

**Análisis del fracturamiento hidráulico (fracking) como posible técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales en Colombia**

**Jémnifer Rodríguez Aparicio**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Derecho con énfasis en Derecho Administrativo**

**Director**

**Yesid Albeiro Sánchez Sandoval**

**Magíster en Derecho**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ciencias Jurídicas y Políticas**

**Maestría en Derecho Administrativo**

**2021**

### **Dedicatoria**

*A mi familia, fuente inagotable de aliento y  
brío para andar mis caminos. Todo mi amor y el  
fruto de mi esfuerzo son suyos.*

**Contenido**

|                                                                                                                                                 | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Introducción Al Fracking.....                                                                                                                | 16   |
| 1.1 Conceptos básicos relacionados con los hidrocarburos .....                                                                                  | 16   |
| 1.1.1 Formaciones rocosas .....                                                                                                                 | 17   |
| 1.1.2 Actividades de exploración de hidrocarburos .....                                                                                         | 20   |
| 1.1.3 Reservas de hidrocarburos.....                                                                                                            | 22   |
| 1.1.4 Yacimientos no convencionales: definición y clases .....                                                                                  | 25   |
| 1.2. Reservas actuales de hidrocarburos en Colombia y potencial en yacimientos no convencionales .....                                          | 28   |
| 1.3 Técnicas de exploración y explotación de yacimientos no convencionales .....                                                                | 32   |
| 2. Generalidades técnicas del fracking.....                                                                                                     | 35   |
| 2.1 Fracturación hidráulica como técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.....                    | 35   |
| 2.1.1 Definición .....                                                                                                                          | 36   |
| 2.1.2. Hitos históricos del fracturamiento hidráulico .....                                                                                     | 38   |
| 2.1.3 Proceso técnico del fracking en YNC .....                                                                                                 | 41   |
| 2.2 Problemas asociados con la implementación del fracking en YNC a la luz de literatura científica Basada en Experiencias Internacionales..... | 45   |
| 2.2.1 Uso intensivo del agua.....                                                                                                               | 46   |
| 2.2.2 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.....                                                                                  | 47   |
| 2.2.3 Sismicidad inducida.....                                                                                                                  | 48   |
| 2.2.4 Contaminación del aire.....                                                                                                               | 49   |

|                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.5 Contaminación auditiva.....                                                                                                                                                             | 51  |
| 2.2.6 Problemas de salud en humanos.....                                                                                                                                                      | 51  |
| 2.3. Reseña de las conclusiones del informe de la comisión de expertos convocada por el gobierno Colombiano (2019) sobre las condiciones técnicas de aplicación del fracking en el país. .... | 53  |
| 3. Dimensión jurídica del fracking.....                                                                                                                                                       | 55  |
| 3.1 Consideraciones preliminares .....                                                                                                                                                        | 56  |
| 3.2 Normatividad e instrumentos ambientales de carácter nacional e internacional de relevancia frente a la aplicación del fracking.....                                                       | 57  |
| 3.2.1 Del ámbito nacional.....                                                                                                                                                                | 57  |
| 3.2.2 Del ámbito internacional .....                                                                                                                                                          | 70  |
| 3.3 Marco legal regulatorio del fracking en Colombia y su estado de aplicabilidad actual.....                                                                                                 | 81  |
| 3.3.1 Regulación del Fracking en el País .....                                                                                                                                                | 82  |
| 3.3.2 Contratos y licencias para YNC en Colombia.....                                                                                                                                         | 90  |
| 3.4 Situación del Fracking en Otros Países .....                                                                                                                                              | 94  |
| 3.4.1 Francia .....                                                                                                                                                                           | 95  |
| 3.4.2 España.....                                                                                                                                                                             | 96  |
| 3.4.3 Bulgaria .....                                                                                                                                                                          | 97  |
| 3.4.4 Uruguay .....                                                                                                                                                                           | 98  |
| 3.4.5 Estados Unidos .....                                                                                                                                                                    | 99  |
| 3.4.6 Argentina .....                                                                                                                                                                         | 100 |
| 3.5. Consideraciones jurídicas sobre la implementación del fracking en Colombia .....                                                                                                         | 101 |
| 4. Aspectos económicos del fracking.....                                                                                                                                                      | 104 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Aporte del sector hidrocarburos al producto interno bruto-PIB..... | 107 |
| 4.2 Aporte del sector hidrocarburos a las finanzas públicas .....       | 108 |
| 4.3 Aporte del sector hidrocarburos a la inversión extranjera.....      | 110 |
| 4.4 Aporte del sector hidrocarburos al empleo .....                     | 111 |
| 4.5 Consideraciones sobre la autosuficiencia energética del país.....   | 114 |
| 5. Conclusiones .....                                                   | 118 |
| Referencias.....                                                        | 124 |

**Lista de tablas**

|                                                                                               | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Diferencias entre yacimientos convencionales y no convencionales .....</i> | 20   |
| <b>Tabla 2.</b> <i>YNC en los cuales se utiliza el fracking .....</i>                         | 34   |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Compuestos de fluidos de inyección .....</i>                               | 43   |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Contratos suscritos para operación en YNC .....</i>                        | 91   |

**Lista de figuras**

|                                                                                       | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Figura 1.</b> <i>Nivel de reservas probadas de crudo 2006-2019</i> .....           | 29          |
| <b>Figura 2.</b> <i>Nivel de reservas probadas de gas 2008-2019</i> .....             | 29          |
| <b>Figura 3.</b> <i>Potencial de YNC en Colombia</i> .....                            | 32          |
| <b>Figura 4.</b> <i>Yacimiento Convencional y Yacimiento No convencional</i> .....    | 37          |
| <b>Figura 5.</b> <i>PIB consolidado al IV Trimestre de 2020</i> .....                 | 108         |
| <b>Figura 6.</b> <i>Inversión extranjera Directa 2020</i> .....                       | 111         |
| <b>Figura 7.</b> <i>Población ocupada por ramas de actividad económica 2020</i> ..... | 112         |
| <b>Figura 8.</b> <i>Población ocupada por ramas de actividad económica 2019</i> ..... | 113         |
| <b>Figura 9.</b> <i>Población ocupada por ramas de actividad económica 2018</i> ..... | 11313       |

### **Resumen**

En los últimos 10 años la implementación del Fracking como técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales en nuestro país ha estado en el centro de las discusiones de corte ambiental, económico, social y político. No es para menos, puesto que la decisión que se tome desde las instancias gubernamentales, judiciales y legislativas frente a la aplicación o prohibición de esta técnica en Colombia es de la mayor trascendencia bajo el contexto actual del cambio climático y del clamor mundial por la transición hacia las fuentes limpias de energía. Este trabajo de investigación está encaminado a estudiar desde diversas ópticas, pero esencialmente desde el aspecto jurídico, las ventajas y desventajas asociadas a la aplicación del *fracking* con el objeto de sentar una posición objetiva de cara a su implementación o prohibición en el país.

