantendría "hasta que existan pruebas definitivas que la explotación del 'shale' no daña al medio ambiente o 'masacra' los

Tabla 9. Continuación.

PAÍS	FECHA	RECURSO
		Paisajes." El gobierno de François Hollande ratificó esa decisión
BULGARIA	ENERO DE 2012	Haciéndose eco de grandes protestas callejeras. A causa de ello rescindió un contrato que había firmado con la multinacional norteamericana Chevron. La Asamblea Nacional prohibió inclusive actividades de prueba y exploración, no sólo la explotación del 'shale'.
ALEMANIA	8 DE MAYO DE 2012	Berlín decidió detener todos los proyectos que utilizaban el 'fracking' hasta que pudiera constatarse, más allá de todas dudas, que este método de extracción no comprometía la seguridad de las poblaciones y del medio ambiente.
REINO UNIDO		el gobierno rechazó la tecnología del 'fracking' como una estrategia adecuada para resolver la crisis energética de Gran Bretaña. Entre otras razones se tuvo en cuenta que los daños ambientales que iría a producir esa tecnología superaban ampliamente los eventuales beneficios que podrían reflejarse en una disminución del precio de los hidrocarburos.

Tabla 9. Continuación.

PAÍS	FECHA	RECURSO
REPUBLICA CHECA	3 DE SEPTIEMBRE DE 2012	El gobierno propuso una moratoria temporaria sobre la explotación del gas "shale" hasta que se establezca la naturaleza de su impacto ambiental.
ESPAÑA	OCTUBRE DE 2012	Las comunidades autónomas de Cantabria y La Rioja, en 2012 y 2013, respectivamente, prohibieron la fractura hidráulica en su territorio. Valle de Mena (Burgos) se ha declarado como municipio libre de fractura hidráulica. Fuerteventura se ha opuesto a la decisión del gobierno central de explotar gas de esquisto en el mar.
SUIZA		El Cantón de Friburgo prohibió la utilización del "fracking" en todo el territorio cantonal.
CANADA	17 de marzo de 2011	En la provincia de Quebec el Ministro de Recursos Naturales anunció que no se autorizarían operaciones de fractura hidráulica en la búsqueda de petróleo o gas.
ESTADOS UNIDOS	17 de mayo de 2012	En Estados Unidos, donde la fractura hidráulica ha sido utilizada de manera extensiva, se han producido numerosos conflictos socio ambientales desencadenados por los impactos asociados a esta actividad. Diversos estados y ciudades han prohibido la

Tabla 9. Continuación.

PAÍS	FECHA	RECURSO
		fractura hidráulica. Tal es el caso del estado de Vermont en 2012. Ese mismo año, el estado de Nueva Jersey prohibió el depósito de residuos procedentes de la extracción de gas de esquisto en su territorio. Otros estados y ciudades han declarado moratorias para la fractura hidráulica. Tal es el caso del estado de Nueva York.
IRLANDA DEL NORTE	7 DE DICIEMBRE DE 2011	Asamblea de Irlanda del Norte ha votado a favor de una suspensión de las "fracking", un método de extracción de gas natural de esquisto, en espera de una evaluación ambiental. El Ministro todavía no ha promulgado la moratoria.
IRLANDA	En 2013	El gobierno estableció una moratoria informal de dos años sobre la explotación del gas de esquisto.
ITALIA		Dos proyectos de explotación de gas de esquisto fueron paralizados, uno mediante la protesta social y un segundo por el propio gobierno.

Fuente: ALIANZA MEXICANA CONTRA EL FRACKING. Principales problemas identificados con la explotación de gas de esquisto por fractura hidráulica en México. Disponible en: <http://nofrackingmexico.org/documento-base/>

En conclusión, algunos países en búsqueda de ser autos sostenibles energéticamente han visto en los yacimientos No convencionales la alternativa de poder cumplir con este propósito a pesar que su técnica de extracción es tan controvertida a nivel mundial por activistas ambientales que le imputan al fracking daños ambientales irreversibles, transformando la vida no solo de los ecosistemas sino también la humana, pero las compañías ven allí la respuesta para lograrlo, en algunos casos sin tener en cuenta los riesgos que traen al medio ambiente implementando ésta técnica.

5.2. RIESGOS AMBIENTALES EN COLOMBIA

Los recursos energéticos por lo general están ubicados en áreas sensibles, ecosistemas de alta diversidad biológica, con presencia de especies endémicas o con algún estatus de protección. No es la excepción en Colombia, este país por ubicarse en la zona ecuatorial del planeta y contar con diferentes paisajes, su diversidad es igual, el cambio de clima, la forma de su superficie hace que en cada rincón del territorio este presente un ecosistema con diversidad de vida en un equilibrio natural que con cualquier alteración se pondría en riesgo, uno de los ecosistemas más importante son los páramos, ubicados a 3000 o 4000 metros sobre el nivel del mar, su tarea es retener y regular el agua, se cuenta con 34 paramos los cuales representan el 1,6% del territorio, de las cuales el 63,2% se encuentran por fuera de las zonas de reserva o parques nacionales, además, el 72% de este territorio está en manos de propietarios privados y el restante un 28% está en manos estatales¹⁰, algo que preocupa ya que los dueños pueden disponer de estos lugares para la economía agrícola o ganadera, incluyendo la tala de árboles para su comercialización o para el cultivo ilícitos. Otro ecosistema, son los bosques tropicales, se localizan entre 0 y 1000 metros sobre el nivel del mar, que se caracterizan por soportar largos veranos. A pesar de ser países desolados son el habitan de más de 2600 especies de plantas, al menos 230 especies de aves y 60 especies de mamíferos, pero con el transcurso del tiempo con la intervención del ser humano ha hecho que en nuestro país de tener 9 millones de hectáreas solo contemos en la actualidad con un 8%. Estos son algunos casos de nuestros ecosistemas que se pondrían en riesgo por la explotación de los yacimientos no convencionales, Para ser económicamente rentable la extracción de shale gas/oil requiere la perforación de múltiples pozos en grandes extensiones, probablemente en áreas sensibles, representando así importantes impactos como la

¹⁰ BETANCUR ALARCÓN, Laura. Uno de cada cuatro ecosistemas en Colombia está en peligro crítico. Los bosques de las regiones andina y caribe, los más afectados por la expansión agrícola. El tiempo, 2015.

fragmentación del hábitat que amenaza la sobrevivencia de especies de fauna silvestre. Bajo esta premisa, la protección del medioambiente y la producción de hidrocarburos son incompatibles, sin embargo, el desafío es hacerlos compatibles.

Algunos de los impactos ambientales que trae consigo la explotación de yacimientos no convencionales son:

- Fragmentación y pérdida de hábitats (cambio de paisaje).
- Riesgos para la vida silvestre.
- Consumo intenso de agua para fracturación hidráulica (fracking).
- Riesgos de contaminación de suelo, subsuelo y agua superficial como subterránea por el uso de aditivos para el fracking.
- existen riesgos de contaminación por: Fallas en la operación, manejo inadecuado de materiales (aditivos) y residuos, accidentes durante el transporte de los aditivos.
- Riesgos de contaminación del suelo, subsuelo y aguas superficiales o subterráneas por derrames, filtraciones o escurrimientos del flowback almacenado en estanques.
- Emisiones contaminantes a la atmósfera (Metano, compuestos orgánicos volátiles (COV), polvos y partículas finas (PM 2,5), Humo del diésel.

Estos impactos se deben presentar lo menos posible, por ello se debe diseñar una línea base ambiental para establecer límites de estos eventos, con el propósito de no alterar al máximo el estado original del lugar.

5.3. PROBLEMAS ASOCIADOS AL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

5.3.1. Impactos ambientales en fuentes hídricas: El impacto se define como cualquier cambio en la calidad o cantidad de agua potable, como por ejemplo un vertimiento de fluido utilizado en procesos de fracturamiento hidráulico impactaría los recursos de agua potable. El agua es el componente principal para un proyecto de fracturamiento hidráulico. Representa aproximadamente un 90% del volumen

de líquido inyectado en un pozo y cada fracturamiento requiere miles de millones de galones de agua.¹¹

La adquisición de los recursos Hídricos entonces se vuelve un aspecto importante para los trabajos de fracturamiento. En la **figura 9** se observa la adquisición de agua para luego ser mezclada con los químicos que se requieren para ser inyectada al pozo, también se observa el tratamiento y eliminación de aguas residuales haciendo un control de inyección subterránea, tratamiento y reúso de aguas y finalmente una disposición. El agua que será ocupada para la operación de fracturamiento puede provenir de diversas fuentes que incluyen las siguientes:

- Agua Superficial
- Agua subterránea
- Suministro de agua municipal
- Agua tratada.

