

**EFFECTOS JURÍDICOS Y AMBIENTALES DE LA POLÍTICA DE
EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS MEDIANTE LA TÉCNICA DE
FRACKING: UN ANÁLISIS DESDE EL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN**

Henry Darío Erazo Oviedo, Edrulfo Evelio Causil de León



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa de derecho, facultad de derecho y ciencias políticas y sociales

universidad la gran Colombia

Bogotá D.C.

Septiembre de 2022

**Efectos jurídicos y ambientales de la política de explotación de hidrocarburos
mediante la técnica de fracking: un análisis desde el principio de precaución**

Henry Darío Erazo Oviedo, Edrulfo Evelio Causil de León

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magister en
Derecho**

Dr. Iván Vargas Chaves, Ph.D., Dott. Ric , Director Trabajo de Grado



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa de derecho, facultad de derecho y ciencias políticas y sociales

universidad la gran Colombia

Bogotá D.C.

septiembre de 2022

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a Dios, por permitirnos llegar hasta esta etapa de nuestras vidas académicas; y a nuestras familias, por el apoyo y ánimo brindado durante este proceso; y sobre todo, a nosotros mismos por el tiempo dedicado, el esfuerzo realizado, los momentos de discusión que nos permitieron lograr cumplir este reto que algún día nos propusimos.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los compañeros de clase por las experiencias académicas, laborales y personales, compartidas durante el desarrollo de la especialización. Igualmente, a todo el grupo de docentes que nos acompañaron durante la especialización, por compartirnos sus conocimientos, información y experiencias de gran aporte para nuestras vidas profesionales. Especial agradecimiento al Doctor Iván Vargas Chaves; director del presente trabajo; por su dedicación y empeño para guiarnos por el camino de la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Instrumento formulado desde el proyecto de investigación.....	13
Pregunta Problema	15
Hipótesis principal	16
Justificación.....	17
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos.....	18
Metodología	19
Capítulo 1. Los hidrocarburos y las técnicas de exploración y explotación	21
1.1 Los hidrocarburos: conceptos claves	21
1.2 Evolución de la industria extractiva de hidrocarburos	23
1.3 Yacimientos convencionales.....	30
1.4 Yacimientos no convencionales.....	30
Capítulo 2. El fracking	32
2.1 Fracking: conceptos claves y técnica	32
2.2 Historia y evolución del fracking.....	33

2.3 El fracking en otros países	34
2.4 El fracking en Colombia: una primera aproximación	40
Capítulo 3. Impactos del fracking	42
3.1 Impactos ambientales	42
3.2 Impactos sociales	43
3.3 Impactos económicos	44
Capítulo 4. El fracking en el Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, pacto por la equidad: 2018-2022”	46
4.1 El Plan Nacional de Desarrollo: alcance y orientación	46
4.2 Antecedentes del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022	47
4.3 Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022	48
4.4 Un análisis del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 desde la óptica ambiental	49
4.5 Un análisis del fracking en el Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, pacto por la equidad: 2018-2022”	50
Capítulo 5. El debate de la certeza de los impactos del fracking	53
5.1 Los estudios que avalan la seguridad del fracking como técnica de extracción	53
5.2 Los estudios que no avalan la seguridad del fracking como de extracción	53
Capítulo 6. El principio de precaución y su alcance	58
6.1 El principio de precaución: conceptos fundamentales	58
6.2 Análisis normativo del principio de precaución en el ámbito internacional	58

6.3 Análisis normativo del principio de precaución en Colombia	59
6.4 Análisis jurisprudencial del principio de precaución en Colombia	60
Capítulo 7. La invocabilidad del principio de precaución como mecanismo anticipatorio de los riesgos que genera el fracking	63
7.1 Contexto	63
7.2 Estudios realizados frente a la implementación del fracking en Colombia	69
7.3 Participación de las comunidades en la regulación en la implementación del fracking	72
Conclusiones	76
Referencias bibliográficas	84

Lista de tablas

Tabla 1 Países con mayores reservas de shale gas recuperables por fracking 34

Resumen

El procedimiento de fracturación hidráulica o fracking es una práctica que permite la extracción de los hidrocarburos en rocas provenientes de yacimientos no convencionales, llamadas lutitas de baja permeabilidad. Para ello, se requiere inyectar arena, agua y sustancias químicas de forma conjunta, a elevada presión que fuerza el flujo y salida de los hidrocarburos de los poros. Debido a su complejidad, esta práctica requiere de la implementación de una política pública responsable para la implementación en el país. En este análisis, se analizará: la necesidad de fracking en Colombia; regulación; responsabilidad de las entidades estatales, los privados, entes de control y la academia; impacto del fracking en el medio ambiente; utilización de los recursos naturales; utilización del recurso hídrico; costo – beneficio en reservas y regalías para el país; participación de comunidades en la regulación. Estos temas se desarrollarán integralmente en la investigación, permitiendo un mejor entendimiento sobre este suceso en el país. Como punto relevante, se conoce que, en la actualidad, con la decisión del Consejo de Estado de noviembre del 2019, la implementación del fracking se encuentra restringida, toda vez que esta corporación adoptó una medida cautelar, mientras se demuestra con estudios técnicos (Informe de la Comisión de Expertos técnicos del fracking) que este método de extracción de hidrocarburos no causará un daño irreversible al medio ambiente y a las comunidades en torno de estos proyectos.

Palabras claves: Estudios técnicos, Extracción Hidrocarburos, Fracturación hidráulica, Impacto Medio Ambiente, Permeabilidad, Recurso Hídrico, Rocas lutitas, Yacimientos No Convencionales.

Abstract

The fracking process is a method which allows hydrocarbon extraction in rocks named “lutitas” which are characterized by its low permeability, due to this feature it is necessary to inject a mixture of sand, water and chemical substances to a high pressure in order to force the flow and the exit of hydrocarbons from the pores. This kind of rocks are found in unconventional deposits. Owing to complexity of this process, it is needed the execution of a public responsible policy if this method is carried out in our country. In this analysis comes up many important topics, for instance: The need of fracking in Colombia, regulation, responsibility by state entities, private companies, control entities including the academy in this regulation, the impact of fracking in the environment, natural resources use, use of hydric resources, cost-benefit in reserves and royalties for the country, community participation in the regulation. These topics are entirely developed in this research and will let the reader a better understanding about this issue in the country. As a turning point it is well known that nowadays according to the decision taken by Council of State of November of 2019, fracking operation is restricted, since the corporation adopted an injunction meanwhile it will be show with technical researches (Report by the technical experts in fracking committee) that this method of hydrocarbon extraction won't cause any damage to the environment and the communities involved in these projects.

Key words: Technical studies, Extraction hydrocarbons, Hydraulic fracturing, Impact environment, Permeability, Pores, Hydric resources, Lutitas rocks, Unconventional deposits.

Introducción

Sin duda alguna el sector de los hidrocarburos es uno de los mayores dinamizadores de la economía colombiana, y del cual existe una dependencia total en materia energética, que le ha impedido al país explorar otras alternativas de producción de energías limpias.

A su vez el fracking, desde sus inicios, ha sido entendido como una solución a los problemas de desabastecimiento de combustibles fósiles, que sufren muchos países a nivel mundial. De ahí que el fenómeno de explotar y explorar los yacimientos de tipo no convencional para obtener hidrocarburos sea una actividad que se quiera implementar en Colombia a toda costa, pese a no contar con una regulación fuerte, que permita mitigar los efectos nocivos a nivel ambiental y en los recursos propios de este.

Si bien es cierto que la implementación del fracking puede generar resultados favorables, en materia de sostenibilidad económica para el país, no es menos cierto que esté cubierto de un manto de incertidumbre, respecto de los efectos adversos que se pueden generar al medio ambiente. Por este motivo, no se pueden desconocer las experiencias de otros países, cuyas estructuras de control son más fuerte, como es el caso de Estados Unidos e Inglaterra; quienes han presentado según Astrid Puentes Riaño la “contaminación de agua dulce, enfermedades en familias cercanas a pozos de fracking e incluso terremotos” (como se cita en Asociación Internacional para la Defensa del Ambiente [AIDA], 2014, párr. 3)

Sin embargo, no se puede desconocer que, en muchos territorios de la geografía colombiana, se libran enfrentamientos entre el Gobierno – el cual propende por los intereses económicos y la sostenibilidad del país-, los colectivos ambientalistas y comunidades defensoras de los derechos fundamentales a un medio ambiente sano, a la biodiversidad y a la salud (Gómez-Rey et al., 2020).

Debido a esto, el Consejo de Estado mantiene suspendida la regulación normativa que permite la práctica del fracking, sin contar con la certeza científica de los efectos secundarios e irreversibles que se puedan generar al medio ambiente, y sin la observancia del principio de precaución que se debe guardar.

En razón a esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál sería la responsabilidad del Estado, frente a la implementación del fracking en Colombia, sin una normatividad garante de los derechos fundamentales de las personas a un ambiente sano?

Para darle respuesta, será necesario analizar temas como: contexto doctrinario y jurídico del fracking; marco legal del fracking en Colombia; impacto del fracking en el medio ambiente; marco normativo ambiental; participación y decisión de las comunidades; recurso hídrico como derecho fundamental en Colombia; la responsabilidad de la implementación del fracking de los entes gubernamentales de control y privados.

Instrumento formulado desde el proyecto de investigación

Contextualización y planteamiento de la problemática

El hombre, en su búsqueda de fuentes de recursos energéticos, ha contemplado la extracción de hidrocarburos como una alternativa desde finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. Sin embargo, este recurso natural no solo es considerado como no renovable, sino que, además, ha suscitado debates en torno a los efectos ambientales y a la limitación de los recursos naturales. Esto, ha generado diversas discusiones entre quienes abogan por la explotación de los recursos, y quienes defienden regímenes de transición energéticos y de satisfacción de los recursos naturales.

La explotación de hidrocarburos ha adquirido gran relevancia en la economía de los países, para la consolidación de las riquezas de los Estados y de algunas fortunas privadas. En este sentido, recursos como el petróleo han resultado de vital importancia para el sostenimiento de la vida humana del siglo XX y XXI.

De allí que se esté en una constante búsqueda de nuevos métodos para obtener hidrocarburos, sobre todo, en yacimientos no convencionales, entre los que sobresale la fracturación hidráulica. El fracking es “(...) una técnica que permite extraer el llamado gas de esquisto, un tipo de hidrocarburo no convencional que se encuentra literalmente atrapado en capas de roca, a gran profundidad” (Martins, 2013, p.).

El fracking o técnica de fractura hidráulica o estimulación hidráulica en yacimientos no convencionales, posibilita la extracción de gas y petróleo del subsuelo y, por tanto, el incremento de las reservas de hidrocarburos en el país.

Sin embargo, estos procesos generan impactos ambientales que, pese a haber sido denunciados en diversos escenarios, su regulación ha sido escasa; y por los mismos vacíos normativos, esta actividad se ha mantenido dentro de la economía (Salcedo, 2016)

Debido a ello, este trabajo busca analizar, por un lado, si desde el punto de vista socio-jurídico, Colombia está preparado para aplicar esta técnica en su territorio; y, por el otro, las consecuencias jurídicas, sociales y ambientales por su incorporación en el Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” 2018-2022; a través del documento

denominado “Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022” el cual es parte integral del Plan, por cuanto los efectos de esta técnica aún son inciertos en el largo plazo y pueden representar peligros para las comunidades, el medio ambiente e incluso para la economía de la nación.

Pregunta Problema

¿De qué forma la explotación de hidrocarburos, a través de la técnica del *fracking*, puede ser abordada desde el principio de precaución en el marco del derecho ambiental en Colombia, conforme a lo contemplado en el Plan Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad 2018-2022, como política nacional de los próximos cuatro años?

Hipótesis principal

La presente investigación parte de la incapacidad del Estado de regular la extracción del *fracking*, de cara a garantizar un desarrollo económico que responda a las lógicas de crecimiento, al componente ambiental y a su fuerte incidencia constitucional y convencional en materia de protección al medio ambiente.

A partir de una investigación equilibrada y libre de sesgos, se buscará plantear la viabilidad normativa, debatida en el Consejo de Estado, respecto de los beneficios que la actividad de extracción de hidrocarburos puede generar para la economía colombiana.

Así pues, se tendrán en cuenta los principios del Derecho Ambiental, los cuales funcionan como criterios guías que permiten anticiparse a riesgos, para prevenir el daño ambiental y salvaguardar el medio ambiente como un interés jurídico tutelado.

En este sentido, la hipótesis principal radica en la aplicación del principio de precaución, como uno de los principios del Derecho Ambiental, que permite anticipar los riesgos del *fracking*.

Justificación

La regulación de políticas ambientales en Colombia ha consolidado un nuevo espectro en la protección de los intereses individuales y la noción de los derechos colectivos. Esto, ha permitido entrelazar la potestad del Estado de explotar los recursos del subsuelo con la revisión de los riesgos y oportunidades provenientes de la explotación de hidrocarburos mediante *fracking*.

En ese sentido, esta investigación resulta conveniente, toda vez que la gestión ambiental, en términos jurídicos, guarda correspondencia, en primer lugar, con la protección de los medios esenciales para el buen vivir de los ciudadanos. Y, en segundo lugar, supone la materialización de una normativa nacional – artículos 79 y 80 de la Constitución Política; la Ley 99 de 1993 y Decreto 2811 de 1974, e internacional -Declaración de Estocolmo de 1992 y la Declaración de Río de Janeiro de 1992, que buscan proteger el medio ambiente a través de la implementación de planes y programas de gobierno.

De allí que previo que permita entender los efectos sociales y jurídicos generados como consecuencia de esta actividad, así como las posibles vulneraciones de derechos, la apertura de oportunidades de inversión y desarrollo vía regalías, así como sus riesgos y beneficios.

Con ello se busca, no solo otorgarle garantía a los ciudadanos, sino que además le permite al Estado, en sede internacional, publicitarse y mostrar avances en materia de gestión y protección de sus recursos naturales como un valor agregado en un contexto de biocentrismo (cf. Vargas-Chaves, Rodríguez, Cumbe-Figueroa & Mora-Garzón, 2020), para efectos de promoción del potencial social, económico y cultural del mismo. Esto se traduce en mayores posibilidades de inclusión en distintas dinámicas de integración y participación en la globalización.

En suma, uno de los mayores aspectos que reviste la implementación del fracking en el plan de desarrollo, es que mediante la aplicación de planes, proyectos y programas, que permitan estructurar sistemas alrededor de la idea central, se puedan identificar necesidades y soluciones en el corto, mediano y largo alcance, de forma tal que el desarrollo social sea sostenible y acorde con las necesidades de cada grupo social a nivel específico (familia, vecindario, barrio, comuna, municipio o ciudad, departamento y país).

Objetivos

Objetivo General

Establecer la manera en que la explotación de hidrocarburos, a través de la técnica de *fracking*, atiende a los principios generales del Derecho ambiental -y en particular al principio de precaución- en Colombia, acorde con los preceptos del Plan Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad 2018-2022, como política nacional de los próximos cuatro años

Objetivos Específicos

1. Identificar el régimen jurídico ambiental colombiano y las obligaciones a cargo del Estado de cara a anticiparse a riesgos en materia ambiental, donde el principio de precaución juega un rol clave.
2. Ponderar los beneficios y los impactos negativos que trae consigo el fracturamiento hidráulico, a partir de las experiencias en otros países.
3. Analizar a la luz del principio de precaución el Plan de Desarrollo 2018- 2022 como instrumento para preservar el ambiente e impulsar el desarrollo sostenible, haciendo un particular énfasis en el caso del fracking.

Metodología

La presente investigación fue desarrollada desde un enfoque analítico documental, el cual buscó entender, clasificar en diversas categorías e interpretar la información (Gómez, 2011) referencia a través de un estado del arte, que permitiera abarcar la legislación y las condiciones establecidas para la explotación de hidrocarburos por facturación o fracking, a partir de estudios realizados en diversos países. Esto, teniendo en cuenta que, en Colombia, dicha actividad fue recientemente implementada.

Es necesario resaltar que la metodología elegida para el análisis de los efectos positivos y negativos del fracking, se desarrolla a partir de un enfoque analítico documental basado en aproximaciones teóricas contemporáneas del derecho ambiental, fuentes teórico-jurídicas, normativas - doctrinales y reflexiones críticas en materia ambiental. Todas estas analizadas desde un enfoque sistemático que llevó a integrar distintas disciplinas del saber, ya que estos consolidan esquemas de protección colectivos de derechos, tanto de los ecosistemas, como de los mismos ciudadanos.

Por ese motivo, la información recopilada hace parte de las fuentes propias de una investigación cualitativa, orientada a la interpretación, comprensión y generación de conocimiento propio (Gómez, 2011, p. 230), en donde a través de diversos métodos y técnicas interpretativas, se buscó exponer de forma descriptiva, descodificar, analizar e inclusive traducir a un lenguaje más minucioso el significado de hechos que ocurren más o menos de manera natural (Álvarez et al., 2014) sobre el presente tema.

Adicionalmente, se realizó un estudio exhaustivo del tema a tratar, respecto a “la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema” (Vera, s.f., p. 2) del fracking.

Por ello, estos textos pretenden formular soluciones y propuestas conceptuales, teóricas y prácticas sobre el impacto ambiental de la explotación de hidrocarburos por fracturación, desde la perspectiva del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Lo anterior, dado que esta actividad representa una serie de variables no solo ambientales, sino jurídicas e incluso económicas en

términos de gobernabilidad, viabilidad y solución a las necesidades del país en materia de ingresos y competitividad.

En aras de alcanzar el objeto de la investigación, se utilizó información proveniente de fuentes secundarias, como lo son las sentencias de los Altos Tribunales, las normas de derecho interno y comparado; así la metodología de análisis documental escogida permitió combinar diferentes tipos de métodos socio-jurídicos, desde la revisión sistemática de la literatura recopilada informes y aproximaciones teóricas, hasta el análisis hermenéutico de la doctrina jurídica y la normatividad vigente en materia de derecho ambiental, para su respectiva utilización en el documento final de tesis.

Dentro de los aspectos metodológicos que abarcan el proceso de investigación desarrollado, es preciso mencionar que para el análisis y clasificación de la información se utilizaron instrumentos, matrices y fichas de resumen, entre ellos las matrices de Resumen Analítico Especializado RAE, matriz de Diseño Marco Metodológico, estrategias como la estructura de causa y efecto, entre otras.

Además de la documentación disponible a través de buscadores genéricos, la literatura especializada fue extraída de artículos publicados en revistas académicas indexadas en bases de datos como Scopus, Scielo, Redalyc, Scholar, Google académico, entre otras. Los artículos estudiados, fueron recolectados desde ecuaciones forzadas y no forzadas de búsqueda mediante palabras claves en castellano y en inglés, tales como: Fracturación hidráulica, Impacto Medio Ambiente, Permeabilidad, Recurso Hídrico, Rocas lutitas, Yacimientos No Convencionales, entre otras. De esta manera fue posible incorporar textos que evidenciaran enfoques explícitos del tema delimitado.