*Palabras clave:* fracturamiento hidráulico, fracking, yacimientos no convencionales de hidrocarburos, cambio climático, riesgo y daño ambiental, principio de precaución, desarrollo sostenible.



**Abstract**

In the last 10 years the exploration and exploitation of hydrocarbons in unconventional deposits through hydraulic fracturing (“fracking”) in our country has been at the center of environmental, economic, social and political discussions. No wonder, because the decision that is taken from the governmental, judicial and legislative instances regarding the application or prohibition of this technique in Colombia is of great importance under the current context of climate change and the global clamor for renewable energy transition. This research work is aimed at studying from different perspectives, but essentially from the legal aspect, the advantages and disadvantages associated with fracking application in order to establish an objective position about its implementation or prohibition in the country.

*Keywords:* hydraulic fracturing, fracking, unconventional hydrocarbon deposits, climate change, environmental risk and damage, precautionary principle, sustainable development.

### Introducción

Actualmente existe en el país una férrea controversia en torno a la utilización del fracturamiento hidráulico o Fracking, como técnica de exploración y extracción de hidrocarburos de yacimientos no convencionales –YNC- o de roca generadora, debido a sus potenciales efectos sobre la salubridad pública y el medio ambiente (dentro de los cuales están la contaminación de acuíferos, enfermedades en humanos, aumento de la sismicidad y degradación del hábitat), que han sido documentados en países donde desde hace algunas décadas se viene haciendo uso de tal técnica extractiva, como lo son, por ejemplo, Estados Unidos, Canadá e Inglaterra.

Los riesgos asociados al fracking en YNC, han llevado a países como Francia, Australia, Irlanda o Bulgaria y a numerosos estados y ciudades de Estados Unidos y Canadá, a prohibir esta actividad o a aplicarle moratorias (suspensión) por un número de años, hasta que la información científica y técnica permita afirmar sin lugar a dudas que tales riesgos pueden ser controlados y considerablemente mitigados.

En lo que a Colombia se refiere, los estudios de prospectividad geológica de las cuencas sedimentarias del territorio nacional indican un potencial importante de hidrocarburos en yacimientos no convencionales que, de ser confirmado, podría aumentar significativamente las reservas actuales y cuya explotación implica la aplicación de la controversial técnica de fracking. (Comisión Interdisciplinaria de Especialistas, 2019, p.13).

Partiendo de ese potencial, la iniciativa de utilizar el fracking en el país tuvo su génesis jurídico en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”, que en su acápite relativo al *Aprovechamiento de los recursos hidrocarburíferos*, estableció la necesidad de identificar y materializar el potencial del país en yacimientos no convencionales de hidrocarburos y determinó que el Gobierno nacional elaboraría la reglamentación técnica

necesaria para la exploración y explotación de este tipo de yacimientos. (Departamento Nacional de Planeación, 2011).

Es así, que el 16 de mayo de 2012 se expidió la Resolución n° 180742 por parte del Ministerio de Minas y Energía, mediante la cual se establecieron los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en YNC.

Esta norma suscitó que en septiembre del mismo año, la Contraloría General de la República enviara una Función de Advertencia al Ministerio de Ambiente, a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, al Ministerio de Minas y Energía y a la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH, relativa a los riesgos ambientales de la técnica extractiva de fracturamiento hidráulico. En la advertencia formulada el Ente de control solicitaba a dichas entidades que tomaran las medidas necesarias para cerciorarse de que la exploración y explotación hidrocarburífera se hiciera sosteniblemente y pedía tomar en cuenta el Principio de Precaución ante el riesgo latente de esta técnica para el patrimonio ambiental del país (Contraloría General de la República, 2012).

De forma paralela, se empezaron a escuchar desde la sociedad civil (principalmente comunidades cercanas a las áreas con potencial de extracción y grupos de interés) las preocupaciones y las voces de rechazo ante la posible entrada del fracking en el país.

A raíz de la advertencia realizada por la Contraloría General de la República, la ANH y el Ministerio de Minas y Energía adelantaron el denominado Programa de Gestión del Conocimiento, que tenía como objeto estudiar y aprender sobre las mejores prácticas en yacimientos no convencionales a través de estudios técnicos, talleres y reuniones con expertos internacionales y exreguladores de EE.UU y Canadá (ACP, 2016).

Como resultado de dicho programa se expidió el Decreto Nacional 3004 de 2013 “por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales”, que ordenó la expedición de normas técnicas y de procedimientos en materia de integridad de pozos, fluidos de retorno y otros aspectos técnicos y fue la base para la expedición de la Resolución n° 90341 de 2014 del Ministerio de Minas y Energía “Por la cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales” -que derogó la Resolución n° 180742 de 2012<sup>1</sup>- y de la Resolución 421 de 2014 “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Respecto a tales normas y al Programa de Gestión del Conocimiento que les sirvió de fundamento, se refirió en el año 2014 la Contraloría General de la República en el Informe de Actuación Especial n° 31- Seguimiento Función de advertencia, donde señaló que “dichos actos administrativos presentan deficiencias y abordan la generación de línea base en aspectos como hidrogeología y sismotectónica de forma muy general y a escalas que no son las adecuadas por ser escalas regionales con información no generada ni levantada para el tema del fracking, situación que implica riesgos técnicos y ambientales a la hora de realizar un control riguroso a los riesgos y efectos potenciales derivados de la actividad de exploración y explotación de hidrocarburos de yacimientos no convencionales mediante la utilización del fracking” y adicionalmente que “el programa de gestión del conocimiento presenta insuficiencias en la generación del conocimiento local y específico para la fase de explotación (...)”.