El problema, es que para la industria del petróleo en la explotación de yacimientos No convencionales el uso de este recurso es bastante alto, alterando los caudales de las fuentes hídricas y escaseando el agua tan vital para la actividad humana.

¹¹ Gestión sostenible del agua (gidahatari). Evaluación de posibles impactos por fracturación hidráulica “fracking” en los recursos hídricos, 2015.

Figura 7. Ciclo del agua en operaciones de Fracturamiento Hidráulico.



Fuente. Gestión sostenible del agua (gidahatari). Evaluación de posibles impactos por fracturación hidráulica “fracking” en los recursos hídricos, 2015.

5.3.1.1. Aguas superficiales: Las aguas superficiales incluyen los ríos, arroyos, lagos, lagunas, estanques y en general cuerpo de agua que se encuentran en la superficie del suelo. Para poder aprovechar el agua superficial de un área se debe hacer diversas consideraciones las cuales incluyen¹²:

- Volúmenes de agua requeridas y disponibles
- Afectaciones al abastecimiento público o para otras necesidades.
- Impacto Ambiental.
- Temporadas de sequía.
- Gobiernos estatales o municipales, dependencias del gobierno y normas a cumplir.

La contaminación de estas fuentes de agua superficiales se puede dar por el desbordamiento de las balsas de almacenamiento del fluido de retorno (**figura 10**) por lluvias copiosas o tormentas y por mal cálculo de la cantidad de fluido de

¹² Paris de Ferrer, M. Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. Maracaibo; Venezuela, Astro Data S.A. 2009.

retorno. También por ruptura de válvulas o mangueras de conexión, por juntas defectuosas o mal apretadas y por accidentes de camiones cisterna¹³.

Figura 8. Balsa de evaporación y residuos de fluido de retorno.



Fuente: BURGOS. ASAMBLEA CONTRA LA FRACTURA HIDRÁULICA. La extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica permisos en Burgos, 2011.

5.3.1.2. Aguas subterráneas: Este recurso puede ser difícil de extraer debido a las restricciones de algunos organismos de control, ya sean nacionales como regionales, ya que se trata de agua dulce, que en algunas partes del mundo, como lo es en EE.UU, son utilizadas para el abastecimiento de la población.

Pero el impacto mayor con relación a la contaminación de este recurso es la invasión de gas metano, que llega a los acuíferos provocando varios incidentes en pozos de agua potable que han sido denunciados por particulares en distintas partes de los Estados Unidos de América, provocando así, que el agua que se encuentra en dichos pozos no pueda ser ingerida. Estos casos se han presentado en su mayoría por el mal procedimiento que se ha llevado a cabo en la etapa de completamiento, principalmente en la cementación del pozo, ya sea, por la

¹³ BURGOS. ASAMBLEA CONTRA LA FRACTURA HIDRÁULICA. La extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica permisos en Burgos, 2011.

sobrepresión que se genera en el momento de crear la fractura presentando inestabilidad en el cemento, alguna zona no cementada, micro espacios anulares entre el casing y el cemento o entre el cemento y la formación.

Un estudio realizado por investigadores de la Duke University de Durham, Carolina del norte, analizaron la cantidad de metano en una muestra de 68 pozos de agua dulce en los estados de Pensilvania y New York. También comprobaron si el metano presente en el agua era de origen biogénico o termógeno, para saber si la fuente de contaminación era natural o producto de la explotación del gas. Sus conclusiones, publicadas en mayo de 2011, revelaron que el 85% de los pozos analizados contenían metano, el cual era de origen termógeno, de lo cual se deduce que provenía de la explotación de gas no convencional, mientras en los pozos más alejados y con menor concentración el metano era de origen biogénico.¹⁴

Ray Kemble un habitante de Dimock Pensilvania, cuenta como antes de que realizaran fracturación hidráulica cerca de su domicilio el agua era potable, pero unos años después de realizar dicha técnica encontró por medio de unos estudios realizados por el departamento de protección ambiental de Estados Unidos, que el agua que estaba consumiendo tenía componentes como uranio 235 y 236, tres tipos de torios y un elemento que no fue identificado, estroncio, magnesio, sulfitos, sílice, manganeso, litio y altos niveles de plomo.¹⁵

5.3.2. Sismicidad inducida: Se dice que la técnica utilizada para la extracción de petróleo en yacimientos No Convencionales pueden causar movimientos en las placas tectónicas, provocando así, sismos de diferentes magnitudes producto de la inyección de mezclas presurizada. Son microsismos provocados por la propia fracturación de la roca, inducidos por la energía liberada por los sucesivos eventos de apertura de la fractura, que son rutinarios y que la geofísica se vale de ellos para determinar la geometría y extensión de la fractura. Siendo su magnitud local (ML) o de Richter de -1.5 ML e imposibles de ser apreciados a no ser por los geófonos próximos.

¹⁴ BURGOS. ASAMBLEA CONTRA LA FRACTURA HIDRÁULICA. La extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica permisos en Burgos, 2011.

¹⁵ ACTUALIDAD.RT.COM (ed). Documental 'Fracking': Agrietando EE.UU. (Parte 1). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=kmf8p7QQoUI>

La Sociedad Sismológica de América, realizó un estudio sobre los “mini sismos”¹⁶ que se produjeron en Carthage, al este de Texas, con motivo de las cinco perforaciones de fractura y perforación para extracción de hidrocarburos en yacimientos No Convencionales. El daño se propago en dos perforaciones adyacentes entre la arena y las capas más próximas a la superficie del Valle Alto de Algodón.

Medidas de mitigación y control de sismos:

- Evaluación geológica preliminar: Procediendo a monitorizar el área antes, durante y después de la fracturación hidráulica. Evitar la inyección en zonas con fallas activas. Será necesaria la identificación de las mismas con métodos geofísicos.
- Toma de medidas correctoras: La toma de decisiones durante las operaciones de fracturamiento varían en función de la magnitud del sismo (**Tabla 11**).

¹⁶ Rutledge, J. T., W. S. Phillips, and M. J. Mayerhofer. "Faulting induced by forced fluid injection and fluid flow forced by faulting: An interpretation of hydraulic-fracture microseismicity, Carthage Cotton Valley gas field, Texas." Bulletin of the Seismological Society of America 94.5 (2004): 1817-1830.

Tabla 10. Criterios propuestos por la empresa cuadrilla Resources-USA.

MAGNITUDES (Escala Richter)	DECISIONES
Menores de 0	Operaciones habituales. Sin cambios
Entre 0 y 1.7	Se continúa monitorizando después de la inyección, al menos durante 2 días, hasta que el número de sismicidad baje a 1 episodio por día.
Mayor 1.7	Se paraliza la inyección

Fuente. Cámara y pendas.

En el año 2011, un terremoto de magnitud 5.7, afectó a Praga, Oklahoma, dejando lesiones a dos personas y la destrucción de 14 casas¹⁶.

Un estudio realizado en el 2013 sugirió que grandes terremotos lejos de Estados Unidos, puede desencadenar otros en este país. Lo que quiere decir que las inyecciones de fluido parecen estar llevando las fallas a umbrales casi críticos y las ondas sísmicas que se producen de los terremotos, pueden desencadenar el movimiento de estas fallas. Como consecuencias de esto, se pueden incrementar el problema de pozos con fugas por fallas en la cementación o en el casing.¹⁷

¹⁷ TOBÓN DE GARZA, Gloria. FOOD & WATER WATCH. Por qué es urgente prohibir el fracking, 2015.

Figura 9. Daños producidos en una residencia por un terremoto de magnitud 5.7, que afectó a Praga, Oklahoma en 2011.



Fuente: Food & water watch. Por qué es urgente prohibir el fracking.

5.3.3. Emisiones incontroladas de metano: Las emisiones incontroladas de metano a la atmósfera es otro de los riesgos potenciales y aunque no supone un problema para la salud pública, el gas metano tiene un potente efecto invernadero. De un modo similar a la contaminación de acuíferos por los fluidos de fractura, el metano también puede ser un agente contaminante, aunque no venenoso (Cámara y Pendás, 2013).

En la **figura 12**, se observa como en un tanque de almacenamiento se escapa el gas metano, esto con ayuda de una cámara infrarroja que permite evidenciar el escape.

Figura 10. Escape de metano.



Fuente: BURGOS. ASAMBLEA CONTRA LA FRACTURA HIDRÁULICA. La extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica permisos en Burgos, 2011.

La fuga de metano teóricamente puede ser:

- En las operaciones en superficie:
 - En los períodos iniciales de la apertura del pozo, posteriores a la fracturación, durante la operación de limpieza de los fluidos de retorno, cuando la mezcla de fluido de fracturación y gas no se suele pasar por el separador de pruebas.
 - Durante el tratamiento del gas en la planta de proceso o en las estaciones de compresión.