De tal modo, fue posible concluir que el principio de precaución puede llegar a ocupar un rol preponderante y clave para la salvaguarda de las condiciones de habitabilidad en el planeta, y en la generación de soluciones de sostenibilidad en lo económico, social y ambiental.

Capítulo 1. Los hidrocarburos y las técnicas de exploración y explotación

1.1 Los hidrocarburos: conceptos claves

¿Qué son los hidrocarburos?

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos a base de carbono e hidrógeno, que se localizan “al interior de la tierra, sepultados en capas y capas de roca y de suelo” (Ondarse, 2021pg33); y que se producen por la descomposición anaeróbica de considerables cantidades de materia orgánica, proveniente de seres vivos (Ondarse, 2021).

Estos “pueden encontrarse de forma líquida natural (petróleo), líquida por condensación (condensados y líquidos del gas natural), gaseoso (gas natural) y sólido (en forma de hielo como son los hidratos de metano)” (Secretaría de Energía del Gobierno de México, 2015, párr. 1). De allí que, gracias a su potencial energético y químico, sean una parte fundamental de algunas industrias productoras de energía (Ondarse, 2021).

Características de los hidrocarburos

- Si bien se componen principalmente por carbono e hidrógeno, también pueden contener aditivos de otros elementos o de otros grupos radicales (Ondarse, 2021).
- Sus átomos de carbono integran la estructura del compuesto; y los de hidrógeno, algunas ocasiones, sirven de puente para conservarlos unidos en una configuración determinada (forma, estructura y orientación) (ídem).
- Pueden tener un armazón de moléculas lineal o ramificado, abierto o cerrado. Su ordenamiento y cantidad de componentes determina su ubicación en alguna clasificación (ídem).
- Son altamente inflamables y tienen una gran capacidad energética que los hace una excelente materia prima para la transformación industrial y la obtención de energía (ídem)
- En su mayoría son tóxicos, y pueden emanar vapores peligrosos para la salud (ídem)

Clasificación de los hidrocarburos

Se clasifican acorde a su tipo de estructura y los tipos de enlace entre sus átomos. Según la primera clasificación, se distinguen dos categorías:

- *Hidrocarburos acíclicos o de cadenas abiertas.* Tienen una cadena de moléculas que no se cierra sobre sí misma. Se dividen en lineales (con forma de línea) o ramificados (con diversas ramificaciones) (Ondarse, 2021).
- *Hidrocarburos cíclicos o de cadenas cerradas.* Son las que poseen una cadena de moléculas que se cierra (ídem).
- *Hidrocarburos aromáticos.* Tienen un anillo aromático, es decir, una estructura cíclica que de acuerdo con la regla de Hückel, tiene electrones deslocalizados en un compuesto aromático y que se representa $4n + 2$ (ídem).
- *Hidrocarburos alifáticos.* No tienen anillo aromático. Su nombre deriva del griego *aleiphar*, que significa grasa, debido a que se conseguían por la descomposición de aceites y grasas. “Se clasifican en saturados (dotados de enlaces atómicos simples) e insaturados (que poseen al menos un enlace múltiple, doble o triple)” (ídem).

Importancia de los hidrocarburos

Los hidrocarburos, en primer lugar, se pueden utilizar como materia prima para obtener diversidad de productos. En segundo lugar, y debido a su potencial energético – por su combustión fácil e intensa-, pueden ser empleados en diversas industrias; ya sea para la fabricación de materiales, partes de máquinas, electrodomésticos, solventes y hasta generación de energía eléctrica. Sin embargo, por tratarse de recursos no renovables, su utilización debe darse de forma responsable (Ondarse, 2021).

Derivados y aplicaciones de los hidrocarburos

Los hidrocarburos son compuestos que tienen diferentes tipos de utilidades para el hombre, entre los que destacan:

- La generación energética. Los hidrocarburos se emplean para generar electricidad. De allí que sus principales plantas reciban el nombre de termoeléctricas (Ramos y Montenegro, 2012, p. 1). Sin embargo, es importante resaltar que existen fuentes de energía más amigables con el medio ambiente

y que, al igual que los hidrocarburos, pueden contribuir en la realización de diversas actividades (Ondarse, 2021).

- La generación de combustibles. Con los hidrocarburos se generan varios tipos de combustibles como la gasolina, diésel o gas natural licuado. Estos se emplean para la locomoción los vehículos o para el funcionamiento de artefactos necesarios para el hogar como cocinas, calentadores, entre otros (ídem).
- La obtención de plásticos. Con los hidrocarburos se generan diversos tipos de plásticos y otros materiales. Entre las características de los materiales se encuentra que son eficaces, baratos y sencillos de fabricar. Por lo mismo, hay una gran industria en torno a ellos (ídem).
- La fabricación de solventes y otros productos. A través de los hidrocarburos se generan diversos productos, entre los que destacan “de limpieza, fertilizantes, o el betún” (ídem).

1.2 Evolución de la industria extractiva de hidrocarburos

La industria extractiva ha evolucionado de forma significativa a lo largo de los años; de esta manera, algunos países encontraron en estos recursos una fuente aprovechable para la creación de ciertos inventos (Fitzsimons, 2017).

Así pues, puede considerarse que la industria petrolera moderna aparece en la segunda mitad del siglo XIX, en los Estados Unidos, en el estado de Pennsylvania, con la explotación de los primeros yacimientos de petróleo (Fitzsimons, 2017, p. 210).

La primera máquina de perforación, que funcionaba a través de vapor, fue creada en 1859 (Maugeri, 2006). Gracias a ella, se pudo producir crudo suficiente para fabricar queroseno en gran escala; permitiendo brindar iluminación a las ciudades. Este hidrocarburo fue la fuente principal de demanda dentro del mercado en este siglo (Fitzsimons, 2017, p. 211).

Si bien Estados Unidos inició una producción industrial orientada al mercado interno; su industria petrolera estaba orientado en la exportación de hidrocarburos hacia el continente europeo. De esta manera, se estima que hacia mediados de la década 1880, el 70% del querosén refinado era exportado hacia los países europeos, su principal mercado (Chandler y Hikino, en Fitzsimons, 2017, p. 211).

Para Fitzsimons (2017), la primera etapa petrolera abarca desde la primera perforación en el estado de Pennsylvania, hasta la primera guerra mundial. En esta fase, se establecen los principales capitales individuales que definieron la acumulación de capital en la rama petrolera a nivel mundial en gran parte del siglo XX.

Estados Unidos tuvo diversas ventajas sobre Europa Occidental; sobre todo, porque esta última región no tenía reservas petroleras; impidiéndole competir y formar parte de la estructura global de la industria.

Es a partir de 1870, con la empresa *Standard Oil*, que se inicia con la centralización del proceso de refinación. Durante este período, las economías de escala en la refinación eran mucho mayores que en la extracción. Pero, gracias a las diversas estrategias diseñada por esta compañía, se logró aumentar la escala de refinación.

Standard Oil diseñó una estrategia basada en los procesos de fusiones, en donde podía adquirir una ventaja productiva, abaratando los costos de transporte y de comercialización. Adicionalmente, absorbió las actividades de transporte y comercialización.

En cuanto a la extracción del petróleo, esta estuvo en pocos capitales menores que recibían el nombre de independientes. Por este motivo, se consideraba que para inicios de la década de 1880, *Standard Oil* era dueño “del 90% de las refinerías, la mayoría de los tanques para el transporte ferroviario y tenía la mayor flota marítima de transporte” (Fitzsimons, 2017, p. 212).

Por su parte, los países latinoamericanos le dieron prioridad a la extracción, perdiendo así ventaja competitiva en la refinación; generando la importación irregular de hidrocarburos. Con ello, puede considerarse que, a diferencia de Europa, Latinoamérica ha tenido como ventaja la existencia de una reserva petrolera, que le ha permitido contar con la tecnología para extraer, y focalizar la atención en la refinación y empleo de los hidrocarburos para el impulso de la industria nacional.

Para las últimas dos décadas del siglo XIX, surgieron nuevas áreas de producción petrolera. De esta forma, fue posible la creación de capitales europeos basados en estos procesos. La compañía Royal Dutch Shell, fue creada en la primera década del siglo XX, por la fusión de dos capitales individuales diferentes (Chandler y Hikino, en Fitzsimons, 2017, p. 213).

El primero pertenecía a *Shell Transport Trading Company*, que realizó innovación técnica en el transporte de crudo marítimo. Dicha empresa era la primordial transportadora y comercializadora del petróleo ruso del Cáucaso. La extracción de esa región la realizaban países de Europa Occidental (Chandler y Hikino, en Fitzsimons, 2017, p. 213).

El segundo capital, correspondía a *Royal Dutch Company*, que descubrió reservas petroleras en Indonesia. Precisamente por ser una colonia holandesa, decidió asociarse con Shell para realizar el transporte de los hidrocarburos y su comercialización en Europa (Chandler y Hikino, en Fitzsimons, 2017, p. 213).

En suma, la consolidación de los capitales europeos petroleros, basados en la innovación en el transporte marítimo de los hidrocarburos y en el descubrimiento de reservas petroleras en colonias europeas, se dio gracias al proceso de fusión de dos grandes compañías que buscaban los beneficios de la extracción y el transporte de hidrocarburos.

La combinación de todos los elementos le permitió a Europa Occidental ubicarse dentro del mercado petrolero, gracias a las ventajas económicas derivadas de la extracción y refinación de hidrocarburos. Las empresas que se fusionaron, aprovecharon y combinaron las ventajas que tenían para tener presencia en el mercado de los hidrocarburos. De allí que este proceso no se basara únicamente en la extracción, sino también el transporte, refinación, y aplicación en la industria nacional y comercialización.

En cuanto a la industria petrolera de los Estados Unidos, se tiene que, a partir de 1900 y hasta la Primera Guerra Mundial, la hegemonía de la compañía *Standard Oil* se vio disminuida por dos causas principales. La primera, porque aparecieron compañías competidoras por las nuevas zonas de extracción en Texas y California.

En esas regiones aparecieron nuevas empresas enfocadas a la exploración, extracción y poco a poco a la refinación del petróleo. Entre las empresas más importantes estuvieron *Gulf Oil*, *Texaco* y *Union Oil* (luego Unocal) (Chandler y Hikino, 1990, en Fitzsimons, 2017, p. 214).

La segunda razón fue porque la Corte Suprema, en 1911, determinó la división de *Standard Oil* en más de 30 empresas independientes (Fitzsimons, 2017). Como puede recordarse las empresas que constituían *Standard Oil* se enfocaban más a la refinación y algunas a la extracción.

Así, “hacia 1920 las principales empresas estadounidenses tenían inversiones en todas las etapas, aunque ninguna de ellas buscó un balance completo entre las diferentes actividades” (Chandler y Hikino, 1990, en Fitzsimons, 2017, p. 214).

Cabe resaltar que la industria petrolera norteamericana se consolidó por diversos factores. El primero, fue la innovación; y el segundo, tuvo relación con la existencia de prácticas competitivas en este mercado.

Estas prácticas abarcaron todas las actividades relacionadas con los hidrocarburos: exploración, extracción, refinación, transporte o comercialización. Debido a esto, sus actividades fueron desarrollada de forma equilibrada, permitiéndole especializarse en alguna de las dos principales fases que dominaban la extracción o refinación.

Al finalizar la Primera Guerra Mundial, empresas como British Petroleum, Shell y Exxon, se consolidaron como las principales empresas petroleras a nivel global durante los siguientes 50 años. Sin embargo, para la década de los veinte se sumaron otras empresas norteamericanas: Chevron, Mobil, Gulf y Texaco.

Estas empresas, conocidas como ‘Las siete hermanas’, dominaron la escena internacional petrolera durante las siguientes décadas. Del mismo modo, y a nivel local, Amoco y Unocal se basaron en la producción doméstica estadounidense de hidrocarburos, llegando a constituirse como una de las empresas más importantes por su tamaño (Fitzsimons, 2017).

En realidad, son pocas las empresas que tenían presencia en el ámbito mundial. Aunque al interior de Estados Unidos existían más empresas dentro de este mercado, fueron pocas las que lograron ubicarse en la competencia internacional. Esto, por supuesto, no significa que no contribuyesen al desarrollo de la industria petrolera.

Sin embargo, y a diferencia de lo que ocurría con Estados Unidos, en donde se producía más del 60% del total de la producción petrolera, la industria petrolera mundial se estructuró en relación con escasos capitales individuales. (Fitzsimons, 2017).

En cuanto al desarrollo de la industria de hidrocarburos en América Latina, se tiene que fue México quien empezó con la expansión en la preguerra debido a su cercanía con Texas. Allí

fue descubierto el primer yacimiento importante por una empresa británica; convirtiéndose, para 1994, en el tercer productor mundial; y para 1921, en el segundo (Fitzsimons, 2017). Cabe mencionar que Estados Unidos fue su principal destino de producción.

Pese a lo anterior, México sufrió un estancamiento basado en dos razones principales. La primera, como consecuencia de las diferencias entre el Estado nacional y las empresas extranjeras. La segunda, porque se descubrieron yacimientos en Venezuela con mayor rendimiento que los yacimientos de México, y con términos más favorables que las concesiones de otros lugares, incluido Medio Oriente. Todos estos factores generaron que se trasladaran las inversiones y operaciones de las empresas que operaban en México a Venezuela (Fitzsimons, 2017).

Las empresas norteamericanas como Exxon, Gulf, Amoco y Mobil se agregaron a Shell. La producción de hidrocarburos se fortaleció en los años treinta; y Venezuela se convirtió en el principal exportador y tercer productor mundial. En esa época los capitales más importantes de este país fueron Exxon y Shell; quienes sumaban la producción del 90% (Maugeri, 1990, en Fitzsimons, 2017).

Aunque estos dos países latinoamericanos tuvieron grandes avances, a diferencia de Estados Unidos, no lograron desarrollar compañías que explotaran sus recursos. Por lo mismo, una parte su riqueza salía hacia Estados Unidos. Esto significó un atraso en las áreas de refinación y en el impulso de la industria relacionada con los hidrocarburos.

El consumo mundial de petróleo aumentó seis veces más después de la aprobación del plan Marshall en 1948. Derivado de este plan, se expandieron todos los medios de transporte; y se empleó el petróleo para generar energía industrial, desarrollándose la petroquímica. Paralelamente, se reemplazó de forma definitiva el carbón por el petróleo como fuente principal de energía a nivel mundial (Maugeri, 1990, en Fitzsimons, 2017).

Para el período de 1938 a 1940, Arabia y el Medio Oriente surgieron como potenciales regiones en cuanto a sus reservas de hidrocarburos. Esto, sin contar con el bajo costo requerido para extraer los hidrocarburos (Maugeri, 1990, en Fitzsimons, 2017). Con ello, el desarrollo real de Arabia y Medio Oriente inició entre 1950 y 1973, gracias a que su producción se elevó 12 veces más, logrando reducir a la mitad el costo de extracción.

La diferencia en el rendimiento de estas regiones se puede demostrar con datos; *verbigracia*, en 1970 el costo promedio por barril en Texas era de un dólar y medio; en Venezuela de un dólar y en “el golfo pérsico era de once centavos de dólar por barril” (Maugeri, 1990, Fitzsimons, 2017).

Lo anterior significa, entonces, que la expansión del consumo en estos países fue posible gracias a su capacidad de expandir su producción, permitiendo un descenso en los precios del petróleo (Fitzsimons, 2017). Es decir, esta disminución en los costos de la producción de hidrocarburos, le permitió a Medio Oriente adquirir competitividad frente a otros países y empresas.

A partir de la década de los cincuenta, inicia el crecimiento de las empresas independientes. Por ejemplo, en Venezuela, desde 1956, le otorgaron nuevas concesiones a empresas como Sun, Sinclair y Phillips, cuya producción, para 1961, logró hasta el 10% de la extracción total; y el 15% para 1966. Sin embargo, estas compañías vieron limitada su expansión, debido a los cupos de importación que se impusieron en Estados Unidos; situación que les afectó enormemente, toda vez que estas tenían sus redes de comercialización en dicho país (Fitzsimons, 2017).

Las empresas independientes de capital principalmente norteamericano estuvieron presentes en Libia; e impulsaron la producción y el desarrollo del país a partir de los descubrimientos de 1959. Por lo anterior, las empresas independientes tenían la mitad de la producción del petróleo libio. Dentro de las compañías más importantes se encuentran Continental, Marathon y Amerada. Otras empresas fueron Amoco y Phillips.

En el golfo pérsico se realizó la producción *offshore* mediante contratos de “asociación de la ENI italiana y Amoco con el gobierno iraní, firmados en 1957 y 1958. En esos años los gobiernos de Kuwait y Arabia Saudita también firmaron acuerdos con empresas independientes para la explotación offshore en el Golfo” (Parra, 2003, en Fitzsimons, 2017, p. 230).

Para 1951, la National Iranian Oil Company es nacionalizada por el Gobierno Irán. “en 1951 el Gobierno de Irán nacionaliza la National Iranian Oil Company. Del mismo modo, y durante ese mismo año, se crea ECOPETROL en Colombia (Ssecoconsulting.com, s.f., p.5). En Chile, el 19 de junio de 1950, y gracias a la Ley N° 9.618, se creó la Empresa Nacional del Petróleo

(Ssecoconsulting.com, s.f., p.5).

Finalmente, en Colombia, la existencia del petróleo se remontó a los tiempos de la conquista; incluso antes, con la aparición del crudo en Barrancabermeja. Empero, fue gracias a la industrialización del sector, que este se desarrolla alrededor del siglo XX.

La Agencia Nacional De Hidrocarburos (ANH) hace un recuento histórico de varios sucesos, entre los cuales destaca:

- 1536: Conocimiento de la existencia del petróleo por acompañantes de Gonzalo Jiménez de Quesada.
- 1903: Primeras reglamentaciones en materia petrolera en el gobierno de Rafael Reyes.
- 1905: Promulgación del Decreto No. 34 que facultó al poder ejecutivo para otorgar concesiones petroleras.
- 1905: Se otorgó a Roberto De Mares la concesión petrolera.
- 1919: Se traspasó, el 25 de Agosto, la concesión de Mares a la *Tropical Oil Company*, en la notaría tercera de Bogotá.
- 1924: El 8 de octubre se inició la primera huelga de la Tronco en Barrancabermeja.
- 1924: Se declaró que la huelga estaba “fuera de la ley“ el 11 de octubre por el gerente de la *Tropical Oil Company*.
- 1927: Segunda huelga de la Tronco en Barrancabermeja, en enero.
- 1931: Se expidió la Ley 37 o “Ley del Petróleo“, en el gobierno de Enrique Olaya Herrera.
- 1951: Reversión de la concesión de Mares a la empresa del Estado colombiano ECOPETROL.
- 1969: Promulgación de la Ley 20 que sirve de base para el Contrato de Asociación.
- 1983: Descubrimiento del yacimiento Cañón Limón.
- 1988: Perforación de 73 pozos A3 en el año de 1988.
- 1993: Descubrimiento del yacimiento Cupiagua.