---

<sup>1</sup> Excepto los artículos 18 y 19 relativos a los Acuerdos Operacionales e intervención del Ministerio de Minas y Energía.

Ahora, en 2016 se interpuso medio de control de nulidad simple<sup>2</sup>, con el fin de obtener la anulación tanto del Decreto 3004 de 2013 como de la Resolución 90341 de 2014, acción dentro de la cual el Consejo de Estado decidió suspender provisionalmente tales normas, mediante Auto del 8 de noviembre de 2018, en el cual se señaló que “de una simple confrontación de normas superiores que consagran el principio de precaución y los actos administrativos demandados, se tiene que estos, en principio, no cumplen con el enfoque precautorio y la obligación general de debida diligencia que impone tomar todas las medidas apropiadas para prevenir los daños potenciales o riesgos que puedan resultar de las actividades asociadas al fracking”. (Consejo de Estado, 2018)

En todo caso, junto a Ecopetrol y el gremio petrolero del país, el Ministerio de Minas ha insistido en que a través del Fracking el país aumentará sus reservas de petróleo de tres a cuatro veces más de lo que tenemos hoy y que además el no poner en práctica esta técnica significa – según sus argumentos- que a la vuelta de algunos pocos años Colombia estaría en riesgo de perder su autosuficiencia y su autoabastecimiento petrolero. (Sáenz V, J., 2017).

De ahí que el Gobierno Nacional decidiera en octubre de 2018 designar una Comisión Interdisciplinaria para determinar la posible realización de la exploración de yacimientos no convencionales en roca generadora mediante la utilización de la técnica de fracturamiento hidráulico.

Dicha Comisión Interdisciplinaria de Especialistas -integrada por 11 académicos nacionales y 2 internacionales en diversas disciplinas como geología, medio ambiente, hidrogeología, sismología, salud, regulación y política petrolera, ecosistemas, entre otras- presentó en abril de 2019 el “Informe sobre efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y

---

<sup>2</sup> Radicación: 11001032600020160014000 (57.819). Medio de control: Nulidad simple. Actor: Esteban Antonio Lagos González. Demandado: Nación-Ministerio de Minas y Energía.

económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal”, en el cual recomendó al Gobierno Colombiano la realización de Proyectos Piloto de Investigación Integral –PPII- antes de tomar alguna decisión sobre la explotación o no de yacimientos no convencionales con la técnica de fracturamiento hidráulico Fracking. (Comisión Interdisciplinaria de Especialistas, 2019, p.98).

Con fundamento en lo anterior, se expidió el Decreto Nacional 328 de 2020 (febrero 28) "Por el cual se fijan lineamientos para adelantar Proyectos Piloto de Investigación Integral -PPII sobre Yacimientos No Convencionales - YNC de hidrocarburos con la utilización de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH, y se dictan otras disposiciones", en el cual se fijaron los parámetros para poner en marcha los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII, con miras a obtener la información suficiente para evaluar el desarrollo de los proyectos, definiendo si existen las condiciones científicas, ambientales, institucionales, sociales y técnicas para avanzar a la etapa de exploración y explotación comercial sobre Yacimientos No Convencionales de hidrocarburos con la utilización de la técnica de fracturamiento hidráulico.

Frente a esto, se ha acrecentado el descontento y la preocupación de personas, organizaciones, movimientos y gremios que ven en el fracking una amenaza inminente a las fuentes de agua, los ecosistemas y la salud pública y que en consecuencia han consolidado procesos organizativos dirigidos a lograr su prohibición.

Así pues, actualmente cursa igualmente una demanda de nulidad contra el Decreto 328 de 2020, en la cual se esgrimen dos argumentos centrales: “i) la violación del principio de precaución en materia ambiental, y ii) la no realización de la consulta previa como instancia

preliminar y obligatoria para la expedición del acto acusado, en atención a la afectación que este genera sobre comunidades tribales e indígenas”.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, es claro que de una parte el Estado colombiano tiene en marcha todo su engranaje institucional para autorizar y reglamentar la exploración y explotación de yacimientos no convencionales a través de la técnica de Fracking y por otra parte existe una decidida oposición frente la utilización de dicha técnica en el país por parte no solo de los ambientalistas sino principalmente de las comunidades que habitan los territorios que han sido concesionados -o lo serán- para explotación de hidrocarburos a través de esta técnica, de manera que este documento está dirigido a analizar las ventajas y desventajas de la implementación del Fracking como técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales en nuestro país, de cara a sentar una posición respecto a su aplicación o prohibición.

En ese orden de ideas, se abordarán en esta investigación las generalidades de la técnica del Fracking, así como un análisis de la misma desde sus dimensiones técnica, económica y principalmente jurídica, que permita arribar a unas conclusiones objetivas en el sentido antes indicado.

## 1. Introducción Al Fracking

### 1.1 Conceptos básicos relacionados con los hidrocarburos

El fracturamiento hidráulico -también llamado *fracking*- es una técnica para extraer hidrocarburos en yacimientos no convencionales como el gas y el petróleo de esquisto (*shale gas* o *shale oil* por sus nombres en inglés), que 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 compuesto por una mezcla de agua, arena y diferentes químicos, con la finalidad de fracturar rocas que contienen hidrocarburos de difícil acceso y liberarlos. (AIDA, 2016, p.13).

El fracking aplicado en yacimientos no convencionales de hidrocarburos debe ser diferenciado del empleado en yacimientos convencionales. En el último caso, la técnica lleva más de 70 años usándose en el mundo, incluido nuestro país (Sánchez et al, 2018). En cambio, el fracking en yacimientos no convencionales es una técnica reciente que tuvo su inicio en los 90s en Estados Unidos y aún está en proceso de experimentación a nivel global. (Brantley y Meyendorff, 2013).

Como quedó dicho en la introducción del presente documento, la técnica de fracturamiento hidráulico que se abordará aquí es la utilizada en la extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, pero antes de entrar a referirnos a los yacimientos no convencionales propiamente dichos y a la técnica de fracking, es pertinente hacer algunas acotaciones respecto de algunos conceptos en materia de hidrocarburos que se encuentran básicos y útiles para contextualizar el tema.