- En las operaciones de subsuelo:
 - Debido a la migración a la atmósfera causada, supuestamente, por una fracturación incontrolada, y que permitiera fluir al gas a través de todo el macizo rocoso supra yacente hasta la superficie.
 - Debido a la infiltración de metano en los acuíferos causada por deficiencias en el pozo.

5.3.4. Impactos sobre el aire y el clima: Además de la contaminación del agua y la tierra en cada uno de los pasos de la explotación de yacimientos no convencionales se liberan grandes cantidades de componentes orgánicos volátiles, estos tipo de elementos reaccionan originando Ozono al mezclarse con los óxidos de nitrógeno producido por los motores diésel que se utilizan en la inyección, presurización, bombeo, transporte, etc. Como se conoce, el Ozono estratosférico nos protege de la radiación solar, pero el Ozono en las capas superficiales es dañino para la salud humana, formando nubes de contaminación llamadas esmog. La exposición continua provoca asma, como enfermedades pulmonares, tales como enfisema y bronquitis crónica, a la vez no solo es dañino para los humanos, sino, para algunas plantas como coníferas, álamos y cultivos de forraje.

Un caso particular del impacto de la explotación del shale gas en la calidad del aire es en la ciudad de FORT WORTH, en el estado de Texas, con casi 750.000 habitantes. Varios estudios de muestras de aire realizados por agencias públicas y privadas han confirmado que las instalaciones de explotación del shale gas en Fort Worth están emitiendo concentraciones de contaminantes que exceden los niveles de seguridad. En el 2008 un estudio de la southern methodist university concluyo que las actividades de extracción del shale gas generaban más esmog que todos los coches, camiones y aviones de la región de Dallas-Fort worth, un área metropolitana de más de 6 millones de habitantes¹⁸.

¹⁸BURGOS. ASAMBLEA CONTRA LA FRACTURA HIDRÁULICA. La extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica permisos en Burgos, 2011.

Tabla 11. Consecuencias ambientales en los Estados Unidos atribuidos al Fracking.

PAÍS/ESTADO	FECHA	TITULO	ACONTECIMIENTOS	FUENTES
CALIFORNIA	12 de Octubre 2014	Fuga de agua contaminada por 'fracking' afecta a acuíferos de agua potable	En California, que padece una de las peores sequías de su historia, las industrias que explotan gas a través de la técnica del 'fracking' han contaminado acuíferos de agua potable dejando escapar cerca de 10.000 millones de litros de agua tóxica.	https://actualidad.rt.com/actualidad/view/143172-california-agua-potable-contaminada-fracking
Ohio	30 de octubre de 2014	'Fracking' monstruoso: EE.UU., al borde de "terremotos gravísimos que traerían grandes dramas"	En el estado de Ohio, donde el 'fracking' se realiza en amplios territorios, científicos hicieron una medición de la actividad sísmica entre el 1 de octubre y el 13 de diciembre del año 2013. Apenas 75 días en los que registraron unos 400 pequeños terremotos, 5 sismos al día en Oklahoma, la comparación hace más evidente las posibles causas. Entre 1978 y 2008 se producían 2 sismos por año en promedio. Sólo en lo que va de 2014 ya se produjeron más de 230.	https://actualidad.rt.com/actualidad/view/145312-fracking-eeuu-terremotos-graves-dramas
REINO UNIDO	13 DE MARZO DE 2014	Un estudio alerta de la amenaza del 'fracking' para la naturaleza en Reino Unido	La técnica del 'fracking' o fractura hidráulica para extracción de gas y de petróleo del subsuelo podría devastar distintos hábitats naturales en Reino Unido, según una investigación de los principales grupos británicos de la fauna y del campo.	https://actualidad.rt.com/actualidad/view/122303-fracking-danar-vida-silvestre-reino-unido

Tabla 11. Continuación.

PAÍS/ESTADO	FECHA	TITULO	ACONTECIMIENTOS	FUENTES
REINO UNIDO	13 DE MARZO DE 2014	Un estudio alerta de la amenaza del 'fracking' para la naturaleza en Reino Unido	La técnica del 'fracking' o fractura hidráulica para extracción de gas y de petróleo del subsuelo podría devastar distintos hábitats naturales en Reino Unido, según una investigación de los principales grupos británicos de la fauna y del campo.	https://actualidad.rt.com/actualidad/view/122303-fracking-danar-vida-silvestre-reino-unido
OHIO	06 DE ENERO DE 2015	Un estudio confirma que el 'fracking' causó varios seísmos en Ohio	El municipio de Poland, en Ohio (Estados Unidos), sufrió en marzo de 2014 una serie de cinco terremotos de magnitudes entre 2,1 y 3 en la escala Richter. Seísmos que coincidieron en el tiempo con las operaciones de fracking (método de extracción de hidrocarburos mediante fracturación hidráulica) que la empresa Hilcorp Energy estaba realizando en sus pozos de petróleo y gas situados a menos de un kilómetro de allí. Los investigadores de la Miami University de Ohio analizaron los datos sismológicos de la red Earthscope Transportable Array: encontraron que entre el 4 y el 12 de marzo en la zona de Poland se habían registrado 77 terremotos con magnitudes de entre 1 y 3; el de magnitud 3 lo notó la población el día 10 y descubrieron que coincidían en el tiempo con fases específicas de la estimulación de la fracturación hidráulica.	http://elpais.com/elpais/2015/01/06/ciencia/1420578263_551511.html?rel=mas

Tabla 11. Continuación.

PAÍS/ESTADO	FECHA	TITULO	ACONTECIMIENTOS	FUENTES
WYOMING	10 DE OCTUBRE 2012	El fracking contamina el agua de una localidad de Wyoming	Análisis de agua en Pavillion, una localidad del estado de Wyoming, en Estados Unidos, demuestran que muchos de los gases y compuestos que contaminan el agua provienen de la fractura hidráulica o fracking. El informe ha sido elaborado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Algunos ciudadanos han protestado por la perforación de gas y el fracking. Se han encontrado compuestos como metano, etano, compuestos de diésel y fenol.	http://www.ecologiaverde.com/el-fracking-contamina-el-agua-de-una-localidad-de-wyoming/#ixzz4MO5Azl8A

5.4. POR QUE HAY QUE DETENER EL FRACKING EN COLOMBIA

Colombia, un país privilegiado por sus riquezas naturales, por la variedad y belleza de su geografía y por la diversidad de sus ecosistemas, rodeada de los más grandes océanos, cuenta con tres formaciones montañosas en las cuales se encuentran nevados, volcanes, sabanas y valles, llenos de diversidad tanto de fauna como de flora, ubicado en la zona ecuatorial permitiéndole tener todos los pisos térmicos ideales para su pluralidad de vida. Un país con más de 45 millones de personas, que en su gran mayoría está en las zonas rurales dedicados a la agricultura y la ganadería principalmente. En todo su territorio hay sin número de hábitat que se han visto amenazados por la mano del hombre, pues con la necesidad de su crecimiento industrial y el afán de satisfacer sus necesidades energéticas, intervienen lugares en equilibrio, transformándolos y desplazando especies autóctonas y amenazando la existencia de especies vegetales.

El panorama en general en el país con relación al cuidado del medio ambiente es preocupante, presenta un sinnúmero de problemas como la explotación minera tanto legal como ilegal, que ha logrado transformar paisajes que por cientos de años han estado en equilibrio, como la destrucción de montañas con la explotación de carbón, oro y otros minerales, con la excusa de incrementar los ingresos de la nación a un costo que en los últimos tiempos se ha venido observando en el ambiente.

la industria petrolera en Colombia no es ajena a este tipo de problemas, desde que se empezó a emplear la explotación de este recurso no renovable en nuestro país se le han asociado sin número de hechos de daños ambientales por distintas causas, ya sean derrames en los campos de explotación; en el transporte por oleoductos (principalmente por voladuras por parte de los grupos armados ilegales) o en camiones cisternas, ya sea, por accidente o por el hurto han provocado daños al ecosistema, principalmente en aguas superficiales (ríos, arroyos, quebradas, etc.), los cuales en su gran mayoría son utilizadas por los pobladores de la región como acueductos. En el país la industria del petróleo en los años anteriores como los ochenta y los noventa no representaban mucho en la economía nacional, ya sea por su bajo precio en los mercados internacionales o por el difícil acceso, que dificultaba en su tiempo la expansión de este negocio. Pero a partir del año 2002 en adelante el país comenzó con una transformación en su industria fortaleciéndose cada días más y con el alce de los precios del petróleo en el mercado internacional y la falta de exploración en casi todo el territorio,

incentivo que muchas compañías extranjeras vieran en Colombia la oportunidad de invertir su dinero y que mejor que hacerlo en este mercado creciente, que por la gran expectativa de poseer grandes reservas de este recurso, se creó en el país una bonanza petrolera llevando a que la exportaciones en más del 50 por ciento fuera la venta de petróleo al mercado internacional, dejando grandes dividendos en las arcas de las compañías al servicio del sector petrolero.