- 2003: Creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH.
- 2004: 21 contratos E&P firmados. 7 contratos TEA'S firmados
- 2007: Ronda Caribe. Primera ronda Realizada
- 2010: Constitución del Nuevo Sistema General de Regalías.
- 2012: 1.000.000 barriles promedio día (BPCD) (ANH, 2014)

1.3 Yacimientos convencionales

Los yacimientos convencionales se caracterizan porque los hidrocarburos y la migración de estos se generan en rocas. Allí, se articulan como trampas estructurales, estratigráficas o mixtas.

Los hidrocarburos se forman en la roca generadora, la cual “está compuesta por una acumulación de material orgánico y rocas que se almacenaron durante largos periodos de tiempo” (Pérez, 2015, p. 12).

La formación de estos hidrocarburos depende de la cantidad de años que pasen, de la acumulación de sedimentos y rocas, y de las condiciones de temperatura y presión, que permiten que la materia orgánica se transforme y descomponga. Estos elementos migran por medio de las diversas formaciones geológicas, hasta encontrar una roca impermeable que impida su paso; dicha roca recibe el nombre de roca sello (Pérez, 2015).

Los yacimientos convencionales son pequeños volúmenes, fáciles de explotar, de mediana a alta calidad, y cuya extracción resulta más económica (Pérez, 2015). Además, poseen “permeabilidades de cientos de millidarcies (mD), varios órdenes de magnitud más que las observadas en las alturas” (Pérez, 2015, p. 30).

1.4 Yacimientos no convencionales

En el caso de los yacimientos no convencionales “el hidrocarburo, gas o aceite permanece en la roca generadora, es decir, no migra a una roca almacenadora, a diferencia de los yacimientos convencionales” (Pérez, 2015, p. 13). Lo anterior implica que la roca generadora y la roca almacén sean la misma (Pérez, 2015).

De allí que una de sus principales características sea que los hidrocarburos no migran; y por lo tanto, permanecen en su lugar original, generando que el yacimiento se selle por sí mismo (Pérez, 2015). Sin embargo, esto representa como desventaja que su extracción sea más compleja; requiriendo que, para la extracción de aceite y gas, se requiera de una mejor de tecnología (Pérez, 2015).

Los diferentes tipos de yacimientos no convencionales son: el petróleo en capas de baja permeabilidad; gas en arenas compactas; esquistos gasíferos; petróleo pesado; metano en lechos de carbón; hidratos de gas y esquistos petrolíferos (Pérez, 2015).

En cuanto a los tipos de crudos no convencionales se encuentran: aceite pesado, aceite en lutitas, arenas bituminosas y aceite en rocas compactas. El primero es “petróleo en estado líquido de alta densidad. Se extrae de la roca mediante la inyección de vapor o polímeros” (Pérez, 2015, p. 15). Y el segundo, es el “petróleo producido directamente de la roca madre”. Las terceras, son “arenas impregnadas en bitumen, que es un hidrocarburo de muy alta densidad y viscosidad” (p. 15) pero el bitumen cuando se encuentra en estado natural no tiene la capacidad de fluir al pozo (Pérez, 2015). Y el cuarto es “petróleo proveniente de yacimientos con baja porosidad y permeabilidad” (p. 15).

Los tipos de gas convencional son *shale gas*, *tight gas*, *coal bed* de metano. El primero, es gas encerrado en rocas arcillosas con alto contenido en materia orgánica y muy baja permeabilidad. El segundo, es gas natural encerrado en rocas con baja porosidad y permeabilidad. El tercero, es “gas extraído de capas de carbón. Debido a su alto contenido en materia orgánica el carbón retiene gran cantidad de gas absorbido (...) Este, es un compuesto sólido similar al hielo que contiene metano” (Pérez, 2015, p. 15).

Es menester resaltar que los yacimientos de hidratos de metano han dejado de ser reserva, toda vez que no existe tecnología necesaria para su explotación (Pérez, 2015).

Capítulo 2. El fracking

2.1 Fracking: conceptos claves y técnica

La Asociación Colombiana del Petróleo y Gas define el fracking como “la fracturación hidráulica, fractura hidráulica o estimulación hidráulica (también conocida por el término en inglés fracking) es una técnica para posibilitar o aumentar la extracción de gas y petróleo del subsuelo” (ACP, 2021).

Otra definición del fracking la provee la publicación especializada ‘Semana Sostenible’, quien lo define de la siguiente manera:

(...) una forma de explotación de hidrocarburos en la que una mezcla de agua, arena y productos químicos es inyectada al subsuelo a alta presión con el fin de fracturar la tierra y liberar los hidrocarburos en forma de gas que están en los esquistos que son la parte más profunda de este subsuelo (Semana.com, 2014, párr. 1).

La Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA) define al *fracking* como

(...) una técnica para extraer hidrocarburos no convencionales como el gas y el petróleo de esquisto (*shale gas* o *shale oil* por sus nombres en inglés), el gas en arenas compactas y el gas de carbón. Consiste en taladrar verticalmente bajo tierra (de mil a cinco mil metros) y luego horizontalmente (de mil a cuatro mil metros) e inyectar a muy alta presión un fluido para fracturar rocas que contienen hidrocarburos de difícil acceso y liberarlos. El fluido está compuesto de una mezcla de agua, arena y diferentes químicos contaminantes. Los hidrocarburos no convencionales están albergados en formaciones que generalmente tienen muy baja o nula permeabilidad. Por tanto, la fractura hidráulica se aplica para conseguir que el hidrocarburo fluya y salga a la superficie a través del pozo. (Pérez et al, 2016, p. 13)

Del mismo modo, estos autores consideran que es importante no confundir la fracturación hidráulica en los yacimientos convencionales de aquella que se desarrolla en los de tipo no convención.

Pues, el primero es una técnica que lleva ya 60 años utilizándose por varios países; inclusive, de América Latina, como lo son Colombia y Argentina. Ambos países la han utilizado

como técnica para optimizar la extracción de hidrocarburos convencionales desde 1950 (Pérez et al, 2016).

Por su parte, el fracking en yacimientos de tipo no convencionales es una técnica que se empezó a implementar a inicios de los años 90' en países como Estados Unidos. Debido a su reciente utilización, se considera que todavía se encuentra en proceso de experimentación a nivel global (Pérez et al, 2016).

2.2 Historia y evolución del fracking

La fracturación hidráulica tiene sus orígenes en el siglo XIX, con Edward A. L. Roberts quién la denominó *exploiting* torpedo y la patentó en 1865. En esta técnica se empleaban “detonaciones de dinamita y nitroglicerina para fracturar el subsuelo e incrementar la producción de petróleo y gas natural en yacimientos ubicados en estados como Pensilvania, Kentucky, y West Virginia” (Macías, 2014, párr. 3.).

Para la década de los 40, se siguió experimentando con el método de fracking; llegando a realizarse entre el 5% y el 8% de exploraciones petrolíferas con este tipo de técnica, en aras de potenciar la obtención de hidrocarburos para aumentar la productividad.

Por otra parte, el embargo petrolero que impuso la OPEP en 1973 trajo una serie de consecuencias en Estados Unidos. Una de ellas es la subvención de la inversión en tecnología para mejorar la extracción de hidrocarburos.

Un claro ejemplo de lo anterior fue la inversión de George Mitchell, quien pese a no obtener los resultados esperados en un primer plano, apoyó la idea de Nick Steinseberg. Así, en 1998, se creó “una versión *low cost* de su concepto de fracking. La idea era infiltrar las rocas con un compuesto mucho más natural, hecho en un 99% de agua” (Libremercado.com, 2018, párr. 12); de esta manera, lograron implementar esta técnica con éxito.

2.3 El fracking en otros países

Los países con mayores reservas de *shale* gas recuperable por fracking y por continente son China, Argentina, Argelia, Estados Unidos, Canadá, México, Australia, Sudáfrica, Francia, Polonia, Inglaterra, Alemania, Bulgaria y Suiza (Agencia de Información Energética de Estados Unidos, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018).

Tabla 1

Países con mayores reservas de shale gas recuperables por fracking

País	<i>Shale</i> gas recuperable Trillones de m ³
Norteamérica	
Canadá	16.2
Estados Unidos	17.6
México	15.43
Sudamérica	
Argentina	22.6
Europa	
Francia	3.89

Polonia	1.9
Inglaterra	0.73
Alemania	0.48
Bulgaria	0.47
Suiza	0.27
Asia	
China	31.57
África	
Argelia	20.01
Sudáfrica	11.03
Oceanía	
Australia	12.15

Nota. Agencia de Información Energética de Estados Unidos, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018, p. 2. Elaboración propia. Tomado de “título” por Inicial nombre. Apellido. Año. (url). Adaptado de “Agencia de Información Energética de Estados Unidos, en Centro de Estudios Internacionales” por G. Bosques. 2018. (url)

Sin embargo, dentro de este proceso de extracción de hidrocarburos, solo Estados Unidos, China, Canadá y Argentina cuentan con recursos suficientes para extraer volúmenes suficientes de *shale gas* y *shale oil* para comercializarlos. Esto, les permitió fortalecer su economía y aumentar sus reservas, al implementar la explotación de yacimientos no convencionales como un eje dentro de sus actividades económicas (SGK planet, s.f., párr. 1).

Dentro de estos países, Estados Unidos es el más avanzado en la producción de shale oil; pues en el desarrollo de la explotación de hidrocarburos ha empleado “técnicas combinadas de perforación vertical-horizontal profunda y estimulación hidráulica de rocas mediante fracking” (SGK planet, s.f., párr. 1).

Cabe resaltar que en el mundo, 45 países cuentan con reservar probables o probadas de esquistos. Empero, esto no significa que todas puedan ser explotadas; ya sea por la baja calidad de hidrocarburos o por razones técnicas que imposibilitan esta actividad. México y Colombia son países que en la actualidad están intentando implementar el fracking dentro de sus economías; Argelia y Rusia, en cambio, lo consideran como un plan a futuro (SGK planet, s.f., párr. 1).

En Australia, para abril del 2018, se estableció que la moratoria sobre el fracking en el territorio del Norte iba a ser levantada; y para ello, se aplicará una regulación más estricta para evitar la exploración o explotación de hidrocarburos (Agencia Reuter, 2018).

Para el 2018, el Gobierno del Reino Unido anunció una serie de medidas para incentivar y acelerar el desarrollo de proyectos de fracking; esta planificación de los proyectos provenía de empresas privadas. Dentro de los estudios realizados, se estableció que para reducir en un 50% las importaciones de gas a este territorio, era necesario contar con más de 6.000 pozos para fracturación hidráulica (SGK planet, s.f., párr. 3).

Lo anterior, no obstante, representaba la posibilidad de que, en caso de aceptar una consulta sobre la exploración de gas esquisto para este desarrollo, las empresas tenían la facultad de iniciar el proceso de perforación sin haber realizado previamente la “permisología de planificación, evaluación de impacto ambiental o la aprobación de los gobiernos locales” (SGK planet, s.f., párr. 3).

Otro caso que puede traerse a consideración es el de Sudáfrica, un país que a inicios de 2018 sufrió un grave problema de sequía, a tal punto de encender las alarmas de la comunidad internacional, pues sería la primera gran ciudad en el mundo en quedarse sin recursos hídricos. Debido a esta situación, los planes para implementar el fracturamiento hidráulico se reversaron ya que para llevar a cabo esta práctica es necesario disponer de una enorme cantidad de agua. Además del impacto en la disponibilidad de agua, el fracking afecta negativamente el ambiente como consecuencia de la generación excesiva de gases de efecto invernadero (SGK planet, s.f., párr. 4).

Ahora bien, para conceder las autorizaciones o licencias de los proyectos, la Comisión Europea ha considerado que es necesario evaluar previamente, las posibles consecuencias acumulativas, afectaciones a la salud y al medio ambiente antes de implementar el fracking. Del mismo modo, consideró necesario el propender por aquellas prácticas que permitiesen velar por la integridad del pozo (Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018, p. 3).

Debido a esto, en diversos países europeos como España, Francia, Bulgaria, República Checa, Rumania y algunos estados alemanes, se ha prohibido o declarado moratoria a la técnica de fracking,

No obstante, Dinamarca, Polonia y Reino Unido son países en donde el *fracking* es permitido; pero en donde su implementación va de la mano de una rigurosa legislación que garantice el cuidado medioambiental y la seguridad (Espinasa, 2016, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018, p. 3).

Por su parte, Argelia frenó el *fracking* y toda actividad relacionada con el método, cancelando así todos los proyectos piloto hasta 2022. Esto, como consecuencia de las masivas protestas suscitadas al interior del país, por considerar riesgosa su implementación en un país donde el recurso hídrico se considera escaso (Maldonado, 2017, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018, p. 3).

Del mismo modo, en Sudáfrica se prohibió la exploración hasta no realizar la investigación sobre seguridad de la técnica, salud y medio ambiente (Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018).

Si bien China optó por implementar el *fracking* en 2007, lo cierto es que este país no ha podido explotar todo el potencial, pues sus principales reservas de *shale* gas se encuentran en Sichuan, una zona muy seca. Esto, sin contar con que no se han realizado los estudios de impacto ni las respectivas regulaciones (Maldonado, 2017, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018).

En Argentina, el *fracking* inició en 2010, pues anteriormente no contaban con la tecnología que necesitaban para explotarlo. Una de las ventajas naturales de Argentina es la profundidad entre los acuíferos y las reservas de gas.

Aunque Estados Unidos es el principal productor de hidrocarburos, pues cuenta con mayor experiencia y una tecnología más avanzada para la técnica de fraccionamiento hidráulico, este país presenta diversos problemas relacionados con su aplicación. Un claro ejemplo de ello es el aumento en la frecuencia e intensidad de los sismos en Oklahoma y Texas (Agencia de Protección del Medio Ambiente [EPA], 2011, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018).

Asimismo, entre 2000 y 2010 se presentaron problemas causados por una contaminación en las reservas hídricas subterráneas y superficiales de Virginia Occidental, Colorado, Utah y Nuevo México. Allí se evidenciaron explosiones de pozos y viviendas por la contaminación de metano (Maldonado, 2017, en Centro de Estudios Internacionales, 2018).

Lo anterior, aunado al aumento del uso de agua por pozo empleada en Nuevo México y Texas “hasta un 770% entre 2011 y 2016” (Guerrero, 2018, en Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018).

Mientras tanto, en Canadá, en la región de Alberta, se logró combinar la agricultura con la fracturación hidráulica, evidenciándose, entonces, que el *fracking* puede ser una experiencia positiva dentro de la economía de los países. Con ello, y a través de esta técnica se han explotado 171 mil pozos, llegando a proveer el 70% del gas natural empleado en el país.

Esta compatibilidad se logró a través de la creación de unas agencias que propendían por los derechos de los ciudadanos, en especial por los derechos de los agricultores; y las cuales, además, velaban por la participación ciudadana frente a las prioridades energéticas (Centro de Estudios Internacionales, 2018; Rodríguez & Vargas-Chaves, 2018).

Sin embargo, en Québec las actividades de explotación de hidrocarburos fueron suspendidas en el 2011, tras guiarse en el modelo de la prohibición precautoria, propia del modelo europeo (Maldonado, 2017, en Centro de Estudios Internacionales, 2018).

La fracturación hidráulica en México se empezó a realizar a partir del 2010; pero fue hasta el 2013, en donde la inversión por parte de empresas extranjeras empezó a evidenciarse (Maldonado, 2017, en Centro de Estudios Internacionales, 2018). Cabe resaltar que México, al igual que Argelia, es un país en donde la disponibilidad del agua se considera limitada respecto a la demanda de este recurso (Centro de Estudios Internacionales, 2018).

¿En cuáles países está prohibido el fracking?

En los últimos años, varios países han prohibido la técnica de fracturación hidráulica. Así, para junio del 2011, el Parlamento francés se pronunció, prohibiendo este tipo de actividades; 6 meses después, esta decisión fue acogida por el Gobierno Búlgaro. En mayo del 2012, el Gobierno Alemán ordenó detener de forma temporal la implementación del fracking en su territorio (SGK Planet, s.f., párr. 1)

Para el 2012 y el 2013, las Comunidades Autónomas de Cantabria y La Rioja prohibieron la técnica de fracturación hidráulica dentro de su territorio. Para esas fechas, el Valle de Mena (Burgos) se declaró un municipio libre de Fracking (SGK Planet, s.f., párr. 1)..

Otro país que se sumó a esta iniciativa fue Suiza, en donde se prohibió el uso de la tecnología mediante una moratoria nacional. Esta medida también fue aplicada en Irlanda, en donde el Parlamento votó a favor de una moratoria o suspensión de fracking por un término de 2 años. En Italia, en cambio, dos proyectos de explotación de gas esquisto se vieron paralizados; uno por iniciativa del Gobierno, y el otro debido a una protesta social (SGK Planet, s.f., párr. 1)..

En Estados Unidos, esta posición se ha visto dividida, pues algunos estados han prohibido dicha actividad, mientras otros la perpetúan. Tal es el caso del Estado de Vermont, que falló en contra de esta técnica en el 2012. Algunos estados, como Nueva York han declarado moratorias para el fracking. Nueva Jersey, en cambio “prohibió el depósito de residuos procedentes de la extracción de gas de esquisto en su territorio” (SGK Planet, s.f., párr. 1).

Finalmente, para el 2016, La primera ministra de Inglaterra decidió suspender la moratoria e impulsar el fracking; dando así paso a la energía nuclear. “Una de las primeras licencias concedidas fue a la compañía Cuadrilla en el condado de Lancashire, precisamente el escenario de la batalla contra el fracking que fue realizada por grupos ecologistas” (SGK Planet, s.f., párr. 1).

2.4 El fracking en Colombia: una primera aproximación

En China y Estados Unidos, la extracción del petróleo o *fracking* es una actividad que cuenta con su respectiva regulación. Esto, permitió impulsar económicamente a esos países, brindándoles una oportunidad para obtener mayores ingresos (Delgado, s.f.).

Ahora bien, existen cerca de 45 países que, pese a contar con reservas probadas o probables de esquistos, estos minerales no pueden ser explotados a través del fracking, ya sea por razones técnicas, o por la baja calidad de sus hidrocarburos (SGK-PLANET, 2014, en Delgado, s.f., p.3).

Frente a la implementación del *fracking* en Colombia, se evidencian dos posturas. La primera, de quienes defienden la explotación de hidrocarburos por considerarla una actividad que puede impulsar la economía y generar grandes avances tecnológicos. La segunda, de quienes afirman que los efectos de esta técnica repercuten negativamente en lo ecológico, social y natural.

Cabe resaltar que, durante décadas, Estados Unidos limitó la explotación de sus reservas de hidrocarburos. Empero, tras implementar la técnica de *fracking*, pudo convertirse en el primer productor de petróleo del mundo. Esto generó una disminución de los precios internacionales. (Franco, 2017, párr. 1).