### 1.1.1 Formaciones rocosas

Acorde a lo anterior, vale iniciar refiriéndonos a las **formaciones rocosas** existentes en la tierra y su relación con los diferentes tipos de yacimientos de hidrocarburos. Sea lo primero señalar que las rocas se clasifican en 3 tipos, a saber: las rocas ígneas, las rocas metamórficas y las sedimentarias (Bowen & Schairer, 1956, como se citó en Orozco et al, 2014), y cada uno de estos tipos corresponde al proceso de formación de la roca. En el caso de las **rocas ígneas**, son aquellas generadas por el enfriamiento o solidificación de material fundido (magma) que procede del interior de la Tierra. Estas a su vez pueden ser de dos tipos, rocas plutónicas, cuando la masa fundida se enfría y solidifica durante su ascenso hacia la superficie de la Tierra, en zonas cercanas a la superficie (corteza terrestre) y rocas volcánicas cuando se enfría y solidifica en la superficie. (Instituto de Geociencias, IGEO, s.f.).

Por su parte, las *rocas metamórficas* se generan a partir de rocas preexistentes (principalmente sedimentarias) que, como consecuencia de sufrir un aumento importante de temperatura y de presión por procesos geológicos (enterramiento, intrusión de magmas, etc.), sufren reajustes que ocasionan cambios en sus minerales y su composición química, como por ejemplo la cuarcita y el mármol. (Ibídem).

Por último, las *rocas sedimentarias* tienen su origen en los sedimentos arrastrados por el viento, el hielo glaciar y principalmente por las corrientes de agua en la superficie, que se van acumulando en el lecho de los ríos, lagos y el mar, o por la acumulación de restos de materia orgánica, por la precipitación de sustancias químicas o bioquímicas, o por la combinación de todos estos factores (Orozco-Centeno et al, 2014). Las rocas sedimentarias se dividen a su vez en detríticas (formadas a partir de la sedimentación de fragmentos de otras rocas después de una fase de transporte. Eje: gravas, areniscas, arcillas) y no detríticas (formadas a partir de la

precipitación de determinados compuestos químicos en soluciones acuosas o bien por acumulación de sustancias de origen orgánico. Eje: carbones y petróleos) (Instituto de Geociencias, IGEO, s.f.).

Las rocas sedimentarias son las que interesan desde el punto de vista de los hidrocarburos, pues forman los yacimientos convencionales y no convencionales. Las rocas sedimentarias más importantes que forman los yacimientos convencionales son arenas, areniscas y calizas, mientras las que forman los yacimientos no convencionales son las rocas sedimentarias de granos finos y muy finos, como las lutitas, el carbón, las areniscas y calizas apretadas y las arenas bituminosas a las que haremos referencia más adelante. (Montoya, Milton, et al, 2015, p.30).

Ahora bien, los *parámetros que determinan la calidad de las rocas sedimentarias* como yacimiento de hidrocarburos son principalmente dos: la permeabilidad y la porosidad: La *permeabilidad* representa la facilidad con la que una roca o formación permite a un fluido de viscosidad dada atravesarla y su unidad de medida es el Darcy (generalmente demasiado grande para los almacenes de hidrocarburos, por lo que se utiliza el milidarcy). (Universidad Nacional de Medellín, s.f.).

La *porosidad* es el volumen de huecos de la roca, y define la posibilidad de ésta de almacenar más o menos cantidad de fluido. Se expresa por el porcentaje de volumen de poros respecto al volumen total de la roca (porosidad total o bruta). (Ibídem).

Además de esta porosidad total, se define como porosidad útil la correspondiente a huecos interconectados, es decir, el volumen de huecos susceptibles de ser ocupados por fluidos. Este concepto de porosidad útil está directamente relacionado con el de permeabilidad. (Ibídem).

Otras propiedades físicas que son importantes para definir la calidad de las rocas sedimentarias como yacimiento de hidrocarburos son la estratificación y la saturación. La **estratificación** corresponde a la formación de estratos o capas que definen el tamaño y la continuidad del yacimiento. Por su parte, la *saturación* se refiere al volumen de un fluido determinado en el espacio poroso de la roca. (Montoya, Milton, et al, 2015, p.32).

Ahora, los yacimientos de hidrocarburos se forman dentro de lo que se denomina una **roca fuente o roca madre**, generalmente de granos finos o muy finos y en la medida en que ésta aumenta su presión y temperatura por los procesos continuos de sedimentación, junto con los movimientos continuos de la corteza terrestre, se producen fallas y fisuras en esta roca, que permiten que los hidrocarburos generados migren a rocas más porosas y permeables donde se almacenan al encontrar lo que se conoce como trampas, que no son más que rocas impermeables o estructuras que les impiden el paso a la superficie. (Ibídem, p.34).

Estas rocas con mayor porosidad y permeabilidad, denominadas *rocas reservorio*, son las que forman los yacimientos convencionales de hidrocarburos, las cuales permiten la extracción de éstos con mayor facilidad a través de la perforación hasta la superficie. Acorde con Montoya (2015, p.34) las rocas reservorio eran el objetivo principal de la búsqueda de los hidrocarburos en los comienzos de la industria petrolera.

Por su parte, las rocas con baja permeabilidad y porosidad (roca madre o roca generadora) son las que forman los *yacimientos no convencionales* –en adelante YNC- y debido a tales características requieren mayor inversión económica y tecnológica para poder alcanzar y extraer el hidrocarburo.

En la siguiente Tabla se muestran de forma resumida las principales diferencias entre yacimientos convencionales y no convencionales.

**Tabla 1.** *Diferencias entre yacimientos convencionales y no convencionales*

| <b>Yacimientos convencionales</b>                                                                                        | <b>Yacimientos no convencionales</b>                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Existencia de una roca reservorio porosa y permeable para la acumulación de hidrocarburos.                               | Existencia de un reservorio de muy baja porosidad y permeabilidad.                                        |
| Acumulación relacionada a una trampa con una roca impermeable que evita su fuga.                                         | No necesita de una trampa para su acumulación, debido a que los hidrocarburos se alojan en la roca madre. |
| Normalmente se presentan dentro del reservorio un límite definido o una separación inferior, entre hidrocarburos y agua. | No hay límites definidos entre los hidrocarburos y el agua en la roca que los aloja.                      |
| Predominan los pozos verticales sobre los horizontales.                                                                  | Mejor producción con pozos horizontales.                                                                  |

Adaptado de Asociación Argentina de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (2013, pág. 8).