A pesar de la violencia en el país esta industria pudo sobre ponerse y colocarse en un escalón importante para la economía nacional dejando grandes ingresos al país, ya sean directos como las regalías o indirectos como en el sector de transporte, hotelería, empleo, en vivienda, etc. permitiendo así que la economía tuviera un crecimiento ascendente, comparada con algunos países de la región. El ministerio de ambiente a través del organismos de la agencia nacional de licencia ambientales con el propósito de preservar el ecosistema colombiano se convirtió en la entidad reguladora de esta industria otorgando licencias ambientales con unas reglas importante y claras con el objetivo de proteger la diversidad que caracteriza a nuestro país, pero una cosa es lo que se escribe en el papel y otra muy diferente a lo que se presenta en las zonas donde se extrae este recurso.

La declinación del precio internacional del petróleo a partir de finales del 2014 provoco grandes cambios en la economías emergentes como la nuestra, ya que su crecimiento se empezó a ver frenado, llevando en la actualizad a valores muy bajos con relación a años anteriores, el cual se estima que en este año el crecimiento este en un valor aproximado de un 2%. Por la falta de exploración en el país ya sea por varios factores como la violencia, problemas con las comunidades y las licencias ambientales, hoy el país tiene una gran preocupación por la autosuficiencia, pues sus reservas probadas nos indican que el país contara con este recurso para 5 años más y a partir de ahí se tendría que comenzar a importar este recurso. Es de ahí la necesidad de abrir las posibilidades de aumentar estas reservas, con la exploración costas fuera o la explotación de yacimientos No convencionales. Esta última opción, no es tan aceptada en el país por los riesgos que trae su extracción al medio ambiente, pues el fracking es la técnica muy controvertida en algunos países por las afectaciones al ecosistema natural.

Es de ahí importante conocer casos alrededor del mundo que ya persisten con el problema del fracking en sus países, a través de entidades como la ONG FOOD &

WATER WATCH, la cual expone en su artículo las razones del por qué hay que detener la práctica del fracking en cualquier parte del mundo y toma casos en los Estados Unidos de América de algunas regiones donde se ve afectado el medio ambiente y la salud humana. Es importante recalcar lo que expone este artículo, ya que permite entender un poco de las razones del porque en los Estados Unidos de América es tan controvertida esta práctica.

En esta revista expone muchos interrogantes que las autoridades de medio ambiente no han querido o no han podido responder, sobre las diversas implicaciones que tiene la explotación de yacimientos No convencionales en el subsuelo Norteamericano, en las aguas superficiales y subterráneas en la que sus pobladores se abastecen para cubrir sus necesidades básicas, como agua potable o para la agricultura y la ganadería. En la mayoría de los casos las afectaciones en estas fuentes hídricas se presentan durante y después de un trabajo de perforación de estos yacimientos, al presenciar estos casos los pobladores llaman a la autoridad ambiental para que realiza monitoreo a sus fuentes de agua y así poder comprobar la alteración en el compuesto de su agua, pero en la gran mayoría de los casos estas entidades estatales tienden a no continuar con las investigaciones, ya sean por presiones de las compañías petroleras o porque simplemente no encuentran alguna relación entre el fracking y la contaminación de las fuentes hídricas.

En los casos en los que se demuestra que la composición del agua ha cambiado se deja que el ciudadano monte plantas de tratamiento para evitar así los nuevos contaminantes.

Figura 11. Muestra de agua subterránea contaminada con alta concentración de metales pesados y metano en Montrose, Pensilvania.



Fuente. ACTUALIDAD.RT.COM (ed). Documental 'Fracking': Agrietando EE.UU. (Parte 1). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=kmf8p7QQoUI>

La explotación de un yacimiento No convencional requiere de un alto volumen de agua, teniendo en cuenta que para perforar distintos pozos se requieren así mismo de distinto número de volúmenes, ya que las condiciones de perforación y fracturamiento son diferentes en cada pozo, pero en promedio se requiere unos 19 millones de litros aproximadamente para perforar y fracturar en un solo pozo; sin embargo, en algunos campos como en la cuenca de Eagle Ford en Texas cada pozo requirió en promedio de 13 millones de galones de agua para ser perforado y en otras cuencas como en Marcellus el agua inyectada en un trabajo de fracturamiento alrededor del 5% retorna a superficie y el resto queda confinada impidiendo así la reutilización, esta agua principalmente se ha extraído de aguas superficiales pero por la tendencia de crecimiento de perforaciones cada vez más se va ir aumentando el uso de aguas subterráneas. Las empresas de petróleo y gas compiten con los agricultores por el derecho del uso del agua dulce en regiones con alto grado de agotamiento, tanto superficiales como subterráneas, elevando así el costo de estos derechos, que en ocasiones los agricultores prefieren vender su derecho al agua que arriesgarse y perder al momento de cultivar sus productos.

Es importante tener en cuenta estas consideraciones, ya que, la mayoría de los municipios del país, obtienen del agua superficial, el líquido potable para su consumo y para el uso de la actividad agrícola, para lo cual, debe existir una regulación que restrinja su uso y su extracción.

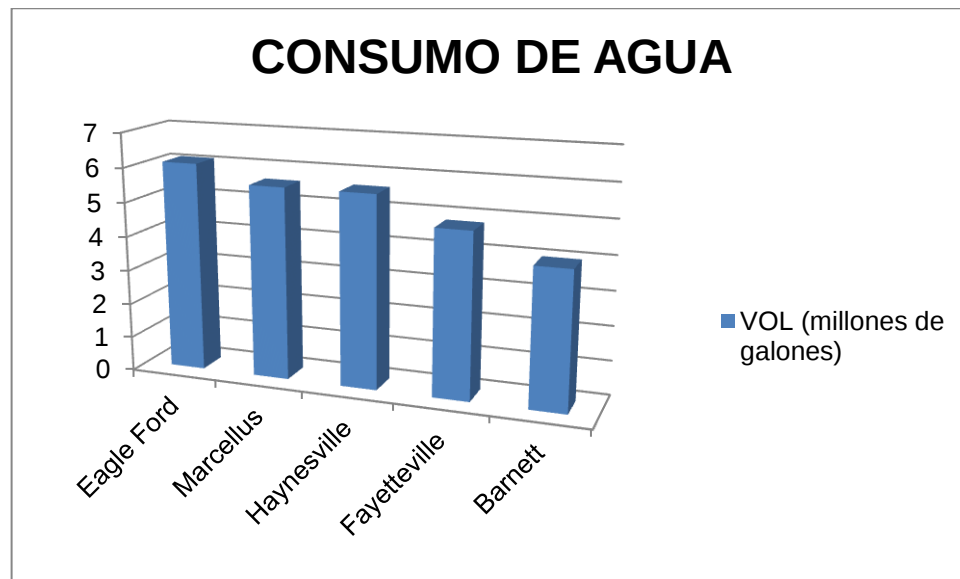
Tabla 12. Estimación del consumo de agua en diferentes lugares de shale en USA

lugares de Shale	Perforación		Fracking		Un solo pozo Total	
	Galones (miles)	M ³	Galones (Millones)	M ³	Galones (Millones)	M ³
Barnett	250	946250	3.8	14383	4	15140
Fayetteville	65	246025	4.9	18547	4.9	18547
Marcellus	85	321725	5.5	20818	5.6	21196
Haynesville	600	2271000	5	18925	5.6	21196
Eagle Ford	125	473125	6	22710	6.1	23089

Fuente: Mathis M. 2011, Shale Natural Gas-Water Use management ICWP Annual Meeting.

Con relación a la Tabla 14, el cual representa el consumo total de agua por pozo en las formaciones de shale gas mencionado, observando que Eagle Ford es la formación que requiere más cantidad de agua, sin embargo, todas se encuentran en un rango similar.

Figura 12. Consumo de agua en formaciones de shale gas en EE.UU.



El uso del suelo también es un problema, ya que se estima que para cada pozo perforado en la cuenca de Marcellus se requiere 1,2 hectáreas de terreno despejado y 2,4 hectáreas para construir caminos de acceso, tuberías y otras infraestructuras¹⁹, ocasionando una transformación del ecosistema vivo presente en la región donde se está realizando la extracción.

¹⁹ TOBÓN DE GARZA, Gloria. FOOD & WATER WATCH. Por qué es urgente prohibir el fracking, 2015.

Figura 13. Terreno despejado para la perforación y fractura Hidráulica en Pensilvania, EEUU.