En definitiva, el *fracking* permite explotar los yacimientos no convencionales a través de procesos que requieren de menores costos. Sin embargo, los posibles riesgos o consecuencias medioambientales han generado que esta técnica sea cuestionada (Franco, 2017).

Pese a esto, en Colombia se han desarrollado proyectos de exploración de yacimientos no convencionales; *verbigracia*, en la cuenca del Valle Medio del Magdalena se calcula que hay un depósito de por lo menos 5.000 millones de barriles de petróleo, lo que significaría el triple de las reservas actuales (Franco, 2017). Del mismo modo, en el país “se han firmado contratos que

permiten la exploración y explotación” (Alianza Mexicana contra el Fracking, s.f., Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques, 2018, p. 6).

Capítulo 3. Impactos del fracking

3.1 Impactos ambientales

Existen diversos estudios en el ámbito internacional referentes a los efectos de la fracturación hidráulica en el medio ambiente. En algunos de ellos, se menciona el impacto ambiental que esta actividad acarrea, toda vez que para su implementación es necesario utilizar ductos dentro de los campos de cultivo; los cuales deben contar con una “estructura especial para la compresión y transporte de gas, procesos que desde luego contaminan el medio ambiente” (Saxe, 2014, p. 61).

De allí que se viera en la necesidad de implementar algunas normativas en materia ambiental. Así, la Ley 99 de 1993, prevé, por un lado, el principio de precaución como mecanismo de protección para regular la conducta de las personas y empresas, con el fin de prevenir daños al medio ambiente; y, por el otro, las competencias del Ministerio de Ambiente.

En su artículo 1, parágrafo 6, se establece la importancia de implementar políticas ambientales con base en investigaciones e informes científicos. Esta directriz es claramente aplicable en la formulación de políticas relacionadas al *fracking*.

Del mismo modo, se establece que, independientemente de los resultados, las autoridades ambientales y los particulares deben aplicar el principio de precaución cuando haya “peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente” (Ley 99, art. 1, de 1993).

Lo anterior significa que el principio de precaución deberá aplicarse, indistintamente de la certeza del daño; pues este deberá estar inmerso en todas las actuaciones del Estado, sobre todo, en aquellas que pretenden formular políticas públicas que regulen, modifiquen o afecten de alguna manera el medio ambiente.

Dentro de las competencias del Ministerio de Ambiente, consagradas en el artículo 5 de la Ley 99/1993, se pueden encontrar:

- Ente rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
- Dirigir el Sistema Nacional Ambiental SINA: Autoridades Ambientales, PNN, IDEAM, Institutos de Investigación.
- Hacer evaluación, seguimiento y control de los factores de riesgo ecológico.
- Determinar los criterios de evaluación y seguimiento ambiental de las actividades económicas.
- Asegurar el desarrollo sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente. (Ley 99 de 1993, art. 5).

De lo anterior, se deduce que el Ministerio del Medio Ambiente tiene la competencia para realizar la evaluación, el seguimiento y el control de los factores de riesgo ecológico, relacionados con la implementación del *fracking*.

La Resolución 421 de marzo de 2014, establece una serie de aspectos adicionales a tener en cuenta en los Estudios de Impacto Ambiental, dentro de los cuales se destacan las medidas de manejo y mitigación de potenciales impactos y riesgos ambientales (Resolución 421, 2014).

3.2 Impactos sociales

La contaminación de los recursos como el agua y el aire, así como el desperdicio de la primera por su utilización extensiva y desmedida, pueden ser catalogadas dentro las consecuencias socioambientales del *fracking*. Pues estas contribuyen con la afectación climática, e impactan a las comunidades ubicadas en las zonas en donde la actividad de explotación es desarrollada (Campero, 2014).

Adicionalmente, se evidenció la pérdida de tranquilidad en las comunidades en donde hay pozos por el constante tráfico de vehículos pesados, y cuyas viviendas se encuentran rodeadas de pozos (Campero, 2014). Esto ocurre, porque en países como Estados Unidos, el *fracking* es realizado en los lugares en donde se encuentra ubicado el recurso; independientemente de la zonificación (Saxe, 2014).

Romper la zonificación es intrusivo. Especialmente en lo que respecta a la perforación horizontal, pues atraviesa desde lo profundo de la tierra suburbana granjas, escuelas, hospitales y campus universitarios. Es

como si la separación entre los lugares que uno habita, educa y tiene salud fueran invadidos por una industria pesada, contaminante y muy ruidosa (Saxe, 2014, p. 61).

A su vez, la falta de compatibilidad entre la industria de energéticos, en especial del fracking, con el sector agricultura y ganadería, debido a que cada una de ellas requiere de la utilización del agua, generan una de las problemáticas sociales más grandes.

Ello, aunado a que en el proceso de fracturación hidráulica algunos alimentos pueden verse envenenados (Campero, 2014), terminan vulnerando derechos fundamentales como el acceso al agua potable, o a gozar de un ambiente libre y sano; pues en esta actividad se termina contaminando el aire, el suelo, el subsuelo, las fuentes de agua, las tierras de cultivo y pastura.

Como consecuencia de ello, se generan graves afectaciones a la salud, sobre todo en el sistema respiratorio y el sistema nervioso; llegando a incidir principalmente en niños y adolescentes (Campero, 2014). Esto encuentra sustento en un informe legislativo de Estados Unidos, en el cual se detectaron 519 sustancias producto de esta actividad, que podían considerarse como una amenaza a la salud de la población (Saxe, 2014, p. 58).

Lo anterior, sin contar con el estrés producido por vivir cerca de un gran proyecto con los impactos mencionados (Sandoval, 2014); o con la afectación al derecho a la alimentación por la contaminación de las tierras de cultivo y de la pastura. Cada una de ellas termina afectando al entorno, por disminuir las condiciones de habitabilidad de las viviendas que están cercanas al lugar de los pozos. (Sandoval, 2014).

3.3 Impactos económicos

Al mencionar los impactos económicos, es necesario empezar por el factor empleo. Frente a este, se encuentra que en México, la industria petrolera ha significado solo el 0.02% de los empleos directos en el país (De la Fuente, 2014, p. 53). Sin embargo, estos estudios no aclaran el tipo de hidrocarburos, yacimientos o las técnicas empleadas para obtenerlos.

Estados Unidos se ha colocado en el primer lugar de la práctica del *fracking*, convirtiéndose, por lo tanto, en un país vendedor. Debido a esto, países como Venezuela y Arabia Saudita, cuya economía se base en la producción de petróleo, se ven afectados con la disminución

de los precios. Ello, por supuesto, no significa que la producción se detenga; por el contrario, la oferta en el mercado petrolero resulta ser variada (Delgado, 2020, p. 7).

En cuanto a las entidades de México en donde se realiza *fracking*, las “ventas al menudeo, sueldos semanales e ingresos anuales son inferiores a la media nacional” (De la Fuente, 2014, p. 53). Por este motivo, se considera que la actividad no es rentable y, por lo tanto, las ganancias producto de ella no son más que una especulación financiera; pues a través de la explotación de hidrocarburos se busca beneficiar económicamente a las empresas y sus inversores a corto plazo. Esto genera que las “inflen artificialmente sus reservas de gas y no dejen beneficios a nivel local” (De la Fuente, 2014, p. 54).

Del mismo modo, este país encuentra que *fracking* de gas *shale* no es rentable debido a diversas causas. El primero de ellos, es “el alto costo de los proyectos dada la complejidad de la técnica de fracturación hidráulica” (De la Fuente, 2014, p. 52). El segundo, es que se deben realizar inversiones para mantener la producción. El tercer problema se refiere a “la baja eficiencia de recuperación del total de gas existente en los yacimientos de *shale*” (De la Fuente, 2014, p. 53). Y finalmente, el cuarto problema se relaciona con los precios bajos del gas y el “Bajo Rendimiento Energético a la Inversión” (De la Fuente, 2014, p. 53).

Capítulo 4. El fracking en el Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, pacto por la equidad: 2018-2022”

4.1 El Plan Nacional de Desarrollo: alcance y orientación

Según el concepto del Departamento Nacional de Planeación, el Plan Nacional de Desarrollo es “el documento que sirve de base y provee los lineamientos estratégicos de las políticas públicas formuladas por el Presidente de la República, a través de su equipo de Gobierno. Su elaboración, socialización, evaluación y seguimiento es responsabilidad directa del DNP” (Departamento Nacional de Planeación, 2020, p. 1).

El PND 2018-2022 se encuentra integrado por dos tomos, la consistencia macroeconómica y metas, el plan plurianual de inversores y la Ley 1955 de 2019. En el primer tomo, se aborda la temática de legalidad; conformado por tres pactos estructurales y ocho pactos transversales. El segundo tomo se refiere a la equidad; y está conformado por cinco pactos generales y por nueve pactos denominados por la productividad y la equidad de las regiones (Plan Nacional de Desarrollo [PND], 2018).

Los pactos estructurales se refieren a la legalidad, emprendimiento y equidad. Los títulos de los pactos son ocho pactos transversales: pacto por la sostenibilidad; pacto por la ciencia, la tecnología y la innovación; por el transporte y la logística para la competitividad y la integración regional; por la transformación digital de Colombia; pacto por la calidad y eficiencia de los servicios públicos; por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades; para la protección y promoción de nuestra cultura y desarrollo de la economía naranja y pacto por la construcción de paz (PND, 2018).

Adicional a ellos, se encuentran cinco pactos generales sobre equidad: por la inclusión de todas las personas con discapacidad; por la equidad de oportunidades para grupos indígenas, afros, raizales, palenqueros y Rrom; pacto por una gestión pública efectiva; pacto por la equidad de las mujeres; pacto por la descentralización. Y del pacto 17 al 25 pacto por la productividad y la equidad en las regiones (PND, 2018).

4.2 Antecedentes del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022

En Colombia, el antecedente de los planes de desarrollo se presenta con la creación de la Ley 19 de 1958 durante el gobierno del Presidente Alberto Lleras Camargo. En ella, se buscaba crear el Departamento Nacional de Planeación (DNP) reestructurar el Consejo de Política Económica (CONPES). Así, en 1961, se elabora el primer Plan de Desarrollo en Colombia (Vergara, 2018, p. 133).

Para autores como Vergara (2018), Colombia tuvo una serie de períodos económicos relacionados a la creación del Plan Nacional de Desarrollo. De esta forma, Los primero de ellos ocurren entre 1958 y 1974, durante el Frente Nacional, y son:

- Desarrollismo: Con Alberto Lleras Camargo en 1958 y Guillermo León Valencia en 1962.
- Productividad: con Carlos Lleras Restrepo en 1966
- Crecimiento: con Misael Pastrana Borrero de 1970 a 1974 (Vergara, 2018).

Por el otro lado, en el período de transición institucional en Colombia, ocurrido de 1975 a 1989, las etapas son:

- Equidad: con Alfonso López Michelsen de 1974 a 1978
- Integración: con Julio Cesar Turbay Ayala de 1978 a 1982
- Competitividad: con Belisario Betancur Cuartas, de 1982-1986
- Modernización: con Virgilio Barco Vargas de 1986 a 1990 (Vergara, 2018).

En el período de ajuste estructural de la economía colombiana, suscitado entre 1990-200, las etapas son:

- Apertura: Cesar Gaviria Trujillo, de 1990 a 1994
- Equidad: Ernesto Samper Pizano, de 1994 a 1999

- Competitividad: Andrés Pastrana Arango, de 1998 a 2001 (Vergara, 2018).

Finalmente, las etapas del período reprimarización de la economía colombiana, desarrollados entre el 2002 y el 202 son:

- El crecimiento económico y la competitividad: Álvaro Uribe Vélez, de 2002 a 2010,
- La prosperidad económica: Juan Manuel Santos Calderón, de 2010 a 2018
- El crecimiento económico, productividad y competitividad: Iván Duque Márquez, de 2018-2022 (Vergara, 2018).

4.3 Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022

El objetivo general del PND 2018-2022 es: “sentar las bases de legalidad, emprendimiento y equidad que permitan lograr la igualdad de oportunidades para todos los colombianos, en concordancia con un proyecto de largo plazo con el que Colombia alcance los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030” (Berrío et al, 2020, p. 200).

En total son 25 pactos u objetivos; sin embargo, se mencionarán aquellos relevantes para el sector minero-energético:

1. “Consolidar el sector minero-energético como dinamizador del desarrollo de territorios sostenibles:” (PND, 2018, p. 781). En este objetivo, se busca integrar la dimensión económica, de forma tal que se vele por el respeto al medio ambiente.

2. “Promover el desarrollo y la competitividad de la industria minero-energética, para garantizar el aprovechamiento ordenado y responsable de los recursos naturales no renovables” (PND, 2018, p. 781). Este objetivo se caracteriza por el orden y la responsabilidad en el aprovechamiento de los recursos.

Lo anterior demuestra que, si bien se hace un pequeño énfasis en el sector minero, lo cierto es que la referencia sobre el sector energético, los yacimientos no convencionales y el *fracking* resultan de escaso desarrollo en el apartado normativo.

4.4 Un análisis del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 desde la óptica ambiental

En pactos transversales se establece el pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo. Con él se pretende que las actividades productivas vayan de la mano con la sostenibilidad; buscando así una disminución de los efectos negativos que se producen a nivel ambiental, como lo es el cambio climático (PND, 2018). Esto significa que, a través de estos pactos, se busca generar un equilibrio entre la producción y el impacto ambiental (Luna-Galván & Vargas-Chaves, 2018).

Por este motivo, el objetivo del desarrollo sostenible radica en la capacidad de satisfacer las necesidades propias y de las generaciones presentes, sin llegar a comprometer la capacidad de las generaciones futuras (Gómez et al, 2020, p. 44).

Adicionalmente, se busca generar una sinergia entre el desarrollo económico, la ética y la ecología (Zapata, 2010, en Gómez et al, 2020, p. 44). Esta noción de desarrollo sostenible resulta congruente con el título del pacto.

Todo lo anterior demuestra una tendencia por anteponer la protección y conservación del medio ambiente, la salud de las personas y la seguridad de todos. Por ello, antes de autorizar cualquier proyecto de fracturación, se requeriría analizar con sumo cuidado si los posibles efectos nocivos que puedan presentarse para la sociedad de Colombia.

Cabe resaltar que son diversos los sectores que consideran el impacto ambiental; *verbigracia*, el sector agropecuario, el transporte, en el sector de energía, industria y en el sector de la construcción.

En el sector de energía pasan de “10 a 33 proyectos de fuentes no convencionales de energía renovable” (PND, 2018, p. 519). De allí que la matriz de generación de energía en Colombia esté integrada “por el 68% de fuentes hidráulicas (grandes y pequeñas centrales) y el 31% de combustibles fósiles; el restante 1% corresponde a generación con FNCER con 173,4 MW instalados a diciembre de 2018 (PARATEC, 2018, en PND, 2018, p. 519).

En el Plan Nacional de Desarrollo se propone la economía circular para hacer posible las ‘nueve r.’. Acorde a ello se plantearon unos objetivos en el ámbito de la sostenibilidad y de la mitigación del cambio climático:

1. “Avanzar hacia la transición de actividades productivas comprometidas con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático” (PND, 2018, p. 526).
2. “Mejorar la calidad del aire, del agua y del suelo para la prevención de los impactos en la salud pública y la reducción de las desigualdades relacionadas con el acceso de recursos” (ídem). En la generación de política públicas resulta importante la congruencia de los objetivos; de lo contrario no podrían alcanzarse los resultados planeados.
3. “Acelerar la economía circular como base para la reducción, reutilización y reciclaje de residuos” (ídem);
4. “Desarrollar nuevos instrumentos financieros, económicos y de mercado para impulsar actividades comprometidas con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático” (PND, 2018, p. 526).

Con relación a los hidrocarburos, en dicho plan se establece que “para la fiscalización de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, la ANH desarrollará herramientas informáticas que modernicen dicho proceso de fiscalización” (PND, 2018, p. 784).

Para ello, el Ministerio de Energía tiene la obligación de regular los lineamientos necesarios para una gestión social y ambiental del sector energético y minero más óptimo (PND, 2018).

4.5 Un análisis del fracking en el Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, pacto por la equidad: 2018-2022”

Según las políticas del Gobierno nacional electo para el período 2018-2022, el Plan Nacional de Desarrollo es un pacto por la Equidad, el cual “busca alcanzar la inclusión social y productiva, a través del Emprendimiento y la Legalidad. Legalidad como semilla, el emprendimiento como tronco de crecimiento y la equidad como fruto, para construir el futuro de Colombia” (Departamento Nacional de Planeación, 2020, p. 1).

A través de este PND se buscan enaltecer las gestiones que han impulsado una economía

basada en la explotación de recursos no renovables; pese a que la sustentabilidad del país es limitada. Sin embargo, el incremento en el potencial del país se ha plasmado en cifras que resultan irreales para el contexto colombiano, pues su principal fuente de ingresos se sustenta en gravámenes exagerados a las poblaciones y exenciones demasiado garantistas para las grandes empresas que no reflejan en empleos sus beneficios tributarios.

Si bien la práctica de fracking no estaba contemplada en el articulado del PND, esta sí se incluía en el documento base. Al respecto, se reveló que fue el Gobierno de Duque el que permitió estudiar la viabilidad de la explotación de los yacimientos no convencionales (Gómez, 2019, p. 1).

En una entrevista realizada a Carlos Andrés Santiago, miembro de la Alianza Colombia libre de fracking, este afirmó que si bien el PND no contempla de forma explícita el fracking, ni se ha dado una autorización formal para la explotación de estos yacimientos, lo cierto es que sí se abrió la posibilidad de hacerlo (Gómez, 2019, p. 2).

Esto, aunado a que en su artículo 2, las ‘Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022’ son consideradas una parte integral del mismo, incorporándolo como un anexo. En dicho documento, se resaltan las políticas y estrategias a implementar en aras de regular la explotación de hidrocarburos de forma responsable con el medio ambiente y las comunidades.

Para las reservas y conservar la autosuficiencia de hidrocarburos a mediano y largo plazo (Gómez, 2019), se requiere, por un lado, ubicar proyectos en costa afuera; y por el otro, explotar yacimientos no convencionales.

Esta última opción requiere de un diálogo nacional en igualdad de condiciones y con expertos de alto nivel; así como la realización de investigaciones y de exploraciones piloto que permitan obtener datos respecto de los riesgos primordiales relacionados con la implementación del fracking, así como las posibles afectaciones que puedan sufrir las comunidades (Gómez, 2019).

Con esto, además, se busca determinar si las regulaciones actuales permiten cumplir el propósito de garantizar una explotación responsable con el medio ambiente y las comunidades. Para ello, se implementaron programas piloto de exploración, y se realizaron consultas a la población posiblemente afectada. Sin embargo, estas medidas no se realizaron de forma tan satisfactoria (Gómez, 2019).