En la naturaleza, los hidrocarburos acumulados en YNC son los más abundantes, pero, al mismo tiempo, los más difíciles de extraer; de allí que puedan calificarse como *energías extremas*, puesto que, para su explotación, comparados con los yacimientos convencionales, se hace necesario el uso de mucha más energía y materiales, y un mayor potencial de riesgo ambiental, a cambio de un tiempo de extracción mucho más corto.

### **1.1.2 Actividades de exploración de hidrocarburos**

La *exploración* es de las primeras actividades en la cadena de hidrocarburos y consiste en la implementación de métodos directos e indirectos, con la finalidad de identificar, descubrir y evaluar las estructuras geológicas capaces de contener hidrocarburos en el subsuelo, estos métodos incluyen la fase de reconocimiento previo, estudios de superficie y estudios de subsuelo mediante la perforación de pozos y su propósito es evaluar el potencial de hidrocarburos de una región (reservas). (Gobierno de México, Secretaría de Energía, s.f.).

Dentro de los métodos indirectos está la *Geología superficial*, cuyo objetivo es encontrar una roca que se haya formado en un medio propicio para la existencia del hidrocarburo, es decir, suficientemente porosa y con la estructura geológica de estratos adecuada para que puedan existir bolsas de éste. Para ello, se realizan estudios geológicos de la superficie, se recogen muestras de terreno, se realizan estudios por Rayos X, se perfora para estudiar los estratos y, finalmente, con todos esos datos se realiza la carta geológica de la región que se estudia. (Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos, s.f.)

También está la *Geofísica*, ciencia que estudia las características del subsuelo sin tener en cuenta las de la superficie, aplicable cuando el terreno no presenta una estructura igual en su superficie que en el subsuelo (por ejemplo, en desiertos, en selvas o en zonas pantanosas) y los métodos geológicos de estudio de la superficie no resultan útiles. (Ibídem).

En la geofísica exploratoria de hidrocarburos se utilizan aparatos como el *gravímetro*, que permite estudiar las rocas que hay en el subsuelo. Este aparato mide las diferencias de la fuerza de la gravedad en las diferentes zonas de suelo, lo que permite determinar qué tipo de roca existe en el subsuelo. Con los datos obtenidos se elabora un “mapa” del subsuelo que permitirá determinar en qué zonas es más probable que pueda existir petróleo. (Ibídem).

También se emplea el *magnetómetro*, aparato que detecta la disposición interna de los estratos y de los tipos de roca gracias al estudio de los campos magnéticos que se crean. (Ibídem).

Igualmente se utilizan técnicas de *prospección sísmica*, que estudian las ondas de sonido, su reflexión y su refracción, datos éstos que permiten determinar la composición de las rocas del subsuelo. Así, mediante una explosión, se crea artificialmente una onda sísmica que atraviesa

diversos terrenos, que es refractada (desviada) por algunos tipos de roca y que es reflejada (devuelta) por otros y todo ello a diversas velocidades. (Ibídem).

Por su parte, el método directo utilizado en la fase exploratoria es la **Perforación de pozos exploratorios**, los cuales permiten confirmar la información obtenida por los métodos indirectos y es la única manera de verificar la existencia de hidrocarburos. (Gobierno de México, Secretaría de Energía, s.f.).

### **1.1.3 Reservas de hidrocarburos**

Cuando se ha logrado probar la presencia de hidrocarburos a través de los métodos exploratorios antes reseñados, se procede a las evaluaciones técnicas y económicas para determinar aquellos volúmenes que son comercialmente explotables.

Tras dichas evaluaciones se determinan las cantidades de hidrocarburos que se prevén serán recuperadas comercialmente de acumulaciones conocidas a una fecha dada, lo cual se conoce como **reservas**. Es decir que el concepto de reservas constituye tan sólo la parte recuperable y explotable de los recursos de hidrocarburos en un tiempo determinado, aunque algunas de las partes no recuperables del volumen original de hidrocarburos pueden ser consideradas como reservas, dependiendo de las condiciones económicas, tecnológicas, o de otra índole, que lleguen a convertirlas en volúmenes recuperables. (Unidad de Planeación Minero Energética-UPME, 2013, p.101).

Acorde con lo señalado por la UPME (2013, p.101) toda vez que las estimaciones de reservas involucran cierto grado de incertidumbre, la cual depende principalmente de la cantidad de información de geología e ingeniería confiable y disponible al tiempo de la interpretación de esos datos, ello conduce a clasificar esas cantidades en reservas probadas, probables y posibles.

Las reservas probadas, también conocidas como reservas 1P, se definen como el volumen de hidrocarburos evaluados a condiciones atmosféricas y bajo condiciones económicas actuales, que se estiman serán comercialmente recuperables en una fecha específica, con una certidumbre razonable, derivada del análisis de información geológica y de ingeniería.

Dentro de las reservas probadas existen dos tipos: 1) las desarrolladas, aquellas que se espera sean recuperadas en los pozos existentes con la infraestructura actual y con ciertos costos de inversión y 2) las no desarrolladas, se definen como el volumen que se espera producir con infraestructura y en pozos futuros.

En cuanto a las reservas no probadas existen también dos tipos: 1) las reservas probables y 2) las reservas posibles. Las primeras están conformadas por los volúmenes de hidrocarburos, cuyo análisis de la información geológica y de ingeniería sugiere que son más factibles de ser comercialmente recuperables, que de no serlo.

Las segundas, en cambio, se caracterizan por tener una recuperación comercial, estimada a partir de la información geológica y de ingeniería, menor que en el caso de las reservas probables. (Ibídem, p.102).

Ahora, la evaluación y clasificación de las reservas de hidrocarburos en Colombia lo realiza la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH según Acuerdo 11 de 2008<sup>3</sup>, y dichas actividades están alineadas con las definiciones de la Society of Petroleum Engineers (SPE), el World Petroleum Council (WPC), la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) y la Society of Petroleum Evaluation Engineers (SPEE) para la estimación de las reservas probadas, probables y posibles.