Fuente. TOBÓN DE GARZA, Gloria. FOOD & WATER WATCH. Por qué es urgente prohibir el fracking, 2015.

Otra de las preocupaciones que nos exponen es la contaminación de agua superficial, con la aparición de componentes químicos que no estaban anteriormente, pero con el trabajo del fracking en los alrededores estos componentes comenzaron a presentarse, es tal como la aparición de sales de origen del fluido hidráulico como Cloruros o Bromuros, cuyas reacciones resultantes pueden dar lugar a sub productos nocivos vinculados al cáncer y defectos congénitos que son difíciles de deshacer una vez estén ya en el agua potable. La Agencia de Protección Ambiental (EPA), está creando un reglamento para introducir un pretratamiento de los fluidos de retorno antes de ser enviados a lugares de tratamiento convencionales de sistemas públicos en vez de prohibir su vertimiento total.

En los lugares donde se realiza la actividad de perforar y fracturar la roca se pueden presentar derrames que llegaría a contaminar aguas subterráneas poco profundas. Las vibraciones durante la perforación y el fracturamiento, pueden provocar que los contaminantes ligeros, tales como, el Arsénico, Estroncio, Selenio y Bario, viajen hacia la superficie y contaminen acuíferos, los cuales pueden pasar por nuevas fracturas creadas por el fracking, fracturas y fallas naturales existentes o grietas en los pozos donde su integridad y su construcción han sido vulnerados.

Figura 14. Depósito de lodos residuales” en un sitio de perforación de gas de lutitas en Bakken, EE.UU.



Fuente. TOBÓN DE GARZA, Gloria. FOOD & WATER WATCH. Por qué es urgente prohibir el fracking, 2015.

Si las empresas de Petróleo & Gas perforan y fracturan los cientos de miles de nuevos pozos en lutitas que se tienen contemplados, el legado de pozos con problemas de envejecimiento, degradación y otros crecerá sustancialmente. Provocando cambios a largo plazo en toda la región, a medida que se mezclan los fluidos y se mueven bajo tierra en los próximos años y décadas, desconociéndose así la forma en que estos cambios podrían afectar la calidad de las fuentes subterráneas de agua potable, resaltando lo enormes riesgos inherentes a la perforación y el fracking generalizados.

6 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

Para llevar a cabo los proyectos de fracturamiento hidráulico se requiere realizar procesos y actividades, que ayudan a obtener el éxito que se espera, sin embargo, esas actividades traen ciertos riesgos que pueden causar impactos en el medio donde se encuentra el yacimiento que se quiere explotar.

Las etapas del ciclo de vida de estos proyectos se conforman por una serie de áreas que se clasifican como: construcción de locación, perforación, la estimulación hidráulica o fracturamiento hidráulico y la producción del hidrocarburo. En este capítulo no se hablara de la etapa de producción.

Para poder encontrar las actividades que causan impactos en el medio ambiente, se toma como guía el método de valoración creado por Vicente Conesa para realizar la matriz de identificación de aspecto y valoración de impacto ambiental en un proyecto de fracturamiento hidráulico, ya sea un impacto positivo o negativo que genere al ambiente, esto se desarrolla mediante la determinación de la probabilidad, duración, magnitud, área de influencia, recuperabilidad e importancia de aspecto, con el propósito de dar una valoración cualitativa y cuantitativa que califica el impacto de acuerdo con el grado de significancia.

Se define aspecto ambiental como cualquier acción o actividad que desencadena un impacto positivo o negativo para el medio ambiente, por ejemplo, vertimiento de sustancias peligrosas a un cuerpo de agua. Impacto ambiental se define de acuerdo con la observación del proceso identificar la influencia negativa o positiva en los aspectos ambientales, por ejemplo, contaminación del agua por la sustancia vertida.

Para desarrollar la matriz se inicia identificando las actividades que se realizan en cada etapa y así mismo, los aspectos que se encuentra en cada actividad a desarrollar y poder describir el impacto que ocasiona al ambiente, evaluándolo y dando una valoración subjetiva de ese impacto.

6.1 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS

Para poder evaluar la importancia del impacto, se requiere determinar ciertas características importantes, las cuales son:

✓ **PROBABILIDAD**

- **Baja:** Cuando las condiciones de operación son intrínsecamente seguras, y solo una acción inusual podría provocar el impacto. Valor asignado de 1.
- **Media:** Cuando la probabilidad de que el impacto ocurra se incrementa debido a la existencia de factores conocidos como por ejemplo; la falta de capacitación, entrenamiento, experiencia o procedimientos escritos; no hay monitoreo o aviso de alarma temprana; existen antecedentes de que el aspecto/impacto ha ocurrido con anterioridad. Valor asignado de 5.
- **Alta:** Cuando dadas las características del proceso, el impacto ocurre con toda seguridad, a menos que cambie alguna de las condiciones habituales de operación (solamente aplicable a la condición normal). Valor asignado de 10.

✓ **DURACIÓN**

- **Baja:** Cuando la alteración del medio no permanece en el tiempo, y dura un lapso de tiempo muy pequeño. No existe ningún potencial de riesgo sobre el medio ambiente. Valor asignado de 1.
- **Media:** Cuando la alteración del medio no permanece en el tiempo, pero dura un lapso de tiempo moderado. Tiene potencial de riesgo medio e impactos limitados sobre el medio ambiente. Son reconocidos las objeciones y exigencias de los grupos de interés. Valor asignado de 5.

- Alta: Cuando se supone una alteración indefinida en el tiempo. Tiene impactos importantes sobre el medio ambiente y los grupos de interés manifiestan objeciones y exigencias. Valor asignado de 10.

✓ MAGNITUD

- Baja: Alteración mínima del factor o característica ambiental considerada. Valor asignado de 1.
- Media: Cuando se presenta una alteración moderada del factor o característica ambiental considerada. Valor asignado de 5.
- Alta: Se asocia a destrucción moderada del factor o característica ambiental asociada. Valor asignado 10.

✓ AREA DE INFLUENCIA

- Puntual: El impacto queda confinado dentro del ares de influencia. Valor asignado de 1.
- Local: Transciende los límites del área de influencia (afecta a un curso de agua superficial o subterráneo de agua, la atmosfera, el suelo, genera un residuo especial peligroso etc.). valor asignado de 5.
- Regional: Tiene consecuencias a nivel regional (más de una localidad). Valor asignado de 10.

✓ RECUPERABILIDAD

- Reversible: Puede eliminarse el impacto por medio de actividades humanas tendientes a la recuperación de los recursos afectados. Valor asignado de 1.

- Recuperable: Se puede disminuir el impacto por medio de medidas de control (recuperar, reutilizar en el proceso) hasta un estándar determinado. Valor asignado de 5.
- Irrecuperable: Los recursos afectados no se pueden retornar a las condiciones originales. Valor asignado de 10.

✓ **IMPORTANCIA**

- Baja: Se puede manejar el aspecto ambiental con controles operacionales. Valor asignado 1.
- Media: Se pueden adaptar medidas para cumplir. Valor asignado de 5.
- Alta: Manejar este aspecto ambiental requiere altas inversiones de capital. Valor asignado de 10.

Tabla 13. CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

VALOR OBTENIDO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN
0-30	No significativo	No requiere acción correctiva, pero se puede tener presente para generar controles operacionales y plan de acción
>31	Significativo	Se requiere acción correctiva, pero se puede tener presente para generar controles operacionales y plan de acción.

Fuente. CONESA FERNANDEZ, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Segunda edición. Madrid: MUNDI-PRENSA, 1993.

6.2 METODOLOGIA

Para realizar la evaluación ambiental que me permite identificar las variables cualitativas con su respectiva calificación cuantitativa, se elige tres actividades que se desarrollan en cada etapa del ciclo de vida de un fraturamiento hidráulico, dando así, la valoración del impacto ambiental.

6.2.1 Construcción de locaciones: Se requiere despejar la zona donde se encuentra el hidrocarburo para instalar el equipo necesario en el fracturamiento hidráulico, básicamente se necesita de: tanques de almacenamiento de fluidos, mezclador, unidad alimentadora de apuntalante, colector, bombas, unidad de monitoreo y líneas de alta y baja presión²⁰. En la **tabla 14** se muestra las actividades realizadas en esta etapa y los riesgos que se pueden presentar.

6.2.2 Etapa de perforación: La perforación para un proyecto de fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales se inicia perforando vertical hasta llegar a la capa de interés (capa de shale) y se continúa perforando horizontalmente en la capa de shale, previamente se realiza el revestimiento del pozo, cementando las paredes del pozo y el espacio anular, debido a que de esta depende el éxito de la estimulación, teniendo en cuenta la calidad del cemento, lo cual evita fugas de los fluidos que son utilizados en el proceso y los que se encuentran en el yacimiento.