Si bien el Plan Nacional de Desarrollo establece que el Gobierno será la entidad encargada de promover la incorporación “de estas prácticas mediante herramientas adecuadas, teniendo en cuenta tamaño, tipo de recurso extraído y método” (PND, 2018, p. 784); lo cierto es que estas ‘prácticas’ requieren de una debida diligencia que permite darle un mejor seguimiento a la cadena de valor, identificar y prevenir probables impactos sociales emanados de las actividades (PND, 2018).

Por este motivo, fueron asignadas una serie de funciones a diferentes entidades. Por un lado, el Ministerio de Minas y Energía estaba encargado de estudiar “la viabilidad de la exploración y producción de yacimientos no convencionales” (Gómez, 2019, párr. 10).

La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) se ocupaba de “las zonas para la exploración y producción de los yacimientos no convencionales” (Gómez, 2019, párr. 10). El Ministerio de Energía y el de Ambiente se encargaba de actualizar la regulación técnica y ambiental para la exploración y producción de los yacimientos no convencionales (Gómez, 2019).

Capítulo 5. El debate de la certeza de los impactos del fracking

5.1 Los estudios que avalan la seguridad del fracking como técnica de extracción

Algunas investigaciones evidenciaron que no había relación entre el empleo del fracking y el impacto ambiental. Así, un estudio con fecha del 6 de octubre de 2014 determinó que no se podía establecer una relación con la contaminación de agua y la actividad de fracking en un pozo de agua potable en Condado de Whashington en Pensilvania (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

Sin embargo, este estudio fue catalogado como invalido, toda vez que no se reportaron todos los contaminantes implementados y que estaban presente en el agua (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

Otro estudio fue el liderado por el geólogo Donald Siegel de la Universidad de Siracusa, el 12 de marzo de 2015, en el cual se concluyó que no había “relación entre las concentraciones de metano en los pozos de agua potable y la cercanía a pozos de agua y petróleo en zonas altamente fracturadas en el noroeste de Pensilvania” (Siegel et al, 215, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

No obstante, esta investigación fue cuestionada porque Siegel en su estudio no mencionó el financiamiento recibido de la empresa *Chesapeake Energy Corporation*. Además, la empresa financiadora proporcionó “los parámetros de referencia establecidos para el agua subterránea” (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

Todo lo anterior permite evidenciar que, a la fecha, ninguno de los estudios realizados permite validar la seguridad del fracking.

5.2 Los estudios que no avalan la seguridad del fracking como de extracción

La seguridad del fracking puede entenderse en diversos aspectos; uno de ellos es el impacto ambiental. En ese sentido hay estudios que demuestran los problemas de seguridad relacionados con la infraestructura de los pozos, en el agua, en el aire y para la salud de las personas.

Algunas de las problemáticas frente a la infraestructura de los pozos, son las fugas y los pozos defectuosos que generan derrames. Cerca del 5% de los pozos tienen fugas *ipso facto*; La

mitad, presentan estas fugas después de 15 años. Y transcurrido el doble del tiempo, las fugas se evidencian en el 60% de los pozos (Schlumberger, s.f, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

Estas fugas generan problemas como explosiones, migración de gas y de otros productos químicos al suministro de agua potable. Pero la mayor dificultad es que con las fugas se presenta “el escape de metano a la atmósfera, donde actúan como gas de efecto invernadero más potente que el bióxido de carbono” (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

En el estudio realizado por el Departamento de Conservación Ambiental de Nueva York (NYS DEC) se evidencia el riesgo de una posible falla en la estabilidad de un pozo; aún más con el avance del tiempo. Empero, hay cuestionamientos si el fracking puede generar cambios sísmicos como resultado de la migración de fluidos de fracturación.

En un estudio realizado por Agencia de Protección Ambiental (EPA) se encontró que el fracking en pozos viejos genera más riesgos, pues este contribuye a la degradación de la tubería, acelera su exposición a sustancias químicas corrosivas. Ello, toda vez que dichos pozos nunca fueron diseñados para resistir las altas temperaturas y la tensión de las operaciones de fracking (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

En otro estudio efectuado, se determinó que el fracking de un pozo en Reino Unido ocasionó dos temblores en 2011 (Bryant, 2014, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015). Por otra parte, investigadores de la Universidad de Waterloo dieron a conocer:

(...) que las filtraciones de gas natural de los 500,000 agujeros de los pozos en Canadá representan una amenaza para la seguridad pública y ambiental debido a la contaminación subterránea, emisiones de gases de efecto invernadero, riesgos de explosión donde el metano se acumula en espacios y construcciones sin ventilación (respiraderos) (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 59).

El *Council of Canadian Academies* identificó problemas relacionados con la integridad del pozo. Destaca dos principales temas de interés. El primero se refiere a la fuga de gas por sellos de cemento deteriorados, mal armados o averiados. El segundo tema es que “el cemento se puede agrietar, contraerse o deformarse con el tiempo lo que reduce la tensión del sellado alrededor del pozo y permite el paso de los fluidos y gases” (*Council of Canadian Academies*, 2014, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 60).

La empresa Shlumberger realizó estudios en pozos de la plataforma continental del Golfo de México, en donde se encontró que “el gas se fugó a través de espacios entre las capas de acero de la tubería de revestimiento donde las compañías inyectan cemento precisamente para prevenir este tipo de fugas de gas” (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 61).

Una investigación de *World Resources Institute* de 2014 “concluyó que los principales yacimientos de gas de esquisto del mundo están en lugares que sufren altos niveles de estrés hídrico y sequías, entre ellos México, China y Sudáfrica” (Pérez et al, 2016, p. 20). El impacto es en la escasez de agua por las características propias de los lugares y por el excesivo número de litros que se requieren para el fracking; pues por un solo pozo horizontal se requieren millones de litros de agua (*United State Environmental Protection Agency*, s.f., en Pérez et al, 2016, p. 20).

En una investigación efectuada por la Universidad de Stanford, Universidad de Duke y la Universidad Estatal de Ohio, se evaluaba el rango de profundidad en el que se realiza el fracking en Estados Unidos. En ella, se encontró tienen menor profundidad de lo que se creía (Jordon, 2015, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 30).

De lo anterior, se encuentra que la fracturación hidráulica que presenta más riesgos es la menos profunda o somera; pues en ella, “las fuentes de agua potable pueden ser más vulnerables por la migración ascendente de contaminantes de lo que se pensaba anteriormente” (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 30).

California *Council of Science and Technology* (CCST) informó sobre las amenazas para el agua subterránea de California, debido a que las aguas residuales tóxicas derivadas del proceso de fracking, eran empleadas para el riego de cultivos, existiendo la posibilidad de que estas se filtrasen de las áreas agrícolas a los mantos freáticos (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

Cabe resaltar que más del 60% de las aguas residuales de la técnica de “fracking en California son desechadas en depósitos de residuos sin recubrimiento, al aire libre” (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 31).

Adicionalmente, y durante varios años, en este Estado el agua residual derivada del proceso del fracking fue enviada de forma errónea a pozos, mediante inyección, “directamente a los

acuíferos protegidos de agua potable limpia” (Shonkoff et al, 2015, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 31).

Finalmente, este estudio refleja una investigación poco satisfactoria y una falta de evidencia directa respecto de la contaminación de los recursos hídricos subterráneos, producidos por esta técnica (Long et al, 2015, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015).

Ahora bien, en una investigación realizada por expertos de la Universidad de Texas en 2015, se analizaron 550 muestras de agua en pozos públicos y privados en la región de Barnett Shale en Texas. En él, localizaron “concentraciones elevadas de 19 diferentes compuestos de hidrocarburos asociados al fracking (incluyendo benceno que es cancerígeno y tolueno, que es tóxico para el sistema reproductivo), así como presencia de metanol, etanol y sorprendentes niveles altos de 10 metales diferentes” (Hildenbrand, 2015, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 32).

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) realizó un estudio sobre los efectos del fracking en fuentes de agua potable. Para ello, investigaron 457 derrames a lo largo de más de seis años y los relacionaron con procedimientos de fracking.

El reporte de prensa de la EPA fue presentado fuera de contexto por diversos medios de comunicación, donde dieron a entender que no había problemas con el fracking; producto de esto, Thomas A. Burke, asesor científico de la EPA, tuvo que aclarar que los resultados de este reporte no muestran que el fracking sea seguro (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 33).

De esta manera, Burke aseveró: “ese no es el mensaje del reporte. El mensaje de este documento es que hemos identificado puntos débiles en el sistema de agua que son muy importantes de conocer y abordar para mantener los riesgos lo más bajo posible” (Ward, 2015, en Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 33).

A su vez, expertos de la Universidad de Pensilvania y de la Universidad de Utah localizaron “concentraciones elevadas de metano en el agua subterránea que descarga a un arroyo cerca de operaciones de perforación y fracking en Pensilvania” (Heinrich Böll Stiftung et al, 2015, p. 35).

Además, hay estudios sobre el impacto del fracking en la salud de las personas. En la investigación de la Universidad de Missouri, Estados Unidos de Norteamérica informó:

(...) que al menos 100 de los compuestos químicos empleados en el fracking pueden tener efectos hormonales en el ser humano, y que 12 de ellos pueden alterar funciones sexuales, reproductivas, causar infertilidad, anomalías genitales e incluso diabetes y algunos tipos de cáncer (D'Elia, 2014, en Pérez et al, 2016, p. 24).

En comparación, existen más estudios que demuestran la inseguridad de la práctica de fracturación hidráulica respecto de aquellos que lo pintan como una práctica segura. Estas investigaciones, además, evidencian el gran impacto ambiental que la explotación de yacimientos representa.

Capítulo 6. El principio de precaución y su alcance

6.1 El principio de precaución: conceptos fundamentales

El principio de precaución es definido en la Declaración de Río como una medida para aquellos casos en donde “(...) haya peligro grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” (en Pérez et al, 2016, p. 27).

Los tres elementos constitutivos del principio son:

- a) La existencia del peligro o riesgo de un daño grave o irreversible al ambiente o a la salud humana,
- b) La incertidumbre sobre el daño,
- c) La pronta implementación de medidas efectivas para evitar la consumación del daño grave o irreversible (Pérez et al, 2016).

6.2 Análisis normativo del principio de precaución en el ámbito internacional

En el 2011, Francia fue el primer país prohibir la explotación y exploración de yacimientos de hidrocarburos gaseosos o líquidos mediante la técnica de fracturación hidráulica (Pérez et al, 2016). Para ello, se promulgó la Ley 2011-835, que “se basó en los principios de acción de prevención y corrección de los daños al medio ambiente” (Pérez et al, 2016, p. 38).

En dicha normativa, el principio de precaución se reguló de forma indirecta; estableciéndose, de esta forma, la necesidad de conformar una comisión nacional que estudiara y orientara las técnicas de exploración y explotación de hidrocarburos (Pérez et al, 2016, p. 39).

Por su parte, en Maryland se “declaró la moratoria al fracking en la formación de gas de esquisto Marcellus” (Pérez et al, 2016, p. 40). A través de esta norma, se buscaba obtener información suficiente respecto de las explotaciones de hidrocarburos, para que, tanto legisladores y actores políticos, pudieran evitar los riesgos e impactos en el medio ambiente y sus recursos naturales, así como en la salud pública (Pérez et al, 2016).

Para ello, se creó un comité consultivo y se dispuso la elaboración de un estudio integral para sistematizar los riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Pérez et al, 2016).

En cambio, para el 2015, 45 municipios de Argentina prohibieron realizar la moratoria de fractura hidráulica en sus territorios mediante ordenanzas municipales (Pérez et al, 2016). A su vez, en 2011 en Maryland

Del mismo modo, en Nueva York se prohibió la fractura hidráulica, pues las investigaciones del Departamento de Salud y el Departamento de Conservación Ambiental del arrojaron fuertes resultados respecto de los impactos y riesgos de la técnica en la salud y el medio ambiente (Pérez et al, 2016).

En Brasil, 4 municipios expidieron ordenanzas para prohibir la fracturación hidráulica. Del mismo modo, en Bulgaria se prohibió este tipo de actividad; y, a su vez, se revocó un permiso para la explotación de gas de esquisto a la empresa Chevron (Pérez et al, 2016). En Escocia se declaró la moratoria indefinida en 2015.

En Holanda fue emitida la moratoria en julio de 2015 hasta 2020. La provincia de Quebec declaró la moratoria en la región del Río St. Lawrence en junio de 2011 y en mayo de 2013 emitió otra moratoria en municipios de la eco-región de St. Lawrence (Pérez et al, 2015).

6.3 Análisis normativo del principio de precaución en Colombia

En Colombia, este principio es regulado a través de la Ley 99 de 1993, en la cual se estipula:

que en caso de considerar razonable una duda científica sobre los alcances, gravedad o irreversibilidad de daños a los sistemas naturales de soporte de servicios ecosistémicos por una determinada actividad u obra de desarrollo, la autoridad ambiental tiene la facultad de suspender, aplazar, condicionar o impedir la ejecución de la respectiva actividad hasta obtener elementos científicos razonables para estimar el peligro representado por el daño y su mitigabilidad (Burgos, 2018, p. 5).

Sin embargo, existen cuestionamientos sobre la aplicación del principio de precaución a situaciones específicas. Por ejemplo, Vargas-Chaves (2016) da a conocer la aplicación del principio en el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos a través de aspersión con glifosato,

y las afectaciones que sufren las comunidades campesinas y pueblos indígenas como consecuencia de estas fumigaciones:

Si se quiere, puede afirmarse que la actitud asumida por el Gobierno colombiano ha sido una actitud proactiva que, como se verá más adelante, es una acción que además de cuestionar principios como el de precaución, propugna por la optimización de las opciones futuras sin ocuparse de la mitigación o supresión del riesgo en concreto (Vargas-Chaves, 2016, p. 2).

Al respecto, puede entenderse que la proactividad tiene dos tipos de alcance. La primera, la acción proactiva-positiva, en donde el ser humano es resiliente por naturaleza. Y la segunda, la acción proactiva-negativa, que lleva al Estado a no intervenir ante situaciones de vulnerabilidad evidente, bajo el supuesto de ponderación errónea de derechos afectados (Vargas-Chaves, 2016).

Adicionalmente, Vargas-Chaves (2016) considera “que el mal llamado principio proactivo es incompatible con el principio de precaución” pues este último pretende “frenar cualquier avance tecnológico ante la amenaza de un potencial” (Vargas-Chaves, 2016, p. 6).

Cabe resaltar que existe una diferencia entre prevención y precaución. En la primera, el nivel de certeza al invocarlo lleva a las autoridades a dudar acerca del potencial riesgo, es decir, la certeza no es absoluta. En la segunda, el nivel de certeza es absoluta (Vargas-Chaves, 2016).

Finalmente, y con la expedición de la Ley 99 de 1993, se hizo necesario el implementar un proceso de investigación científica en la formulación de políticas ambientales, que permitiera imprimirle un grado de certeza en los procesos en los que se buscara invocar el principio de precaución (Vargas-Chaves, 2016).

6.4 Análisis jurisprudencial del principio de precaución en Colombia

La Corte Constitucional ha asumido un rol clave en la protección del ambiente (Rodríguez & Vargas-Chaves, 2019). A través de sus pronunciamientos ha interpretado no solamente el enfoque preventivo necesario en la anticipación de los daños ambientales (Gómez-Rey, Rodríguez & Vargas-Chaves, 2015); sino también ha aplicado el principio de precaución, los elementos, los requisitos y la posible aplicabilidad de este en casos en concreto. De esta manera, busca orientar y prevenir efectos negativos en el medio ambiente o en la salud de las personas.

En diversas sentencias, como la C-959/10, la T-1077/12, la T-080/15 y C-449/15, la Corte Constitucional determinó que el principio de precaución debe operar en aquellos casos que presenten una ausencia de certeza científica absoluta.

Del mismo modo, y mediante sentencia T-1077/12, la Corte Constitucional aplicó el principio de precaución por la ausencia de certeza científica frente a los efectos nocivos de la exposición a campos electromagnéticos frente a la salud de las personas, pues se consideró que esto podría tener efectos cancerígenos en la salud (Rodríguez y Vargas-Chaves, 2017; Vargas-Chaves, Betancur-Quiceno & Sierra-López, 2020).

En este pronunciamiento, la Corte vela por la protección de los derechos fundamentales de una menor de edad que enfermó de cáncer, y cuyo médico le prescribió evitar cualquier exposición a ondas electromagnéticas. Sin embargo, este caso se caracteriza porque a pocos metros de la vivienda de ella, se encontraba una antena de telefonía celular (Alvarado et al, 2017, P. 87).

Adicionalmente, la Corte determinó que el principio de precaución es aplicable en aquellos casos en los que no se conocen previamente los riesgos o la dimensión del daño que se pueda presentarse; esto debido a la falta de conocimiento científico acerca de los efectos de algunas actividades (Alvarado et al, 2017).

A su vez, este fallo vislumbró la necesidad de que el Ministerio de Tecnología regulara la distancia que deben tener las torres de telefonía. Así pues, se estimó que debe existir una distancia prudente entre estas y las zonas residenciales, las instituciones educativas o de salud y los hogares geriátricos (Alvarado et al, 2017, p. 92).

Sin embargo, esta regulación no fue emitida por el Ministerio de Tecnología, quienes argumentaron -en otra tutela- que dicha orden no era técnicamente posible de cumplir (Vargas-Chaves y Granja, 2018).

En sentencia T-397/ 2014, la Corte le ordenó a la empresa de telefonía móvil retirar la antena, sin que esta cumpliera con el fallo. Aunado a ello, interpuso un incidente de nulidad que después le fue denegado por la autoridad competente.

Por este motivo, el MinTIC emitió la resolución 754/2016 del 20 de junio de dicho año, en la cual se reglamentaron las condiciones que deben reunir las estaciones radioeléctricas para controlar el nivel de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, y se emitieron normas sobre la ubicación de antenas de radiocomunicaciones (Vargas-Chaves y Granja, 2018).

La Corte Constitucional, a través de sentencias como la C-703 de 2010 y T-1077 del 12 de diciembre del 2012 -entre otras-, estableció cinco elementos del principio de precaución; los cuales son:

1. “Que exista peligro de daño” (Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010; Rodríguez y Vargas-Chaves, 2019, p. 231).

2. Que el daño se caracterice por ser grave e irreversible (Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010; Rodríguez y Vargas-Chaves, 2019,)

3. Que exista, en principio, certeza científica de dicho año, aunque esta no sea absoluta (Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010; Rodríguez y Vargas-Chaves, 2019, p. 231).

4. Que a través de la aplicación de este principio, se busque impedir la degradación del medio ambiente (Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010; Rodríguez y Vargas-Chaves, 2019, p. 231).

5. Que la sentencia esté motivada; explicando en ella las causas o razones por las cuales se adopta dicha decisión (Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010; Rodríguez y Vargas-Chaves, 2019, p. 231).