Estos conceptos están desarrollados también en la norma nacional, concretamente en el Decreto 727 de 2007 “por el cual se expiden normas relativas a la valoración y contabilización

---

<sup>3</sup> Por medio del cual se adopta la metodología de valoración de recursos y reservas de hidrocarburos en el país

de reservas de hidrocarburos de propiedad de la Nación y se dictan otras disposiciones”, que define así el concepto de *reservas* y sus diversos tipos (artículo 1°):

“Reservas de hidrocarburos: Reservas de crudo y gas que incluyen tanto los volúmenes de reservas probadas como las reservas no probadas.

Reservas probadas: Cantidades de hidrocarburos que, de acuerdo con el análisis de la información geológica y de ingeniería, se estiman, con razonable certeza, podrán ser comercialmente recuperadas, a partir de una fecha dada, desde acumulaciones conocidas y bajo las condiciones económicas operacionales y regulaciones gubernamentales existentes.

Estas pueden clasificarse en reservas probadas desarrolladas y reservas probadas no desarrolladas.

En general, las acumulaciones de hidrocarburos en cantidades determinadas se consideran reservas probadas a partir de la declaración de comercialidad.

Reservas probadas desarrolladas: Volúmenes a recuperar a partir de pozos, facilidades de producción y métodos operacionales existentes.

Reservas probadas no desarrolladas: Volúmenes que se espera recuperar a partir de nuevos pozos en áreas no perforadas, por la profundización de pozos existentes hacia yacimientos diferentes, o como consecuencia del desarrollo de nuevas tecnologías.

Reservas no probadas: Volúmenes calculados a partir de información geológica e ingeniería disponible, similar a la utilizada en la cuantificación de las reservas probadas; sin embargo, la incertidumbre técnica, económica o de otra naturaleza, no permite clasificarlas como probadas”.



#### **1.1.4 Yacimientos no convencionales: definición y clases**

En lo que se refiere a la definición de un recurso “no convencional” existen diferentes conceptualizaciones. Según Etherington (2005, como se cita en UPME, 2013, p.113) “es aquel que no puede ser producido a tasas económicas sin ayuda de tratamientos de estimulación masiva o de procesos especiales de recuperación”.

Otra definición es la que define a los recursos no convencionales como “aquellos que están contenidos en reservorios de baja permeabilidad o que poseen petróleo pesado o de alta viscosidad, y que requieren tecnologías avanzadas de perforación o de estimulación, a fin de lograr producción a tasas de flujo comerciales. (Carrillo B. Lucio, 2011, como se cita en UPME, 2013, p.113).

Los YNC están definidos en la norma nacional colombiana de la siguiente forma:  
(...) formación rocosa con baja permeabilidad primaria a la que se le debe realizar estimulación para mejorar las condiciones de movilidad y recobro de hidrocarburos. Los yacimientos no convencionales incluyen gas y petróleo en arenas y carbonatos apretados, gas metano asociado a mantos de carbón (CBM), gas y petróleo de lutitas (shale), hidratos de metano y arenas bituminosas (Decreto 3004 de 2013, Compilado en el Decreto Nacional 1073 de 2015).

Ahora bien, acorde con la clasificación adoptada por Montoya (2015, p.36), los YNC están constituidos por:

- Yacimientos de petróleo y gas provenientes de *areniscas, calizas y dolomitas* de baja permeabilidad

Son encontrados en formaciones areniscas (o calizas) de baja porosidad y baja permeabilidad. Muchas veces estas formaciones geológicas son similares a los yacimientos convencionales y no hay una distinción clara entre ambos. Una de las claves para producir estos

recursos es localizar áreas y pozos de producción donde abunden las fracturas naturales (conocidos como puntos “dulces” – *sweet spots*). (Comisión Nacional de Energía, 2010. p.4).

Estos yacimientos son difíciles de desarrollar, ya que requieren de tratamientos especiales para comunicar los pequeños poros que contienen los hidrocarburos y mejorar la permeabilidad. El volumen de hidrocarburos en estos yacimientos es de mayor tamaño que el de los yacimientos convencionales. (Montoya, Milton, et al, 2015, p.36).

- Yacimientos de carbón con contenido de *gas metano*

El gas metano es el combustible fósil más limpio de todos. En las minas de carbón este gas constituye el mayor peligro para la seguridad de los mineros y la estabilidad de la mina. La producción de gas metano es factible donde existan minas de carbón y su adecuada explotación evita los riesgos de explosión dentro de las minas, evita que el gas escape a la atmósfera, lo que disminuye su efecto en el fenómeno del calentamiento global, y aumenta las reservas de gas combustible. El mecanismo de almacenamiento del gas en los yacimientos de carbón es diferente al de los yacimientos convencionales. En un yacimiento convencional los hidrocarburos se almacenan en el espacio entre los granos, mientras que en uno de carbón el gas se almacena en menores cantidades en las fracturas, en el agua que está asociada al carbón y principalmente en las superficies sólidas del carbón por adsorción de sus microporos. (Ibídem).

El contenido de gas en un yacimiento de carbón depende de varios factores: contenido de materia orgánica, tamaño de los microporos, sellamiento de las capas de carbón que no permitan que este escape a formaciones vecinas más porosas y permeables o a la atmósfera. A mayor profundidad el contenido de gas es mayor debido a que la presión hidrostática ejerce mayor influencia en la capacidad de absorción de los microporos del carbón. (Ibídem, p.37).

- Hidratos de gas

Los *hidratos de gas* son moléculas de metano, etano o dióxido de carbono, rodeadas por moléculas de agua a presiones altas y temperaturas bajas en forma de cristales sólidos como el hielo. El volumen de gas contenido en las acumulaciones de hidratos de gas se considera mayor que el que contienen las reservas conocidas de gas de todo el mundo. (Ibídem, p.38).

Los hidratos de metano son las estructuras más comunes encontradas en la naturaleza, al punto que los investigadores intercambian los términos "hidrato de gas" e "hidrato de metano".

La localización de los hidratos de gas está concentrada en los sedimentos marinos con alrededor del 98%, mientras que el 2% restante está en el *permafrost* que es la capa de hielo permanente en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares. (Ibídem, p.38).