Para este proceso se necesitan fluidos o lodos de perforación que son mezclas preparadas con gran cantidad de agua y aditivos y una de sus funciones es enfriar y lubricar la broca y la tubería de perforación, transportar los recortes a la superficie y removerlos del fluido, proporcionar estabilidad a la formación perforada, etc. En la **tabla 15** se muestra las actividades realizadas en esta etapa y los riesgos que pueden ocasionar.

²⁰ LUNA GARCIA, Carlos. Manejo de agua en un fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales de lutitas. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.

6.2.3 Etapa del fracturamiento hidráulico: Después de que la estructura del pozo esta lista se procede a crear las fracturas que permiten que el hidrocarburo fluya de sus poros, viajando hacia el pozo y por ende, a la superficie. Para realizar dichos canales se desarrollan actividades que pueden causar riesgos al ambiente, estos riesgos se evalúan teniendo en cuenta los casos que se han presentado en EE.UU como se ha descrito en los capítulos anteriores. **Tabla 16.**

Tabla 14. Riesgos en la etapa de construcción de locaciones.

AREA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
CONSTRUCCIÓN DE LOCACIÓN	Aperturas de vías de acceso	Desmantelamiento de la capa vegetal	Desplazamiento de fauna presente en el área		X	10	5	5	1	5	5	31	1	Revegetación con plantas autóctonas
			Perdida de la biodiversidad		X	5	10	10	5	5	5	40	1	Muros temporales de sonido
			Alteración del hábitat		X	10	10	5	1	5	5	36	1	Reforestación del área
		Excavación de tierra	Ruido		X	10	5	5	5	1	1	27	0	Muros temporales de sonido
			Arrastre de material a fuentes hídricas aledañas a la zona.		X	5	5	5	5	5	5	30	0	construcción de cunetas
			Contaminación al aire por material particulado		X	10	5	5	5	5	10	40	1	Riegos periódicos
		Construcción de terraplén	Estabilidad del terreno	X		10	10	5	1	5	5	36	1	Rellenos compensados y compactados
			Restitución del suelo removido	X		10	10	5	1	10	5	41	1	

Tabla 14. Continuación.

COSTRUCCIÓN DE LOCACIÓN	Aperturas de vías de acceso	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
	Desmante y despalde de las superficies requeridas para la construcción de la plataforma.	Remoción de la cobertura vegetal	Afectación de la selvicultura		X	10	10	10	1	10	5	46	1	Restauración de bosques
			Desplazamiento de la fauna		X	10	10	5	1	5	5	36	1	Revegetación con plantas autóctonas
			Alteración del hábitat		X	10	10	5	1	5	5	36	1	Reforestación del área
		Excavación de tierra	Destrucción del hábitat de los microorganismos que se encuentran en el suelo.		X	10	10	10	1	10	10	51	1	Colocar el terreno extraído en zona verde cercana al área para evitar el daño
			Contaminación del aire por material particulado.		X	10	5	5	5	5	5	35	1	Riegos periódicos
			Estabilidad del suelo.		X	5	10	5	1	5	5	31	1	Relleno del suelo con material similar a este

Tabla 14. Continuación.

COSTRUCCIÓN DE LOCACIÓN	Aperturas de vías de acceso	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
COSTRUCCIÓN DE LOCACIÓN	Movilización y armado de equipos en la locación.	Transporte de maquinaria, equipos e insumos.	Ruido.		X	10	5	5	5	5	5	35	1	Muros temporales de sonido
			Contaminación de aguas superficiales aledañas a la zona por derrame de químicos.		X	5	10	10	5	5	10	45	1	Estudios hidrológicos que indiquen los efectos sobre la dinámica del agua y las medidas para corregir los efectos sobre ellos.
			Levantamiento de material particulado.		X	10	5	5	1	5	5	31	1	Riegos periódicos

Tabla 14. Continuación.

COSTRUCCIÓN DE LOCACIÓN	Movilización y armado de equipos en la locación.	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
		Montaje de la torre de perforación, containers, piscinas de residuos y tanques de almacenamiento de fluidos.	Ruido.		X	10	5	5	5	5	5	35	1	Muros temporales de sonido
			Desplazamiento de fauna		X	10	10	10	1	10	10	51	1	Revegetación con plantas autóctonas
			Generación de residuos sólidos.		X	10	5	1	1	1	1	19	0	Transportar los materiales preferentemente a instalaciones de recuperación y reciclaje de inertes.

Tabla 15. Riesgos en la etapa de perforación.

AREA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
PERFORACIÓN	Perforación de pozos	Remoción de arena	Inestabilidad del subsuelo		X	5	5	5	5	10	5	35	1	Estructuras de contención
			Ruido		X	10	5	5	5	5	5	35	1	Muro temporales de sonido
			Desplazamiento de fauna		X	10	10	10	1	5	10	46	1	Revegetación
		Consumo de agua	Presión sobre el recurso hídrico, aumento del índice de escasez		X	10	10	5	5	5	5	40	1	Reutilización de aguas residuales urbanas con un previo tratamiento.
		Inyección de lodo	Contaminación de fuentes hídricas y suelo		X	5	5	5	5	5	5	30	0	Construcción de cunetas
	Disposición de cortes de perforación y aguas residuales	Generación de partículas sólidas	Contaminación del suelo		X	5	5	5	5	5	5	30	0	Monitoreo del volumen del fluido contenido en las piscinas
		Generación de agua residual con contenido químico	Contaminación del recurso		X	5	10	5	5	5	10	40	1	Implementación de químicos más amigables con el ambiente

Tabla 15. Continuación.

PERFORACIÓN	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
	Tubería de revestimiento y cementación de las paredes de pozo	Escape del gas	Contaminación del aire		X	10	10	5	5	5	5	40	1	Registros para confirmar la adherencia del cemento (CBL).
			Contaminación de aguas subterráneas		X	5	10	10	1	5	10	41	1	Cemento de alta calidad entre las paredes del pozo y la tubería

Tabla 16. Riesgos en la etapa de la estimulación hidráulica.

AREA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
FRACTURACIÓN HIDRÁULICA	Inyección de agua mezclada con químicos	Consumo de agua	Presión sobre el recurso hídrico, aumento del índice de escasez		X	10	10	5	5	5	5	40	1	Reutilización de aguas residuales urbanas con un previo tratamiento.
		Presencia de sustancias químicas	Contaminación del recurso hídrico		X	10	5	5	1	5	5	31	1	Plantas de tratamiento
	Retorno del fluido de fractura	Generación de metales pesados y materiales radioactivos de origen natural	Contaminación del recurso hídrico subterráneo		X	5	5	5	5	5	10	35	1	Pruebas de integridad de tuberías, cemento y adherencia del cemento a la formación
		Filtración del fluido con sustancias químicas	Contaminación del aire y del agua		X	5	5	5	5	5	5	30	0	Registros para confirmar la adherencia del cemento (CBL).

Tabla 16. Continuación.

	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ASPECTO	DESCRIPCIÓN IMPACTOS	SIGNO		EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS						VALORACIÓN IMPACTO	SIGNIFICANCIA	MEDIDAS DE CONTROL
				+	-	Probabilidad	Duración	Magnitud	Área de influencia	Recuperabilidad	Importancia			
FRACTURACIÓN HIDRÁULICA	Disposición de residuos en piscinas y tanques	Generación de aguas residuales contaminadas con sustancias químicas	Contaminación del recurso hídrico		X	10	5	5	1	5	5	31	1	Plantas de tratamiento
		Desbordamiento del fluido residual	Contaminación del suelo y fuentes hídricas aledañas al área		X	5	10	10	5	10	5	45	1	Monitoreo del volumen del fluido contenido en las piscinas
		Evaporación de los componentes livianos presentes en el fluido	Contaminación del aire		X	10	10	5	5	10	10	50	1	Red de control de emisiones de gases
			Contaminación de aguas superficiales		X	5	10	10	5	10	5	45	1	Construcción de cunetas

Los posibles riesgos mencionados en cada etapa que se lleva a cabo en un fracturamiento hidráulico, dependen de ciertos factores y no pueden ser generalizados, debido a que cada proyecto realizado en los distintos campos petroleros varían, ya sea por las complejidades geológicas, las propiedades químicas y mecánicas del yacimiento, el factor humano, el clima, los controles ambientales, los equipos disponibles para la perforación, los aditivos disponibles para la fractura, entre otros. Lo que hace que la identificación y valoración de impactos sea un proceso predictivo, por más experiencia que se tenga en un yacimiento, capacitación de equipos de trabajo y seguimiento estricto de los procedimientos²¹.