Del mismo modo, la Corte Constitucional ha considerado que la finalidad del principio de precaución, radica en prevenir un posible daño o peligro, pese a que no exista certeza de su ocurrencia (Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010; Rodríguez y Vargas-Chaves, 2019, p. 231).

Capítulo 7. La invocabilidad del principio de precaución como mecanismo anticipatorio de los riesgos que genera el fracking

7.1 Contexto

Para comprender las implicaciones, las consecuencias -positivas y negativas- y la incidencia del fracking en el Plan Nacional de Desarrollo, se requiere analizar el concepto de fracturación hidráulica, así como determinar sus efectos sociales, económicos, ecológicos, y las ventajas y desventajas del mismo. Para ello, es necesario tener en cuenta los puntos de vista técnicos de la ingeniería, aspectos sociales, culturales y, desde luego, el componente jurídico. Este último, permitirá articular la implementación de esta actividad con las políticas gubernamentales.

Ahora bien, en aras de determinar el estado actual de la implementación del fracking, se requiere recurrir a las regulaciones de Estados Unidos y China, en donde esta técnica fue utilizada para extraer petróleo (Delgado, s.f.). Ello, impulsó económicamente a otros países que no implementaban la fracturación hidráulica a realizarla.

Cabe resaltar que hoy día existen cerca de 45 países que tienen reservas probadas sin explotar, de las cuales algunas no pueden ser utilizadas debido a la baja calidad de los hidrocarburos, o por razones técnicas. Dentro de estos países, se encuentra Colombia y México, quienes están intentando implementar el fracking en la actualidad (Delgado, s.f., p.3).

Respecto a la implementación de esta técnica en Colombia, y los efectos que ella acarrea, se han identificado dos posiciones. La primera, en cabeza de quienes defienden el desarrollo en materia de explotación de hidrocarburos como una actividad relevante de la economía nacional; asociando así al fracking con el desarrollo tecnológico de este sector. Y la segunda, en cabeza de quienes consideran que esta actividad es perjudicial, debido a los efectos ecológicos, sociales y de gestión de los recursos naturales que esto conlleva.

Para el 2014, el precio internacional del petróleo disminuyó, como consecuencia del aumento en la producción estadounidense (Franco, 2017). Este país, en principio, limitó la explotación de sus reservas; sin embargo, con el empleo del fracking, se convirtió en el primer productor de petróleo en el mundo.

A través del fracking se liberan hidrocarburos por medio de la inyección de “agua y químicos a alta presión para fracturar rocas impenetrables de los yacimientos de petróleo no convencionales (YNC)” (Franco, 2017, párr. 2). Esta técnica es utilizada para una explotación más económica de hidrocarburos que, anteriormente, no podían ser extraídos de forma exitosa

El territorio colombiano ha presentado grandes avances respecto de la exploración de probables yacimientos de hidrocarburos. Por ejemplo, en Valle Medio del Magdalena se calcula que hay un depósito de por lo menos 5.000 millones de barriles de petróleo en (YNC), los cuales, según los expertos, pueden representar el triple de las reservas actuales (Franco, 2017).

Desde la década anterior, diversas disciplinas se han encargado de analizar los efectos del fracking. Un claro ejemplo de ello, son los postulados de Cabaña, quien, a partir de la ingeniería geológica, ha advertido sobre los riesgos del fracking, a partir del desarrollo y evolución de la Matriz de Leopold.

Dicha autora afirma que la contaminación de los acuíferos es producto de la infiltración de los vertidos provenientes de la perforación del pozo. Estos vertidos contienen sustancias tóxicas, mutágenas, alergénicas y carcinógena; y cuyos fluidos se presentan debido a las grietas en las rocas almacenadoras de agua originadas por la fracturación.

Adicional a ello, sostiene que, durante el proceso sísmico de la técnica, se construyen la piscina de campo de infiltración y el pozo séptico. Y en el proceso de perforación, se realiza la explanación de rellenos y terraplenes, lo que podría afectar negativamente a los acuíferos someros (Cabaña, s.f.).

Por su parte, Rubio (2018) considera que la implementación del fracking en Colombia es preocupante, pues el acceso y la disposición del agua son limitados. Y, teniendo en cuenta que en esta actividad se emplean cerca de siete millones de galones por pozo, la disponibilidad del agua se ve aún más mermada, afectando así a la población.

Del mismo modo, el empleo de la arena puede generar, por un lado cráteres como el de Cerrejón; y por el otro, puede afectar el cauce del río cuando se rompen “los sellos o capas impermeables que tiene el lecho del río” (Rubio, 2018, párr. 5).

Todo esto permite evidenciar que, por encima del beneficio económico y técnico, el componente ambiental juega un rol preponderante entre los estudiosos de la materia; ya sea desde un contexto jurídico y/o desde la ingeniería colombiana. Máxime si se analiza el fracking y sus efectos de cara a la biodiversidad y la riqueza de recursos naturales que existen en Colombia.

Lo anterior aunado a que, con la legislación actual, se estableció una postura más garantista respecto del medio ambiente. Ello se evidencia en sentencias como la T-406 de 1992, en donde la Corte Constitucional reconoció al medio ambiente como un derecho fundamental e innominado, debido a la conexidad que este tiene con otros derechos (Maya y Gómez. 2014).

A través de la Constitución Política de Colombia de 1991 y de la Convención de Río de Janeiro de 1992, se reconoció al medio ambiente sano como un derecho colectivo. Para ello, en el artículo 6 de la norma constitucional, se dispone que los sujetos a los cuales se les aplica el derecho público son responsables ya sea por acción o por omisión.

Del mismo modo, con la Ley 99 de 1993, se establecen los principios de la política medioambiental en Colombia, fungiendo como fundamento de su gestión y como límite de las actuaciones administrativas.

Finalmente, con la Ley 472 de 1998, se instituyó una protección constitucional especial con términos perentorios mediante acciones populares y acciones de grupo que permitiesen salvaguardar este derecho.

Empero, este tipo de regulaciones no son suficientes para que la Constitución sea entendida como una norma ecológica *per se*, sino que requiere un marco regulador para que aquella deontología jurídica sea plausible y exigible por los ciudadanos a la administración pública.

Por este motivo, se buscó que, mediante la Ley 99 de 1993 el sector público fuese reordenado para encargarse así de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Para ello, se optó por crear el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictaron otras disposiciones (Ley 99 de 1993).

Es preciso advertir que, el medio ambiente se refiere a todo lo que rodea a los seres vivos y por lo tanto, está conformado por elementos biofísicos como el agua, el suelo, la atmósfera, la

flora, la fauna y los microorganismos; y por elementos sociales como lo son la economía, la cultura y la sociología (Herrera, 2008). La relación que se constituye entre estos elementos es lo que conceptualiza al medio ambiente como un sistema (Escuela Superior de Administración Pública, 2016).

La Corte Constitucional, en la sentencia C-632 de 2011, dispuso que el medio ambiente está protegido en la Constitución en diferentes dimensiones. La primera, se refiere a un principio que transmite todo el sistema jurídico, en donde el Estado tiene la obligación de protegerlo y conservarlo, buscando siempre que el desarrollo económico y social sea compatible con las políticas que propenden por la protección de las riquezas naturales de la Nación.

La segunda dimensión, reconoce al medio ambiente como un derecho constitucional de todos los individuos, y el cual se puede exigir a través de diferentes vías judiciales. La tercera, hace referencia al carácter de servicio público que este posee, y que, en conjunto con el agua potable, salud y educación, es un objetivo social que se orienta a mejorar la calidad de vida de la población del país (Corte Constitucional de Colombia, Sentencia C-632).

La cuarta se cataloga como una prioridad para el Estado, en donde el compromiso y la responsabilidad de este, se basa en la prevención y control de los factores asociados con el deterioro ambiental y la adopción de las medidas de protección (Corte Constitucional de Colombia, Sentencia C-632).

De lo anterior, se puede inferir que el medio ambiente, además de ser un elemento material en el mundo jurídico, tiene una finalidad social. De allí que su protección sea de carácter especial, y deba darse desde el ámbito preventivo y desde acciones sancionatorias; pues al tratarse de derechos de naturaleza constitucional, son exigibles directamente a la administración (Gómez-Rey, Vargas-Chaves & Ibáñez-Elam, 2019).

Al respecto, la Corte Constitucional, en Sentencia C- 703 de 2010, ha señalado algunos criterios sobre el concepto de medio ambiente y su protección. Por una parte, se encuentra el derecho que tienen las personas para disfrutar de un ambiente sano. Y por la otra, se encuentra el deber del Estado de resguardar la integridad y diversidad del ambiente, de conservar las áreas de valor ecológico y promover la educación para conseguir dichos fines.

En este sentido, se puede entender que el Estado es órgano encargado de la planificación, de manejar y aprovechar los recursos naturales para avalar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. Aunado a ello, es el responsable de prevenir y controlar los elementos relacionados con el deterioro ambiental, asignar las sanciones legales y demandar la reparación de los daños ocasionados.

De lo anterior, la Corte Constitucional ha considerado que el medio ambiente tiene como característica el ser un bien jurídico, un derecho fundamental y constitucional, así como un servicio público y un principio que irradia el ordenamiento colombiano (Sentencia C- 703 de 2010, Corte Constitucional de Colombia).

En esta misma providencia, la Corte señaló que, debido a la naturaleza constitucional del derecho al medio ambiente, no solo proceden mandatos sancionatorios, sino que, además, deben existir normas preventivas, encaminadas no solo a la protección del medio ambiente sino a prevenir cualquier riesgo o peligro.

Adicional a ello, señaló que los principios de prevención y precaución orientan el derecho ambiental y buscan otorgarle a las autoridades correspondientes los instrumentos y mecanismos necesarios para que puedan actuar frente a cualquier afectación, riesgo, daño o peligro que pueda sufrir el medio ambiente, y que pueda comprometer los derechos que se encuentran relacionados con este (Sentencia C-703 de 2010, Corte Constitucional de Colombia).

Ahora bien, el manejo de los recursos naturales es uno de los componentes de la administración eficaz de la economía del Estado; pues estos constituyen un patrimonio de los asociados, y son el origen y la garantía de otros derechos.

De esta forma, se entiende que la vida es uno de los fines supremos, y por lo tanto, debe salvaguardarse y dignificarse; existiendo para ello, presupuestos mínimos consagrados en los derechos fundamentales, y derechos de aplicación progresiva, que permitan el perfeccionamiento de los fines del Estado.

La Constitución Política de Colombia, en su artículo 334, ha regulado la intervención del Estado en la explotación de los recursos naturales y en otras actividades, con el fin de implementar políticas que permitan racionalizar la economía para permitir una distribución equitativa de los

beneficios y oportunidades, mejorando con ello la calidad de vida de los habitantes y preservando así el medio ambiente (Constitución Política de Colombia, art. 334).

Sin embargo, aunque existen diversas normativas que buscan regular la necesidad de proteger el medio ambiente, lo cierto es que algunas, como la Declaración de Estocolmo de 1972, no resultan vinculantes, ni tienen fundamento jurídico posterior generador de precedente normativo, desatendiendo la realidad social, y dejando en evidencia el deterioro no solo del medio ambiente, sino también de las condiciones de vida de las personas.

Sánchez (2012) considera que la transformación de la sociedad entre los años cincuenta y setenta propició la formulación de un catálogo de derechos ambientales, desde los recursos y desde el acceso a un aire sano o adecuado.

Asimismo, destaca que el medio ambiente sano, según algunas teorías, no es objeto de ser declarado derecho *per se*, sino que puede obedecer a un principio programático, una forma de materialización de otros derechos e incluso un derecho accesorio. Empero, establece que en Colombia el abordaje como un derecho en sí mismo ha permitido el desarrollo de jurisprudencia en diversas instancias (Sánchez, 2012, pp. 38 y 39).

El derecho de un ambiente libre de contaminación es un derecho humano que está implícitamente incluido en el Preámbulo de la Declaración de los Derechos Humanos, debido a que en ella se establece la resolución de los países de impulsar “el progreso social y elevar el nivel de vida dentro de un concepto más amplio de libertad” (Centro de estudio y promoción de Derecho Humanos, 2016, párr. 4).

El Estado, en su rol de garante de la prevalencia del interés general, ha considerado la protección del medio ambiente uno de los pilares fundamentales para la vida en sociedad. Por este motivo, considera que la enunciación de la protección y relevancia de los recursos naturales que se aprecia en la Constitución no es suficiente; sino que, además, deben existir normas que permitan la materialización en el ordenamiento jurídico de los postulados del constituyente.

Dentro de esta regulación, se encuentra la Ley 23 de 1973, en donde se establece el concepto de contaminación, como una aproximación a la definición de daño y deterioro. En ella, se entiende que la contaminación es:

La alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas en el ambiente por la actividad humana o natural en cantidades o concentraciones capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente, afectando los recursos de la Nación o particulares (Artículo 4)

En el artículo octavo del Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente, se especifican los factores que deterioran el ambiente; entre estos, “la contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables” (Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, art. 8, inciso a).

También se considera que la degradación, erosión y revenimiento de suelos y tierras; los cambios nocivos de la topografía o en el flujo natural de las aguas; y la sedimentación en los cursos y depósitos de agua, así como los cambios nocivos del lecho de las aguas son otros factores que deterioran el medio ambiente (Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente, art. 8, incisos b, c, d, e, f).

7.2 Estudios realizados frente a la implementación del fracking en Colombia

El Consejo de Estado, en junio de 2019, decretó diversas pruebas frente a las normas que regulan el fracking. Entre las conclusiones de esta Corporación, se encontró que “la autorización en Colombia de la técnica de estimulación hidráulica puede conllevar un daño potencial o riesgo al medio ambiente y a la salud humana, cuya gravedad e irreversibilidad se cimienta en la posible insuficiencia de las medidas adoptadas” (Decreto 3004 de 2013 y la resolución 90341 de 2014, en Martínez, s.f., p. 5).

A partir de estas consideraciones, expertos de la Universidad Nacional de Colombia realizaron un peritaje cuyo informe entregaron en marzo de 2020; en él, se estableció que “los riesgos asociados a la técnica son solo parcialmente previsibles, mitigables y reversibles, están científica y ampliamente probados, mientras que no hay evidencia de que el fracking pueda operar sin amenazar la salud pública” (Martínez, s.f. p. 6). Evidenciando, de esta forma, la amenaza y el impacto que esta técnica tiene respecto de los seres vivos y las personas.

Para Martínez (s.f.), el Estado colombiano tiene deficiencias en materia de prevención de daños; por este motivo, el principio de precaución se convierte en un instrumento jurídico que permite proteger los derechos colectivos.

De esta forma, la autoridad competente tiene la obligación de aplicar este principio ante un peligro de daño grave e irreversible, siempre y cuando lo haga a través de un acto administrativo debidamente motivado. Cabe resaltar que, para su implementación, no se requiere de certeza científica, pero sí de una posibilidad de peligro o daño, acordes a los requisitos establecidos en las providencias de las altas cortes. (Martínez, s.f., p. 8).

Cabe resaltar que, si bien este principio busca proteger al medio ambiente o a algunos derechos fundamentales de las personas, lo cierto es que algunos autores lo han catalogado como el causante de detener la investigación, abusando para ello de la subjetividad científica (Matthews, 2000; Vargas-Chaves, 2016).

Parte de estas críticas plantean, además, que la aplicación de este principio detiene el avance en la tecnología ante escenarios que resultan netamente sospechosos, y de los cuales no se tiene ningún tipo de certeza (cfr. Prieto-Molinero, 2011; Vargas-Chaves, 2016).

Ahora bien, aunque este principio ha sido catalogado como “el estándar anticipatorio más importante del derecho ambiental” (Vargas et al, 2020, p. 56); el cual debe ser aplicado en aquellas situaciones en donde se tiene incertidumbre de si una innovación puede perjudicar el medio ambiente o la salud de la población; este no ha sido implementado ante la implementación del fracking.

No obstante, diversas investigaciones han reportado las consecuencias negativas del fracking en el medio ambiente y la salud de las personas; motivo por el cual, resulta importante anticipar los riesgos que pueden implicar su puesta en práctica.

Esto significa, entonces, que el principio de precaución “responde a una visión catastrófica de la tecnología” (De Cózar, 2005, p. 140; Vargas-Chaves, 2016, p. 16); y esta previsión la que resulta necesario ante los posibles riesgos que se derivan del fracking.

De allí a que algunos grupos económicos soliciten la aplicación de una prueba piloto del fracking en Colombia, pero otros sectores se opongan debido a los posibles impactos que esto generaría; pues, el permitir la aplicación de proyectos piloto implicaría abrir la posibilidad de aprobar la fracturación hidráulica.

Y pese a que algunas investigaciones cataloguen el fracking como beneficioso, lo cierto es que estos postulados carecen de certeza científica y de imparcialidad. Ello aunado a que esta técnica no puede ser implementada en ecosistemas como humedales, bosques, resguardos indígenas o reservas campesinas.

Ello, basado en el estudio de los expertos de la Universidad Nacional de Colombia, quienes, al comparar 122 bloques de yacimientos no convencionales, encontrar que algunos cruzan ecosistemas como bosque húmedo, bosque seco tropical, humedales, dos resguardos indígenas de yupka, siete wayuu en Guajira, un consejo comunitario y una zona de reserva campesina (Martínez, s.f., p. 6).

Esto, sumado al riesgo de que el agua utilizada en esta técnica tenga el riesgo de volver a la superficie de forma contaminada, demuestra una afectación a las fuentes de agua limpia, repercutiendo de forma negativa en el medio ambiente (Martínez, s.f., p. 6).

Por esta razón, antes de implementar el fracking, es necesario regular el alcance del principio de precaución, así como las previsiones a aplicar en materia de innovación y tecnología aplicada en la explotación de yacimientos no convencionales.

De esta manera, si se llegase a implementar una prueba piloto del fracking, sería necesario establecer, en primer lugar, una serie de requisitos estrictos para que el impacto sea menor. En segundo lugar, se requeriría conformar un equipo de expertos neutrales que vigilen esta actividad. Finalmente, dicha aplicación debería tener un enfoque ambientalista, de forma tal que la técnica sea mejorada constantemente, en aras de disminuir los efectos negativos que esta produce.

Así pues, aunque la legitimidad del principio de precaución ha sido cuestionada, lo cierto es que este funge como una herramienta que permite evitar daños catastróficos en contra de la naturaleza (Vargas-Chaves, Luna, & Torres, 2020); y por lo tanto, su aplicación debe ir de la mano

de políticas públicas que armonicen el fomento de la innovación y del desarrollo sostenible, que permitan aportar a la creación de redes comunes (Vargas-Chaves, 2016)

Al respecto, Vargas-Chaves (2016) propone armonizar la aplicación del principio de precaución, desarrollando para ello tecnologías más seguras, que permitan la explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales con un menor impacto en el medio ambiente.