- Arenas bituminosas

Las *arenas bituminosas*, también conocidas como arenas de alquitrán o *tar sands*, son una mezcla de arcilla, arena, agua y bitumen o crudo extra pesado y altamente viscoso. Su explotación se realiza utilizando técnicas de minería de superficie. (Ibídem, p.40).

El volumen total de petróleo en sitio de los yacimientos de arenas bituminosas conocidos en el mundo es de 5.505 miles de millones. Si de este volumen se recupera el 10% se tendrían unas reservas de 550 mil millones de barriles. (Ibídem).

Existen varias teorías sobre la formación de los crudos pesados y el bitumen. Los crudos jóvenes, que no han tenido suficiente tiempo para su formación, unos pocos millones de años, son crudos pesados, pero equivalen a un porcentaje muy pequeño. La mayor parte de los crudos pesados y el bitumen se formaron por oxidación de los crudos medios y livianos, acompañados por procesos que incluyen su degradación por bacterias y evaporación de los compuestos livianos. (Ibídem).

- Lutitas de gas y petróleo

Las formaciones conocidas como *lutitas o esquistos*, y más comúnmente por su denominación en inglés *shale*, son rocas sedimentarias de grano fino a muy fino, y si durante su formación estuvieron asociadas a material orgánico, principalmente fitoplancton y zooplancton marinos, se constituyeron en rocas madres o generadoras de hidrocarburos. (Ibídem, p.41).

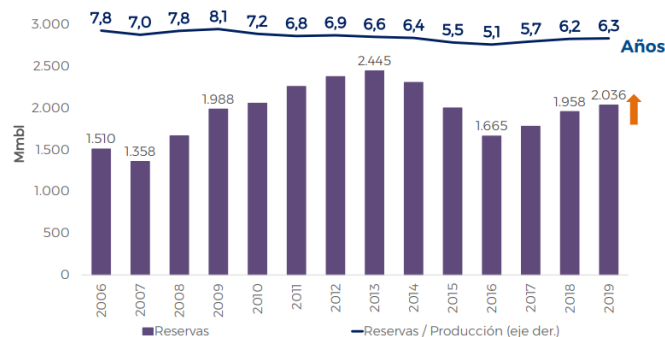
La acumulación de sedimentos y el aumento de la presión y la temperatura a través de millones de años transformaron ese material orgánico en hidrocarburos. Parte de estos hidrocarburos por efecto de la presión migró a rocas más porosas y permeables, dejando dentro de la roca generadora cantidades considerables de los hidrocarburos en sus pequeños poros. (Ibídem).

## **1.2. Reservas actuales de hidrocarburos en Colombia y potencial en yacimientos no convencionales**

De acuerdo con el reporte de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (2020, p.21), en 2019 las reservas probadas de petróleo en el país llegaron a 2.036 millones de barriles frente a los 1.958 millones de barriles reportados el año anterior, lo cual representa un aumento del 4% y una autosuficiencia de 6,3 años, esto sin conocer todavía la cifra de incorporaciones de 2020.

Durante 2019 la producción de petróleo llegó a los 323 millones de barriles, un 2,2% más que en 2018, cuando esta cifra alcanzó los 316 millones de barriles. Por cada barril producido en 2019 el país logró incorporar a sus reservas probadas 1,24 barriles. (Ibídem, p.22)

En la siguiente gráfica se puede observar la variación en el nivel de reservas probadas de crudo en el país en el período comprendido entre el año 2006 y el año 2019, en el cual se evidencia que en los últimos cuatro años dichos niveles han venido aumentando:

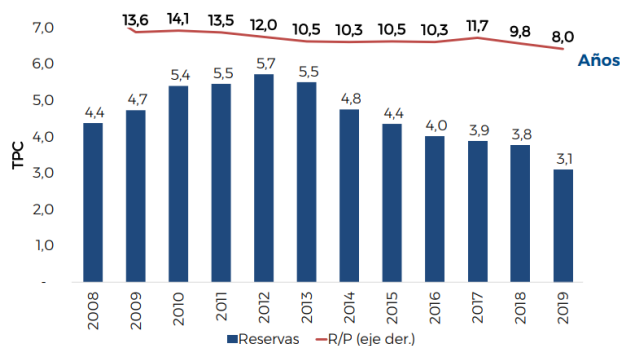
**Figura 1.** Nivel de reservas probadas de crudo 2006-2019

Adaptado de Agencia Nacional de Hidrocarburos (2020, p.22)

En cuanto a las reservas probadas de gas en el país, pasaron de 3.782 giga pies cúbicos en 2018 a 3.149 giga pies cúbicos en 2019, lo cual significa una disminución del 16,7% y una reducción en los años de autosuficiencia, pasando de 9,8 a 8 años. (Ibíd., p.25)

Durante 2019 la producción de gas llegó a 391 giga pies cúbicos, un 1,3% más que en 2018, cuando esta cifra alcanzó los 386 giga pies cúbicos. Por cada giga pie cúbico producido en 2019 se dejaron de incorporar 0,62 en las reservas. (Ibíd., p.26)

En la figura 2 se ilustra la variación del nivel de reservas probadas de gas en el período comprendido entre el año 2008 y el año 2019:

**Figura 2.** Nivel de reservas probadas de gas 2008-2019

Adaptado de Agencia Nacional de Hidrocarburos (2020, p.25)

Lo anterior implicaría que, sin nuevas incorporaciones, el país acabaría con sus reservas de petróleo entre el año 2025 y el 2026 y de gas entre el año 2027 y 2028. Al respecto ya se han lanzado advertencias, como la realizada por el Ministerio de Hacienda, en su presentación titulada *“Dinamismo del Petróleo en la economía colombiana”* de abril de 2018 (como se citó en CAMPETROL, 2019, p.18), en la cual aseguró que *“Debido a la baja de los precios, se redujo la inversión en el mercado de hidrocarburos, lo que significó una caída en las reservas de tal magnitud que, si no se estimula la producción, alcanzarían solo para 6 años”*.

Es decir, existe una preocupación latente en cuanto a que actualmente, de no presentarse nuevos hallazgos o descubrimientos significativos en el territorio colombiano en materia de hidrocarburos, el país entraría a tener que importar petróleo para cargar en las refinerías nacionales y así abastecer la demanda interna.