En Colombia estos proyectos se empezaron a explorar en la cuenca del valle medio del Magdalena en un bloque llamado valle del Magdalena medio 3 (VMM 3), que comprende a los municipios de San Martín y Aguachica en el César y Rionegro en Santander. La compañía ConocoPhillips, que está realizando las exploraciones, ha decidido detener las actividades, debido a la oposición que la comunidad ha generado, manifestando que no están de acuerdo en que se realice fracturamiento hidráulico en esa zona y en Colombia, ya que, se han presentado daños en diferentes partes del mundo, en especial en Estados Unidos, causando impactos al ambiente y a la salud pública.

Teniendo en cuenta los riesgos que se pueden presentar en la realización que conlleva el procedimiento del fracturamiento hidráulico, la **figura 16** se destacan riesgos que pueden ocasionar impacto al medio ambiente con respecto a los volúmenes que requiere y genera llevar a cabo esta técnica, entre los cuales se encuentra, para un pozo, en remoción de tierra alrededor de 140m^3 , cantidad de agua entre 9000 y 29000 m^3 , aditivos químicos entre 180 y 580 m^3 y desechos químicos que incluye los fluidos utilizados en la perforación y los que migren desde las profundidades, entre 1300 y 23000 m^3 .²²

²¹ HEINRICH BOLL STIFTUNG. Petróleo y gas no convencional en México y Argentina, dos estudios de caso. México, Centroamérica y El Caribe.

²² FERNÁNDEZ DE LA HOZ. Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional. Madrid: Confederación Sindical de Comisiones obreras (CCOO) secretaría de medio ambiente, 2012.

Figura 15. Cantidad de volúmenes utilizados y generados en la extracción del shale gas.

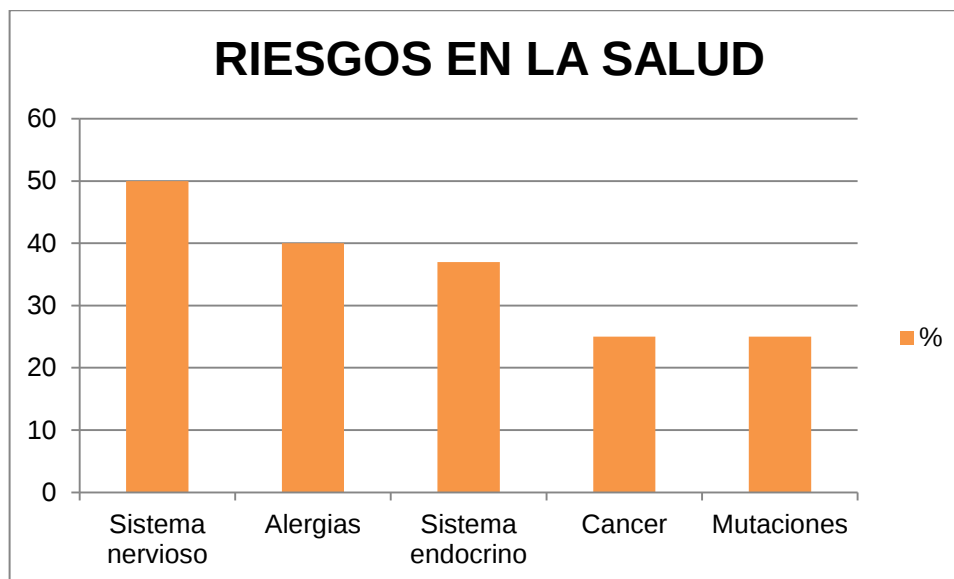


Fuente. Modificado de FERNANDEZ DE LA HOZ. Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional. Madrid: Confederación Sindical de Comisiones obreras (CCOO) secretaría de medio ambiente, 2012.

El volumen de agua que se necesita para realizar esta técnica es bastante elevada y ocasiona un gran riesgo a los acuíferos, ya sea superficiales o subterráneos, debido a que se va agotando el caudal del afluente y puede presentar estrés hídrico.

Los compuestos químicos presentes en los aditivos requeridos para el fracturamiento (**tabla 3**), pueden ocasionar daños a la salud pública si llegara a tener contacto con las fuentes hídricas potables o con el aire, ya sea por derrames de los fluidos contaminados o por la evaporación de los compuestos livianos presentes en dicho fluido. En el **Figura 17** se presenta los riesgos que se pueden presentar en la salud pública al consumir cantidades de agua o alimentos que contengan compuesto químicos que también se encuentran en el fluido de fractura.

Figura 16. Riesgos en la salud pública por compuestos químicos



Fuente. Modificado de FERNANDEZ DE LA HOZ. Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional. Madrid: Confederación Sindical de Comisiones obreras (CCOO) secretaría de medio ambiente, 2012.

Cabe destacar, que es el sistema nervioso el más afectado por los compuestos químicos, sin dejar a un lado que, dependiendo de la cantidad de concentración de los compuestos químicos a la que se expone el ser humano se puede generar cáncer y mutaciones en el cuerpo humano y en ciertos casos hasta la muerte.

7 MEDIDAS PREVENTIVAS DE IMPACTOS EN EL DESARROLLO DE LA TÉCNICA DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, realizar esta técnica trae consigo riesgos que se pueden convertir en impactos si no se lleva a cabo unas buenas prácticas en los procesos, entre ellos se destaca la utilización de compuestos químicos, como se mencionan en la **tabla 3**, utilizados y necesarios para el éxito de la estimulación, la cantidad de agua requerida en el proceso y los posibles riesgos causados al recurso. En los capítulos anteriores se mencionan los posibles problemas que se pueden presentar en la técnica del fracturamiento hidráulico y para prevenir o mitigar esos daños, a continuación se proponen medidas preventivas a los riesgos que se pueden presentar.

7.1 MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA CREACIÓN DE FRACTURA

- Probar la eficiencia de los equipos necesarios en los procesos que se realizan en el fracturamiento hidráulico.
- Realizar estudios geotécnicos previos, para conocer la exactitud de los acuíferos y la estructura del suelo y subsuelo.
- Controlar la trayectoria y geometría de la fractura en tiempo real, la inyección del fluido de fractura (agua, químicos y agente de sostén) y la presión ejercida en el proceso.
- Monitorear eventos microsismicos relacionados con el crecimiento de fractura hidráulica por medios de un mapeo microsismico.

7.2 MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO AL ESCAPE DEL GAS

- Utilizar tubería de acero de alta resistencia.
- Cemento de alta calidad entre las capas y la tubería, para evitar fugas del gas y contaminación de acuíferos.
- Pruebas de presión para confirmar la estanqueidad del pozo.
- Registros especiales para confirmar la adherencia del cemento (CBL).

7.3 MITIGACION DE IMPACTO ASOCIADO A LAS AGUAS SUBTERRANEAS

- Realizar pruebas de integridad de tuberías, cementaciones y adherencia del cemento a la formación.
- Elaborar un estudio hidrogeológico integral, en el que se especifiquen y valoren las posibles afecciones a acuíferos superficiales y subterráneos que puedan estar conectados a la zona de fractura.
- Toma de muestra de los recursos hídricos cercanos al pozo para detectar cualquier elemento o sustancia que no pertenece a éste, como lo es, lodos de perforación, fluido de fractura, metano, entre otros.

7.4 MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO A LA CALIDAD DEL AIRE

- Realizar una red de control de emisiones de gases que especifiquen la calidad del aire, para evaluar el impacto y poder mitigarlo.

7.5 MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO A LA SISMICIDAD INDUCIDA

- Evaluar el peligro sísmico antes de iniciar las operaciones, identificando fallas activas y aplicar técnicas de análisis de peligrosidad sísmica para evaluar impacto de terremotos.
- Utilizar una red de sensores cercanos a la superficie o una red de sensores en sondeos, que ayuda a registrar las actividades microsísmicas.
- Evitar la inyección en fallas activas.
- Reducir la tasa de inyección cuando la sismicidad es demasiado grande o por lo contrario abandonar el pozo.

7.6 MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO A LA OCUPACIÓN DEL TERRENO Y TRANSPORTE DE MAQUINARIA

- Elaborar un plan de restauración paisajista y reforestación para tratar de que la zona quede similar a su estado inicial.
- Adecuar vías apropiadas con la instalación de canaletas laterales para evitar la contaminación de la vegetación alrededor de la misma.

7.7 MITIGACIÓN DE IMPACTO ASOCIADO AL CONSUMO DE AGUA

- Realizar una evaluación completa de la demanda acumulativa de agua cercana a la zona donde se llevara a cabo el desarrollo de la estimulación.
- Considerar el uso de agua no potable, como lo es, la reutilización de aguas residuales urbanas con un previo tratamiento.
- Reutilizar las aguas procedentes del fracturamiento hidráulico con su debido tratamiento, el cual consiste en un pretratamiento donde el agua es llevada a tanques de almacenamiento hasta que se procese a través de destiladores mecánicos de re compresión de vapor.