Es decir, el principio de precaución no implica *per se* el cese en las innovaciones, sino que a través de este se debe fomentar el desarrollo de tecnologías que sean más seguras para el medio ambiente y la comunidad. Esto, empero hace que la aplicación de este principio sea más compleja (Vargas-Chaves, Ibáñez-Elam & Gómez-Rey, 2020).

Esta dificultad parte de la regulación de dicho principio en la ley, ya que su aplicación, a la fecha, resulta limitada, pues su desarrollo ha sido netamente jurisprudencial, limitando su uso por parte de los jueces (Martínez, s.f) .

7.3 Participación de las comunidades en la regulación en la implementación del fracking

La Constitución Política de Colombia ha consagrado un amplio catálogo de derechos, como el derecho a gozar de un medio ambiente sano. En aras de proteger este derecho, la norma constitucional he establecido, en su artículo 79, el “deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, así como de conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

Otro de los derechos reconocidos en la Carta Política, es el derecho de las comunidades a participar en la toma de las decisiones que puedan afectarlas; de allí que muchas de ellas hayan manifestado su desacuerdo ante los primeros proyectos que buscaban implementar el fracking en Colombia.

Cabe aclarar, no obstante, que no solo estas comunidades están en contra del fracking, sino que, además de ellas, se encuentran algunos partidos de izquierda y ambientalistas. Todos ellos, muestran una gran oposición a la exploración y explotación del petróleo a través de esta técnica.

Sin embargo, algunos partidos afines al Gobierno creen que, con el cumplimiento de los

requisitos legales y ambientales, este tipo de proyectos pueden ser ejecutados sin perjudicar al medio ambiente o a la población asentada en estos territorios.

De allí que, a través de sus ministerios, el Gobierno haya impulsado diversas iniciativas para regular e implementar el fracking. No obstante, ninguna de estas ha tenido en cuenta la opinión de las comunidades posiblemente afectadas por esta técnica.

Es necesario mencionar que son, precisamente, estas comunidades las responsables de mantener la armonía y estabilidad en su territorio; pero a la vez, son quienes se ven en desventaja frente a las grandes multinacionales que pretenden ejecutar sus proyectos petroleros en esos lugares, sin siquiera llevar a cabo una consulta previa.

Esto demuestra, entonces, que el incumplimiento de requisitos obligatorios como lo es el de la consulta previa, generan que el fracking se convierta en el principal foco de corrupción, amenazas, violencia y muertes de grupos que pretenden oponerse a la aplicación del fracking en las regiones.

Un claro ejemplo de lo anterior se encuentra plasmado en el informe de Riesgo 040-16 A.I del 2016, de la Defensoría del Pueblo. En él, se consagran los hostigamientos, amenazas y agresiones que han sufrido los líderes sociales y comunitarios del departamento del César, que forman parte de organizaciones campesinas o sociales que defienden el territorio o se oponen al modelo de extracción, el cual produce una serie de daños a los ecosistemas, producto de la expansión de la agroindustria y la minería (Defensoría del Pueblo Colombia, 2016).

Aunado a ello, el Ministerio Público aseveró que el incremento de las amenazas contra líderes ambientalistas y defensores de derechos humanos en el Magdalena Medio santandereano coincide con el progreso de nuevos proyectos de exploración y producción de petróleo (Cruz, 2019).

Los líderes asentados en Ciénaga de Opón, La Fortuna y El Llanito de Barrancabermeja sufrieron de amenazas. Todos ellos se caracterizaban por vivir en zonas cercanas a los proyectos de explotación petrolera (Cruz, 2019, p. 10).

Por todo esto, dichas colectividades han acudido a los organismos judiciales en defensa

de sus derechos y buscando la protección de sus territorios. Para ello, han interpuesto acciones populares, en defensa de sus derechos e intereses colectivos, y procurando evitar un perjuicio o un daño irreversible.

La acción popular se encuentra estipulada en el artículo 88 de la Constitución Política de Colombia, y se caracteriza por su fin preventivo y restablecedor. Esta acción encuentra su desarrollo en la Ley 472 de 1998, en donde se estipulan algunos derechos e intereses colectivos, que son objeto de protección; *verbigracia* las áreas de importancia ecológica, la conservación de las especies animales y vegetales, los ecosistemas ubicados en las zonas fronterizas y demás intereses de la comunidad referentes a la preservación y restauración del medio ambiente (artículo 4).

La implementación de las acciones populares como mecanismo de protección frente al fracking, encuentran sustento en tres argumentos: afectación a los recursos naturales, a la salud y la falta de regulación normativa en cada uno de los pasos del fracking. Todo esto, derivado de los químicos que se utilizan, de las medidas de contención, de los planes de urgencia y del tratamiento de las aguas residuales (Díaz, 2018 en Bonilla, 2018).

Entre los peligros del fracking se puede encontrar la utilización de más de 20 químicos cancerígenos, los cuales, al encontrarse en el subsuelo, puede contaminar las fuentes hídricas subterráneas y el subsuelo (Bonilla, 2018, p. 1).

Dentro de las acciones populares interpuestas, se encuentra una en el Departamento de Boyacá, la cual pretendía suspender la posibilidad de implementar el fracking, hasta que las autoridades estatales no tuviesen plena certeza de que dicha técnica no acarrearía efectos nocivos en el medio ambiente (Bonilla, 2018, p. 1).

Esta petición, en conjunto con la aplicación del principio de precaución, fungen como una medida cautelar, la cual, ante el inminente riesgo de contaminación al medio ambiente, permite que la expedición de licencias ambientales se suspenda (vid. Gómez-Rey, Vargas-Chaves & Rodríguez, 2018), y como consecuencia de ello, dicha actividad sea prohibida por completo.

Lastimosamente, Colombia es un país que depende de los hidrocarburos, y por ese motivo, su política ha sido en pro de la explotación y extracción desmedida, la cual genera contaminación.

Pese a esta realidad, no se buscan alternativas limpias (Bonilla, 2018).

En el Consejo de Estado, ha intentado dirimir las controversias generadas por la ejecución de proyectos de fracking, en donde no median los estudios técnicos requeridos para esta práctica. Sin embargo, su regulación y aplicación en el territorio nacional no ha sido fácil.

En pro de la defensa del territorio y el medio ambiente, se ha visto una participación activa por parte de los partidos de izquierda, las comunidades indígenas y los ambientalistas. Gracias a ella, en la Sala Plena de la Sección Tercera del Consejo de Estado se logró derrotar la ponencia que proponía dar vía libre al ejercicio del fracking, mientras se definía si su reglamentación es legal o no.

Así lo determinó el magistrado de la Sección Tercera y vicepresidente de la Corporación, Ramiro Pazos Guerrero, al concluir que la autorización en Colombia para la aplicación del *fracking* puede acarrear una afectación grave al medio ambiente y a la salud humana. Según la providencia, la ley (inciso 2º del artículo 13 de la Ley 1530 de 2012), un documento Conpes (Conpes n.º 3517 de 2008) y la misma Contraloría General de la República establecieron la necesidad de ajustar las medidas para autorizar la referida técnica al cuidado del medio ambiente y al principio convencional y constitucional de precaución (Consejo de Estado, 2020).

Con este fallo se consiguió que el Consejo reconociera la posibilidad de un efecto negativo de la técnica de la fracturación hidráulica en el medio ambiente y la salud de las personas. Adicional a ello, se aceptó la necesidad de implementar medidas para la protección al medio ambiente antes de autorizar tal práctica.

Conclusiones

Las conclusiones se encuentran expuestas según los tres objetivos específicos, la pregunta de investigación y la hipótesis construida. El primer objetivo buscó identificar el régimen jurídico ambiental colombiano y las obligaciones estatales que emanan del mismo, en aras de anticipar los posibles riesgos. Para ello, se hizo mención del principio de precaución como mecanismo para evitar los daños ambientales que se producen al realizar ciertas actividades como el fracking.

Si bien una de las normativas que permiten anticiparse al riesgo de producirse daños se encuentra en la Ley 99 de 1993, la cual regula el principio de precaución. Lo cierto es que esta se queda corta al momento de desarrollar su implementación, las facultades de las autoridades encargadas de aplicarlo, y las prohibiciones y responsabilidades que se deriven de este.

El desarrollar de forma más extensa y específica el régimen jurídico ambiental, permitiría emplear el principio de precaución en todo un proyecto, con el fin de salvaguardar al medio ambiente y a las comunidades asentadas en dicho territorio. Todo ello, permitiría proteger de forma real los derechos fundamentales y constitucional, y evitaría problemas ambientales de carácter irreversible.

En cuanto a las obligaciones, prohibiciones y responsabilidades de las empresas en materia ambiental y su relación con el principio de precaución, se debe reconocer que, en principio, existe la responsabilidad social empresarial, la cual fomenta que estas tomen decisiones más amigables con el medio ambiente y sus trabajadores. Sin embargo, al ser un incentivo y, por lo tanto, ser voluntario, no es aplicado por muchas empresas al momento de diseñar sus proyectos, o es declarado sin que en la realidad se aplique.

Por este motivo, se deben buscar una serie de faltas y sanciones en pro de la garantía al medio ambiente y los derechos fundamentales y constitucionales que podrían verse afectados al momento de llevar a cabo un proyecto de esta magnitud.

Con lo anterior, se quiere dejar en evidencia que, la escasa regulación sobre el principio de precaución, ha generado que este se aplica únicamente a través de la jurisprudencia colombiana;

verbigracia, la sentencia T-1077/12, en donde la Corte protegió los derechos fundamentales de una menor de edad.

Dicha sentencia es importante, pues a través de ella no sólo se protegieron derechos fundamentales, sino que se determinó la obligación del Ministerio de Tecnología de regular sobre la distancia entre las torres de telefonía celular y las viviendas. Dicho fallo, pese a la renuncia del Ministerio, debió ser cumplido; significando el respeto y la aplicación del principio de precaución en Colombia.

Ahora bien, la Ley 99 de 1993, en su artículo 1 establece la obligación de la autoridad de aplicar el principio de precaución cuando se presenten las condiciones allí establecidas. Por su parte, la jurisprudencia identifica y desarrolla unas obligaciones específicas para cada asunto.

De allí que se requiera una regulación más amplia del principio de precaución en la Ley; máxime, cuando a través del PND 2018-2022 se considera la posibilidad de implementar el fracking en Colombia. Situación que, tal y como lo evidencian diferentes investigaciones internacionales, esta técnica tiene unas connotaciones negativas en materia ambiental de carácter irreversible.

Por lo anterior, no puede esperarse a que el fracking sea ejecutado a partir de pruebas piloto para empezar a solicitar la protección de la justicia y los derechos fundamentales de las personas. Por el contrario, debe reconocerse desde el inicio el impacto negativo de esta técnica, y adicional a ello, se deben buscar diferentes opciones para la explotación y producción de hidrocarburos de yacimientos no convencionales a través de tecnologías limpias.

Empero, en caso de que el Estado decide implementar el fracking, se deberán seguir los lineamientos expuestos en la sentencia T-1077 de 2012, en la cual se señala la importancia de la defensa de los derechos fundamentales a un ambiente sano, así como la protección de otros derechos constitucionales como lo es la salud de las personas.

En relación con el segundo objetivo, el cual consistió en establecer correlaciones entre los efectos positivos y negativos del *fracking* a partir de las experiencias en otros Estados, se pudo encontrar que la exploración, explotación y refinación de los hidrocarburos es muy importante en

Colombia. Sin embargo, hay tensiones entre los efectos positivos y negativos: lo económico *versus* protección ambiental.

Al respecto, se encontró que desde lo económico el impacto puede ser positivo, pues el fracking constituiría una fuente de ingreso para el país y las empresas. No obstante, la explotación de yacimientos convencionales representa en sí misma un riesgo ambiental para la región donde se realiza, ya sea por los riesgos en la distribución o por derrames de petróleo.

Esta situación puede agravarse por la falta de responsabilidad por parte de las empresas que operan pozos de hidrocarburos y por la intervención lenta por parte de las autoridades. Ello, aunado a que, si bien las explotaciones de yacimientos convencionales tienen impactos negativos en el medio ambiente, la implementación de la técnica de fracturación hidráulica resultaría más completa, y sus efectos negativos más preocupantes.

Si bien Colombia es un importante productor de hidrocarburos, el Estado ha considerado que el ingreso económico derivado del petróleo puede aumentar a través de la explotación de las reservas de los yacimientos no convencionales. Esto genera que el país quiera aumentar su producción, disminuir sus costos, así como detener la importación para convertirse en el principal productor de hidrocarburos.

Este tipo de estrategias han sido implementadas en los Estado Unidos. Sin embargo, dicha práctica ha acarreado una serie de consecuencias negativas en la población norteamericana y de otros países. *Verbigracia*, efectos en la salud, en el medio ambiente y en la disponibilidad de recursos tan importantes como el agua; pues esta técnica utiliza una gran cantidad de agua, lo cual puede generar la escasez de la misma en algunas regiones.

En definitiva, la explotación de hidrocarburos puede aumentar los ingresos de un país, pero a su vez, esta actividad aumenta los riesgos y problemas ambientales, sociales y de salud, lo que conlleva a un aumento en los gastos de la población y del Estado.

El fracking, además, puede tener impactos más trascendentales en el medio ambiente, pues su impacto en las especies animales y vegetales puede llegar a poner en riesgo el equilibrio de un hábitat.

En cuanto a los efectos que tiene el fracking respecto a las empresas, se ha evidenciado que estas son quienes obtienen la mayor ganancia posible sin preocuparse por resarcir los daños que puedan ocasionar al medio ambiente.

Estas pactan en las mejores condiciones, generan estrategias para pagar menos impuestos y aprovechan al máximo las ventajas de obtener hidrocarburos con menores costos. Todo, porque ellas no tienen la obligación ni la responsabilidad social de hacerse cargo de los efectos negativos de sus prácticas de negocio.

Frente a la situación de los habitantes de los pueblos vecinos al lugar de exploración y explotación, se encontró que son ellos, en conjunto con el medio ambiente, quienes terminan pagando un costo – y por lo tanto, se ven afectados negativamente- por una decisión que está basada únicamente en la obtención de un ingreso, pero en la cual no se tienen en cuenta los riesgos y los daños que esta técnica puede generar.

En países como Colombia, esta situación resulta aún más alarmante, pues si ya existe una condición de desigualdad previa que genera problemas, los efectos nocivos del fracking la agravan al generar mayores problemas de salud y dificultar la obtención de sus alimentos y de sus recursos económicos a través de actividades como la agricultura y la pesca.

En suma, la posible aprobación del fracking tiene efectos positivos y negativos. Por una parte, puede generar ganancias económicas para las empresas, y para el Estado, quien considera que estos proyectos le pueden generar una ventaja económica y política.

Por otra parte, se encuentran las consecuencias que esta técnica puede tener en contra de la sociedad; pues son sus habitantes quienes en últimas se ven afectados por la implementación de esta política pública, y quienes ven mermada su salud, sus ingresos y su calidad de vida.

A su vez, el fracking tiene graves repercusiones en el medio ambiente, pues esta técnica acarrea en sí misma la contaminación del agua y del aire; situación que puede impactar en otros sectores sin realizar distinciones. También puede ocasionar un aumento en la frecuencia de sismos, perjudicando a los habitantes de la región en donde se presentan.

Resulta evidente, entonces, que el dinero que se obtiene a través del fracking no resulta suficiente frente a los efectos negativos que se han documentado hasta ahora. Y que esta explotación desmesurada de hidrocarburos, sin una regulación adecuada que vele por la protección del medio ambiente, resulta más dañina que beneficiosa.

Por este motivo, se requiere que los actores involucrados sean más conscientes de los efectos que el fracking tiene en contra del medio ambiente, y que impactan al ser humano.

Ahora bien, al revisar las investigaciones internacionales respecto de la seguridad del fracking, se pudo encontrar que la mayoría evidencia efectos negativos en el medio ambiente, lo cual impacta la estabilidad y calidad de vida de los grupos que se ubican en las regiones en donde esta es realizada.

Cabe resaltar que, aunque hubo estudios que demostraron que el fracking no repercutía negativamente, lo cierto es que estas carecen de imparcialidad, pues fueron realizadas por empresas que se dedicaban a la explotación de hidrocarburos.

El tercer objetivo de la investigación busca analizar de qué forma se procura la protección del medio ambiente en el Plan de Desarrollo 2018- 2022 del Gobierno Nacional de Colombia. Ello, a partir de la invocabilidad del principio de precaución, el cual busca anticipar los riesgos derivados del *fracking*.

Es menester aclarar que que la revisión del PND no fue exhaustiva pero sí abarcó el tema del principio de precaución y del *fracking*. En ella, no se pudo evidenciar la conceptualización del medio ambiente pero sí de crecimiento sostenible; lo cual implica que el abordaje es enunciativo, y pretende establecer un equilibrio entre la economía y la ecología.

Contrario sensu a esto, la realidad ha demostrado que el PND busca poner en práctica proyectos económicos en el sector energético; dejando de lado, en muchas ocasiones, el enfoque ambiental .

Del mismo modo, se encontró que en el articulado del PND no se desarrolla la relación entre la aplicación del principio de precaución y los riesgos que se derivan del fracking. Esto

demuestra, que el PND no tiene como prioridad la defensa del medio ambiente sino el desarrollo económico.

Lo anterior permite concluir que, en el PND, el principio de precaución no es tenido en cuenta como un herramienta adecuada y necesaria para la protección de los recursos naturales. De allí que se pueda afirmar la inexistencia de una autoridad encargada de vigilar y hacer cumplir el principio de precaución, ante la posible aplicación de pruebas piloto de frackig en Colombia.

Pese a que a simple vista pareciese cumplirse con el requisito de consultar a los expertos antes de implementar esta técnica, lo cierto es que se requiere de una investigación más profunda, que permita conocer con neutralidad los efectos del fracking en cuanto al medio ambiente y la salud de las personas. Para lo cual, se aconseja la realización de consultas previas a la población que puede verse afectada con esto, en aras de determinar su posible desarrollo.

No obstante, la implementación del fracking en Colombia, al igual que la de Estados Unidos, debe estar encaminada a utilizar técnicas que permitan la explotación de yacimientos no convencionales cuyos impactos al medio ambiente sean menores. Es decir, se requiere desarrollar políticas públicas que incentiven al uso de energías limpias, que permitan explotar e innovar de forma sostenible.

Resulta posible que muchas empresas ya tengan opciones diferentes y sostenibles frente a la exploración de yacimientos no convencionales; pero estas sean más costosas que el fracking. En ese sentido, se propone un trabajo conjunto entre la iniciativa privada y el Estado, mediante la cual se incentive a analizar la viabilidad y la disminución de costos en estas técnicas, sin que esto perjudique al medio ambiente.

Es decir, el Estado debe incentivar a la explotación de recursos y generación de riqueza a través de la innovación de otros y del aporte de capital, a partir de una perspectiva ambiental integral, que permita un desarrollo sustentable equilibrado.

Con ello, se vislumbra una nueva área de investigación, centrada en el reconocimiento de los problemas generados y en las medidas que se pueden adoptar para prevenir problemas que afecten al medio ambiente. A través de estas investigaciones, se debe buscar la mejoría de las

técnicas referentes a la explotación de hidrocarburos, así como en la innovación de estrategias que impidan problemas de contaminación del agua y de otros recursos importantes.

Lo cierto es que el generar proyectos que permitan un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección y conservación del medio ambiente, requiere mucho trabajo. No obstante, este tipo de investigaciones permitiría impulsar la innovación y tecnología.

Esto, entonces, nos permite concluir que, *contrario sensu* a lo que muchos sectores consideran respecto del principio de precaución, este no impide el desarrollo de la tecnología, sino que fomenta el diseño y la creación de proyectos, en los que se pueda prevenir el impacto negativo en el medio ambiente y las personas.

Sobre la pregunta de investigación, se encuentra que, en el Plan Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad 2018-2022, la explotación de hidrocarburos mediante la técnica de fracking no atiende los principios generales del derecho ambiental. Lo anterior, toda vez que en su apartado no se referencia el principio de precaución ni a la conservación y protección del medio ambiente. Y pese a que el concepto de desarrollo sostenible es utilizado, este tiene una connotación netamente económica.

Frente a la hipótesis planteada, esta se comprobó de forma parcial; pues se demostró que los principios del derecho ambiental han sido eficaces para evitar o anticiparse a daños ambientales, ocasionados en casos como la contaminación electromagnética (T-1077-12), y de forma especial el principio de precaución.

A partir de lo anterior, se tiene como hipótesis principal la aplicación del principio de precaución -el cual forma parte de los principios del derecho ambiental- como un mecanismo que permite anticiparse a los riesgos del fracking.

Al respecto, la investigación comprobó que estos principios, sobre todo el principio de precaución, han sido eficaces para suspender actividades que generan daños ambientales, en especial el principio de precaución. Sin embargo, estos dependen de la solicitud de protección de los derechos fundamentales por parte de un ciudadano que se encuentre posiblemente en riesgo de verse afectado.

Así pues, aunque la Corte Constitucional pueda velar por los derechos fundamentales de los ciudadanos, dicha protección se ve limitada por el tiempo en el cual los daños a la salud de una persona resulten irreversibles. Ello, aunado a que no todas las personas solicitan la protección de sus derechos por diversas causas, entre las cuales está la situación económica.

Finalmente, y tras revisar la situación del *fracking* en el ámbito internacional, se encontró que los impactos a nivel ambiental, social y económico no permiten avalar la seguridad del procedimiento de fracturación hidráulica; por lo cual, resulta aún más necesario invocar el principio de precaución en aras de evitar los riesgos ante un escenario de incertidumbre.

Todo lo anterior, nos permite llegar a la conclusión de que el principio de precaución debe tener su desarrollo legal, en aras de que las autoridades puedan cumplir a cabalidad con la obligación estipulada en el artículo 1, parágrafo 6 de la Ley 99 de 1993; y sobre todo, en aras de que salvaguardar la salud de las personas y los recursos naturales, ante la posible amenaza de un daño irreversible. Para ello, la implementación del fracking debe ser prohibida, hasta tanto no se desarrollen técnicas más seguras y amigables con el medio ambiente.

Referencias bibliográficas

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2014). Historia del petróleo en Colombia. <https://www.anh.gov.co/portaRegionalizacion/Paginas/Historia-del-petroleo-en-Colombia.aspx>
- Alvarado J.C., Sepúlveda J. y Rodríguez G. A. (2017). La incertidumbre científica en las afectaciones al derecho a la salud de la radiación no ionizante de antenas base de teléfonos celulares (pp. 68-97). En: I. Vargas-Chaves & G.A. Rodríguez (eds.) Principio de precaución. Desafíos y escenarios de debate. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Álvarez, J. L., Camacho y López, S. M., Maldonado Muñiz, G., Trejo García, C. Átala, Olguín López, A., & Pérez Jiménez, M. (2014). La investigación cualitativa. *XIKUA Boletín Científico De La Escuela Superior De Tlahuelilpan*, 2(3). <https://doi.org/10.29057/xikua.v2i3.1224>
- Asociación Colombiana de Petróleo y Gas. (2017). Fracturación hidráulica. <https://acp.com.co/web2017/es/todo-sobre-el-fracking/967-fracturacion-hidraulica>
- Asociación Internacional para la Defensa del Ambiente. [AIDA]. (2014, 19 de agosto). Antes de autorizar fracking, Colombia debe garantizar protección al ambiente y la salud. <https://aida-americas.org/es/prensa/antes-de-autorizar-fracking-colombia-debe-garantizar-proteccion-al-ambiente-y-la-salud>
- Berrío, M., Espitia, J., Ferrari, C., González, J. I., Hernández, I., Tassara, C., ... & Zafra, G. (2020). El plan nacional de desarrollo 2018-2022," Pacto por Colombia, pacto por la equidad". Reflexiones y propuestas. *Revista de Economía Institucional*, 22(43), 195-222. <https://doi.org/10.18601/01245996.v22n43.09>
- Bonilla M. A. (27 de agosto de. 2018). Acción popular busca frenar el “fracking” en Colombia. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/noticias/judicial/accion-popular-busca-frenar-el-fracking-en-colombia/>

- Burgos M. A. T. (2018). Alcances del principio de precaución y problemas jurídicos en su aplicación en el ordenamiento jurídico colombiano. (Trabajo de grado). Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15813/1/ARTICULO%20FINAL.pdf>
- Cabana J. (s.f.). Evaluación de los posibles impactos ambientales generado por el método de explotación de hidrocarburos no convencionales fracking en los acuíferos. Fundación Universitaria del Área Andina.
<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/941/EIA%20gererado%20por%20el%20fracking%20sobre%20los%20acuíferos%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campero A. C. (2014). Impactos socioambientales en los procesos de fractura hidráulica. En: M.B. Robles (ed.). Impacto social y ambiental del fracking. (pp. 41-48). Instituto Belisario Domínguez. https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/62/2/2014-07-17-1/assets/documentos/5_INTER_BENJAMIN_ROBLES_Hidrocarburos.pdf
- Centro de Estudio y promoción de Derechos Humanos. (2016). El derecho humano a un medio ambiente libre de contaminación. <http://derechoshumanos.ufro.cl/index.php/login/130-el-derecho-humano-a-un-medio-ambiente-libre-de-contaminacion>
- Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques (2018). Análisis internacional. Fracking: panorama internacional, regional y nacional. México: Senado de la República.
https://centrogilbertobosques.senado.gob.mx/docs/AI_Fracking_031018.pdf
- Cruz R. (25 de abril de 2019). El fracturamiento social que ya está generando el fracking. Verdad Abierta. <https://tierraderesistentes.com/es/2019/04/25/el-fracturamiento-social-que-ya-esta-generando-el-fracking/>
- De la Fuente L. A. (2014). La explotación del gas shale: implicaciones económicas. En: Robles M. B. (2014). En: M.B. Robles (ed.). Impacto social y ambiental del fracking. (pp. 49-56). Instituto Belisario Domínguez. https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/62/2/2014-07-17-1/assets/documentos/5_INTER_BENJAMIN_ROBLES_Hidrocarburos.pdf
- Delgado M. C. (s.f.). Impactos ambientales y económicos derivados de la práctica de fracking en Colombia (Propuesta de investigación). Universidad Libre Seccional Cúcuta.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/18748/Paper.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Departamento Nacional de Planeación (noviembre 28 de 2020). ¿Qué es el Plan Nacional de Desarrollo? (noviembre 28 de 2020). <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Que-es-el-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>

Escuela Superior de Administración Pública. (2016). Programa de cultura ambiental: Cartilla de educación ambiental. Editorial ESAP.

Fitzsimons, A. (2017). Cap. 4. El desarrollo global en la industria petrolera. <https://www.teseopress.com/estadoyacumulaciondecapitalenargentina/front-matter/93-2/Estado-y-acumulacion-de-capital-en-Argentina.210-215>. <https://www.teseopress.com/estadoyacumulaciondecapitalenargentina/front-matter/93-2/>

Franco, P. A. (28 de septiembre 2017/2017). Los riesgos de usar el fracking en Colombia, el próximo gran desafío ambiental. Periódico Nova et Vetera. Universidad del Rosario. <https://www.urosario.edu.co/Periodico-Nova-Et-Vetera/Analisis/Los-riesgos-de-usar-el-fracking-en-Colombia-el-pr/>

Gómez, L. (2010). Un espacio para la investigación documental. Revista Vanguardia psicológica clínica teórica y práctica, 1(2), 226-233. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4815129>

Gómez, L. (2019, 08 de mayo) Fracking no está en el articulado del PND pero sí en documento base. Colombiacheck. <https://colombiacheck.com/chequeos/fracking-no-esta-en-el-articulado-del-pnd-pero-si-en-documento-base>

Gómez-Rey, A. Vargas-Chaves, I., & Ibáñez-Elam, A. (2019). El caso de la naturaleza: los derechos sobre la mesa ¿decálogo o herramienta? En L. Estupiñan-Achury, C. Storini, R. Martínez-Dalmau & F. Danta (Eds.). La naturaleza como sujeto de derechos en el constitucionalismo democrático (pp. 423-443). Bogotá: Universidad Libre de Colombia.

Gómez-Rey, A., Rodríguez, G. A., & Vargas-Chaves, I. (2015). La facultad a prevención. En G. Rodríguez, & I. Vargas-Chaves (Eds.). Perspectivas de responsabilidad por daños ambientales en Colombia (pp. 143-162). Bogotá: Centro Editorial de la Universidad del Rosario.

- Gómez-Rey, A., Vargas-Chaves, I., & Rodríguez, G. A. (2018). De la nulidad y el restablecimiento del derecho: la complejidad que supone el éxito de los medios de control sobre los actos administrativos relacionados con la licencia ambiental. En G. Rodríguez (Ed.) Justicia ambiental en Colombia: Ejercicio participativo a través de las acciones constitucionales (pp. 223-247). Bogotá: Grupo Editorial Ibáñez.
- Gómez-Rey, A., Vargas-Chaves, I., & Rodríguez, G.A. (2020) El desarrollo sostenible como política en Colombia: un análisis desde la protección de los páramos. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 20(38), 41-52. <https://doi.org/10.22518/jour.ccs/2020.1a02>
- Heinrich Böll Stiftung, Physicians for Social Responsibility and Concerned Health Professionals of NY (2015). Compendio de hallazgos científicos, medicosmédicos y de medios de comunicación que demuestran los riesgos y daños del Fracking. Heinrich Böll Stiftung. https://mx.boell.org/sites/default/files/compendium_final_25_de_mayo.pdf
- Herrera, C. J. C. (2008). Introducción al estudio del medio ambiente. Universidad Juárez del Eestado de Durango. <http://fica.ujed.mx/universidadsaludable/Introducci%C3%B3n%20al%20Estudio%20del%20Medio%20Ambiente.pdf>
- Luna-Galván, M., & Vargas-Chaves, I. (2018) Approaching resilience for climate change adaptation in complex environments. *European Journal of Sustainable Development*, 7(3), 255-264. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2018.v7n3p255>
- Macias A., H. J. (2014). Esta es la historia detrás del fracking. Las 2 Orillas. <https://www.las2orillas.co/como-inicio-el-fracking/>
- Martins A. (2013). Fracking: mito y realidad. de BBC Mundo. Sertox. <https://www.sertox.com.ar/es/fracking-mito-y-realidad-de-bbc-mundo/>
- Maya, A. J. A. & y Gómez, C. M. A. (2014). Criterios de la Corte Constitucional para determinar el carácter fundamental de los derechos a través de la jurisprudencia. *Advocatus*. 11 (23), . 49-166. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/advocatus/article/view/5954/5492>
- Ondarse, A. D. (2021). Hidrocarburos. <https://concepto.de/hidrocarburos/>

- Pérez C. A., Puentes R. A., Rodríguez H., & Herrera S. H., AIDA , (2016). Principio de precaución: herramienta jurídica ante los impactos del fracking. AIDA. México. https://aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/publicacion_fracking_aida_boell.pdf
- Pérez M. R. A. (2015). Optimización de los sistemas de perforación y terminación de pozos en yacimientos de Shale Gas. (Trabajo de grado). [Trabajo de grado]. México: Universidad Nacional Autónoma de MéxicoAM.. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6848/TESIS%20COMPLETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos, L. D. J., & Montenegro, M. (2012). La generación de energía eléctrica en México. Tecnología y ciencias del agua, 3(4), 197-211. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000400012
- República de Colombia, Congreso de la República, Ley 23 de 1973 de Colombia <https://www.eird.org/cdforreogional/pdf/spa/doc1535/doc1535-1.pdf>
- República de Colombia, Congreso de la República, Ley 2811 de 1974.Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Normatividad/Nacional/Leyes/Decreto-Ley2811-74-Codigo-Recursos-Naturales-Renovables-y-Proteccion-Medio-Ambiente.pdf>
- República de Colombia, Congreso de la República, Ley 472 de 1998 de 6 de agosto de 1998 http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0472_1998.html
- República de Colombia, Consejo de Estado, Sección Tercera. Auto del 8 de noviembre del 2018. Rad. 11001-03-26-000-206-0014-00 (57.819). (2018) Noviembre 8. Suspensión provisional del Decreto 3004 del 26 de diciembre de 2013 y la Resolución 90341 del 27 de marzo de 2014. <http://www.consejodeestado.gov.co/wp-content/uploads/2018/11/fc.pdf>
- República de Colombia, Constitución Política de Colombia
- República de Colombia, Corte Constitucional, Sentencia C-632 de 2011 <https://www.corteconstitucional.gov.co/RELATORIA/2011/C-632-11.htm>
- República de Colombia, Corte Constitucional, Sentencia C-703 de 2010 <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2010/C-703-10.htm>

República de Colombia, Defensoría del Pueblo Colombia, Informe de riesgo no. 040-16A.I. de 2016. <http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2020/02/IR-N%C2%B0-040-16A.I.-CES.pdf>

República de Colombia, Presidencia de la República, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad. Colombia. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>

Rodríguez, G. A., & Vargas-Chaves, I. (2018). The participation as an imperative of democracy and environmental justice in Colombia. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 9(6), 145-155. <https://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/10339>

Rodríguez, G.A. & Vargas-Chaves, I. (2019) Avances del derecho constitucional ambiental colombiano: una mirada desde la interpretación jurisprudencial. En M. Peña Chacón (Ed.). *Derecho ambiental del Siglo XXI* (pp. 213-244). San José de Costa Rica: Editorial Isolma.

Rubio G., A. (05 de julio de 2018). Siete impactos ambientales generan el fracking. *Periódico Virtual Amazonía y Paz. Amazonia y Paz*. <https://www.uniamazonia.edu.co/amazoniaypaz/siete-impactos-ambientales-genera-el-fracking/>

Salcedo A. I. J. (2016). *Impactos ambientales del fracking analizado desde la experiencia internacional de Estados Unidos*. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14339/1/Impactos%20ambientales%20del%20fracking%20analizado%20desde%20la%20experiencia%20internacional%20de%20Estados%20Unidos.pdf>

Sánchez S. L. F. (2012). El derecho al ambiente sano: esquemas de reconocimiento constitucional y mecanismos judiciales de protección en el derecho comparado (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9039/luisfernandosanchezsupelano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sandoval Sandoval, T., A. (2014). El fracking en la explotación de hidrocarburos no convencionales: amenaza para los derechos humanos, amenaza a la vida. En: M.B. Robles (ed.). Impacto social y ambiental del fracking. (pp. 65-74). Instituto Belisario Domínguez. https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/62/2/2014-07-17-1/assets/documentos/5_INTER_BENJAMIN_ROBLES_Hidrocarburos.pdf
- Saxe F., J. (2014). La explotación de fósiles no convencionales en Estados Unidos: una lección para América Latina. En: M.B. Robles M. B. (2014ed.). Impacto social y ambiental del fracking. (pp. 57-64). Instituto Belisario Domínguez. https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/62/2/2014-07-17-1/assets/documentos/5_INTER_BENJAMIN_ROBLES_Hidrocarburos.pdf
- Secretaría de Energía del Gobierno de México (2015, 16 de mayo). ¿Qué son los hidrocarburos? <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-son-los-hidrocarburos>
- Semana.com (2014). El fracking llegó a Colombia. <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/que-es-el-fracking-o-fracturacion-hidraulica/31672/>
- Ssecoconsulting.com (s.f.). Educación en Ingeniería Química. Breve Historia del Petróleo. <https://www.ssecoconsulting.com/breve-historia-de-la-industria-del-petroacuteteleo.html>
- Vargas-Chaves, I. & Rodríguez G.A. (2017) Principio de precaución. Desafíos y escenarios de debate. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Vargas-Chaves, I. (2016). De la proactividad a la prevención ambiental: análisis del impacto del uso del glifosato en la erradicación de cultivos de uso lícito. En: G.A. Rodríguez & G. A. & I. Vargas-Chaves I. (eds). La prevención en materia ambiental (pp. 1-40). Bogotá: Editorial Universidad del Rosario. <https://philarchive.org/archive/VARDLP>
- Vargas-Chaves, I., & Rodríguez, G. A. (2017). Principio de precaución: desafíos y escenarios de debate. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Vargas-Chaves, I., Betancur-Quiceno, A. M., & Sierra-López, M. A. (2020). Contaminación electromagnética. Sincelejo: Editorial CECAR.

- Vargas-Chaves, I., Ibáñez-Elam, A., & Gómez-Rey, A. (2020) El principio de precaución: de norma crepuscular a criterio jurídico vinculante. *Revista Guillermo de Ockham*, 18(1), 53-65. <https://doi.org/10.21500/22563202.4377>
- Vargas-Chaves, I., Luna, M., & Torres, Y. (2020). Del biocentrismo a la seguridad humana: un enfoque en el marco del reconocimiento del páramo de Pisba como sujeto de derechos. *Prolegómenos. Derechos y Valores*, 23(45), 85-101. <https://doi.org/10.18359/prole.4264>
- Vargas-Chaves, I., Rodríguez, G.A. Cumbe-Figueroa, A. & Mora-Garzón, S. (2020). Recognizing the rights of nature in Colombia: the Atrato River case. *Jurídicas*, 17(1), 13-41. <https://doi.org/10.17151/jurid.2020.17.1.2>
- Vargas-Chaves, I., y Granja-Arce, H. (2018). *Principio de precaución*. Bogotá: Ediciones UGC.
- Vera V., L (s.f.) *La investigación cualitativa*.
http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/velez_vera_investigacion_cualitativa_pdf.pdf
- Vergara, V. R. (2018). Planes Nacionales de Desarrollo y management público en Colombia (1958-2018). Un estudio bajo la técnica cualitativa del análisis de contenido. *Económicas CUC*, .39(2), 129-144. <http://dx.doi.org/10.17981/econcuc.39.2.2018.08>