7.8 MITIGACIÓN DE IMPACTOS ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN DE QUÍMICOS

- Tener los datos de seguridad del material (MSDS) para cada compuesto químico utilizado en el proceso. Este documento contiene información sobre el almacenamiento de los compuestos, los peligros para el medio ambiente, los procedimientos de limpieza en caso de derrame, entre otros.
- Establecimiento de una zona segura para almacenar los químicos y residuos peligrosos. Esto requiere un suelo pavimentado que evita la filtración de los químicos en caso de derrame, instalación de cubetas de contención para evitar la infiltración de lixiviados.
- Utilizar productos químicos que sean más amigables con el medio ambiente.
- En el momento de utilizar los productos químicos requeridos, los operarios deben tener los implementos adecuados para la manipulación de estos.
- En el transporte de los productos químicos a utilizar y del fluido de fractura después de crear la fractura, que contiene compuestos químicos, es necesario que los operadores realicen un plan de transporte, que incluya la cantidad estimada a transportar, horas en el transporte, zonas de concentración y rutas, éstas que sean las más seguras y las más adecuadas para el transporte.

8 CONCLUSIONES

- El desarrollo tecnológico y científico ha traído consigo dinámicas económicas y sociales de vital importancia, pues el ámbito de aplicación de dichos avances es claramente relevante para la interacción del hombre con su entorno, por lo cual se hace necesaria su regulación a través de disposiciones normativas. Un claro ejemplo de aquellos fenómenos que requieren ser abordados, es la fracturación hidráulica o “Fracking” como proceso de exploración y explotación de yacimientos No convencionales. La obtención de hidrocarburos por medio de esta tecnología, Genera una rentabilidad como proceso industrial, sin embargo no ha sido suficiente para evitar las innumerables críticas en razón a las consecuencias medioambientales y sociales que trae consigo su práctica, por lo cual la posición frente a su viabilidad se encuentra dividida a nivel mundial.
- En Colombia se está llevando a cabo exploraciones e investigaciones para saber qué tan viable es realizar fracturamiento hidráulicos en las cuencas sedimentarias existentes y que tan amigable es con el medio ambiente llevar a cabo este procedimiento. Para esto se tiene como base los procedimientos que han realizado empresas de EE.UU en sus campos haciendo modificaciones que se acomoden a los yacimientos colombianos.
- Es importante realizar monitoreo constantemente a los equipos que se utilizan en el procedimiento del fracturamiento hidráulico, debido a que una falla de éstos puede presentar graves accidentes, como lo es, al personal, al medio ambiente, a la comunidad cercana a la zona de operación, entre otras.
- Comparando las normas que rigen la exploración y explotación de yacimientos no convencionales tanto en Colombia como en otros países, se observa carencia de especificaciones en los procesos que se requieren realizar para el éxito del proyecto y así poder evitar o mitigar los daños que se pueden presentar en los equipos, en la producción, en el ambiente y por supuesto en la población aledaña a los pozos donde se llevará a cabo la técnica.

- El fracturamiento hidráulico es una técnica que ayuda a aumentar las reservas de hidrocarburos que en los últimos años han decaído, sin embargo, el problema de realizar esta técnica es que ha generado mucha controversia con la comunidad y los ambientalistas, debido a los riesgos que se pueden presentar y a los sucesos que han ocurrido en países donde ya se ha practicado esta técnica, relacionando en su mayoría el daño y el cambio que se ha presentado con la fracturación hidráulica.
- El ciclo de vida de un proyecto de fracturamiento hidráulico consta de las siguientes etapas; construcción de locación, perforación y estimulación hidráulica. En estas etapas se realizan actividades que pueden causar impactos al ambiente que en su mayoría son negativos, como lo son, desmantelamiento de la capa vegetal, ruido, contaminación de fuentes hídricas, consumo elevado del agua, contaminación del aire e inestabilidad del suelo, sin embargo estos impactos se pueden mitigar con medidas preventivas.

9 RECOMENDACIONES

- Informar con detalle y concientizar a la población sobre los posibles riesgos que pueden ocasionar esta actividad, que impactos ambientales, socioeconómicos y sobre la salud puede conllevar un proyecto de exploración y explotación de yacimientos no convencionales en cualquier parte del territorio Nacional. Esto se puede hacer a través de medios de comunicación, ya que es muy importante lograr la cobertura tanto en los medios locales, regionales y nacionales. Se puede solicitar la ayuda de ONG'S nacionales e internacionales y de Universidades, para que el proyecto sea divulgado a toda la población que se encuentre afectada por dicha actividad.
- Las entidades encargadas en la protección del medio ambiente en Colombia, como el ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs) de cada departamento, se encarguen de controlar, vigilar y reportar las actividades que se realizan en cada etapa que constituye un proyecto de explotación petrolera, sin omitir detalles de lo observado, debido a algún beneficio propio que se le haya brindado, con el fin de que no se presente afectación al ecosistema y si los hay, obligar a las compañías a restablecer lo perdido.
- Las diversas compañías dueñas de los bloques donde se explote los yacimientos no convencionales, estén obligadas a realizar una evaluación del impacto ambiental alrededor de las zonas comprometidas con la extracción.
- Para mejorar las prácticas del procedimiento del fracturamiento hidráulico se debería solicitar a la ANLA visitas semanales y realizar capacitaciones para todo el personal que desarrolla su trabajo en campo, previniendo los problemas que se pueden presentar en cada etapa de desarrollo y así mismo, mitigar los daños ambientales.

BIBLIOGRAFIA

AREVALO, Omar y SUAREZ, Paola. Estudio del impacto ambiental por fracturamiento hidráulico en Colombia. Trabajo de grado ingeniería de petróleo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2015.

BORBÓN BONILLA, Carolina. Identificación de los posibles impactos ambientales por el fracturamiento hidráulico (fracking) de yacimientos no convencionales. Especialización en planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015.

BURGOS. ASAMBLEA CONTRA LA FRACTURA HIDRÁULICA. La extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica permisos en Burgos, 2011.

COMISIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS. La Tecnología de Exploración y Producción en México y en el Mundo: situación Actual y Retos, Documento Técnico 2. Gobierno federal SENER, 2011.

FERNADEZ DE LA HOZ. Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional. Madrid: Confederación Sindical de Comisiones obreras (CCOO) secretaría de medio ambiente, 2012.

Guía de criterios ambientales para la exploración y extracción de hidrocarburos contenidos en lutitas. SEMARNAT, secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2015.

HEINRICH BOLL STIFTUNG. Petróleo y gas no convencional en mexico y argentina, dos estudios de caso. México, Centroamérica y El Caribe.

JODAR ABELLÁN, Antonio. Recursos no convencionales susceptibles de ser explotados mediante fracking. Trabajo fin de grado en ciencias ambientales. Murcia: Universidad de Murcia, Facultad de Biología, 2013-2014.

LÓPEZ ANADÓN, Ernesto. El abecé de los hidrocarburos en reservorios no convencionales. 3ª ed. Ciudad autónoma de Buenos Aires: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2014.

LUNA GARCIA, Carlos. Manejo de agua en un fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales de lutitas. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.

NAVAS TORRES, Diana y RODRIGUEZ RINCÓN, Paola. Procesos para la obtención del petróleo y los impactos ambientales generados por actividades petroleras. Tesis de grado Especialización en Ingeniería Ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química, 2010.

ORTIZ CARVAJAL, Alejandra. El fracking: el despertar de una controversia ambiental y jurídica. universidad católica de Colombia.

Paris de Ferrer, M. (2009). Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. Maracaibo, Venezuela, Astro Data S.A.

PAZMIÑO URQUIZO, Jorge. Fundamentos de la teoría del fracturamiento hidráulico. 2004.

PÉREZ MILLÁN, Rodrigo. Optimización de los sistemas de perforación y terminación de pozos en yacimientos de shale gas. Trabajo de grado ingeniero de petróleo. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2015.

SUAREZ SIERRA, Fabián y MARÍN RUIZ, Andrés. Determinación de un fluido de fractura adecuado para trabajos de fracturamiento hidráulico en formaciones de shale gas (Valle Medio del Magdalena). Trabajo de grado Ingenieros de petróleo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2012.

TOBÓN DE GARZA, Gloria. FOOD & WATER WATCH. Por qué es urgente prohibir el fracking, 2015.

VESGA DUARTE, Jeniffer. Efectos ambientales del shale gas. Trabajo de grado Ingeniera de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2013.

ZEPEDA, Juan Carlos. La Tecnología de Exploración y Producción en México y en el Mundo: situación Actual y Retos, Documento Técnico 2. Comisión Nacional de Hidrocarburos, gobierno federal SENER, 2011.