De ahí que con los objetivos de incrementar las reservas y asegurar la autosuficiencia y sostenibilidad de la producción de hidrocarburos en Colombia, el gobierno quiera explorar e identificar nuevos métodos de incorporación de recursos hidrocarburíferos en el corto y mediano plazo.

Uno de estos métodos es la explotación de yacimientos no convencionales (YNC). Varios estudios sugieren que Colombia tiene un importante potencial en este tipo de yacimientos; puntualmente, se estima un potencial adicional de reservas de petróleo aproximado de 7.500 millones de barriles (U.S. Energy Information Administration, 2015, como se citó en Ministerio de Hacienda, 2019, p.241)<sup>4</sup>, lo que, en principio, triplicaría las reservas actuales.

De acuerdo con el Informe realizado por la Comisión Interdisciplinaria Independiente (2019, p.13), al que ya nos referimos previamente, los estudios de prospectividad geológica de

---

<sup>4</sup> El potencial de YNC equivale al promedio entre la cota inferior y superior del potencial estimado por la Asociación Colombiana de Petróleo (ACP) con base en el estudio realizado por la Administración Estadounidense de Información sobre la Energía (EIA por sus siglas en inglés)

las cuencas sedimentarias del país indican un potencial importante en yacimientos no convencionales que podría aumentar significativamente las reservas de hidrocarburos.

Señala dicho informe que varias cuencas del país presentan formaciones geológicas con rocas ricas en materia orgánica que contienen importantes cantidades de aceite y gas. Las principales cuencas colombianas con potencial de yacimientos no convencionales o de roca generadora son: Valle Medio del Magdalena (VMM), Valle Superior del Magdalena, Caguán-Putumayo, Catatumbo, cordillera Oriental, Cesar-Ranchería, La Guajira y Llanos Orientales, entre otras. La cuenca del Valle Medio del Magdalena, dada su localización geográfica y sus características geológicas, es la cuenca con mejores condiciones para desarrollar en la actualidad la explotación comercial de los YNC. (Ibídem, p.28).

Según el documento “Expectativas del Fracking en Colombia” (ANDI, 2019, p.9), las estimaciones realizadas hasta el momento en materia de YNC muestran numerosas reservas para las diferentes cuencas prospectivas del país. Cuencas como Sinú San Jacinto y Valle inferior del Magdalena cuentan con estimaciones que pueden alcanzar los 66 Tera Pies Cúbicos (TPC) de gas y 18 TPC, respectivamente. La cuenca con menor prospectividad es Catatumbo ya que presenta un rango de estimación que va desde 0.2 TPC hasta 1.4 TPC.

En total se estima que las reservas en gas para todas las cuencas con prospectividad significativa totalizan unas reservas que pueden ir desde 17.6 TPC hasta 115.9 TPC, lo cual significa en relación a las reservas actuales del país un aumento que puede ir de 4.6 veces a 30,5 veces de estas. En el caso del crudo se estima un alto potencial para el Valle Medio del Magdalena y la cuenca Cordillera Oriental. Las reservas estimadas en crudo para YNC van desde los 7 BNBOE (billones de barriles de petróleo equivalente) hasta los 11.8 BNBOE, lo cual

significa unas reservas que pueden ser entre 2.8 veces a 4.72 veces las reservas actuales de petróleo del país (ver siguiente gráfico). (Ibídem).

**Figura 3.** *Potencial de YNC en Colombia*



Adaptado de Asociación Nacional de Industriales-ANDI (2019).

### 1.3 Técnicas de exploración y explotación de yacimientos no convencionales

Generalmente los YNC requieren de una tecnología de extracción especializada; su desarrollo depende fuertemente del avance de tecnologías que permitan una reducción de los costos de explotación. Así mismo, requiere de un entorno económico y de demanda adecuado.

Dichos métodos dependen, según los análisis realizados por Montoya (2015), del tipo de YNC. Así pues, en las areniscas se utiliza el fracturamiento hidráulico para intercomunicar los poros y en las dolomitas y calizas se utiliza generalmente un tratamiento con ácidos que disuelven el material calcáreo.



En el caso del gas metano la explotación de los yacimientos de carbón profundos se desarrolla por medio de perforación de pozos dentro de los mantos carboníferos, fracturamiento del yacimiento y producción del gas, junto con el agua asociada, a través de una combinación entre las prácticas de la industria petrolera y las de minería. (Ibídem).

En cuanto a los crudos en Arenas bituminosas, la explotación se realiza utilizando técnicas de minería para separar los sólidos de los hidrocarburos, cuando están en superficie. A mayor profundidad por debajo de la superficie se utilizan técnicas de recobro mejorado, como la inyección de vapor cíclica o continua, la combustión en sitio y la inyección de nitrógeno o dióxido de carbono. (Ibídem).

Respecto a los yacimientos de las lutitas, y teniendo en cuenta que el principal objetivo de la explotación de hidrocarburos en éstos es el de comunicar los pequeños poros de la formación en el mayor volumen de roca, se utilizan técnicas de perforación de pozos horizontales y por medio de fracturas transversales múltiples, inducidas a lo largo del hueco horizontal, se crean arterias de buena conductividad para el paso de los hidrocarburos, como un medio de establecer una comunicación en lo profundo del yacimiento que interconecte los poros de la roca. (Ibídem).

Hoy en día, con el desarrollo de los yacimientos de gas o petróleo de lutitas, la perforación horizontal y el fracturamiento hidráulico no solo son una opción, sino una necesidad para poder producir económicamente este tipo de yacimientos. (Ibídem).

Como se sustrae de lo anterior, no todos los YNC requieren la tecnología del *fracking*, con lo cual para mayor claridad y en el marco del objetivo del presente trabajo de investigación, en la siguiente tabla se resumen los YNC en los que se puede usar dicha técnica:

**Tabla 2.** *YNC en los cuales se utiliza el fracking*

| <b>Recurso no convencional</b>    | <b>Definición</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>Posible potencial en Colombia</b>                                                      |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gas de lutita (shale)             | Es el gas extraído de lutitas, que son rocas sedimentarias clásticas, bien depositadas, con partículas del tamaño de arcillas, y que pueden ser consideradas como roca madre y/o sello.                                           | Cuencas del Magdalena Medio, Cordillera oriental y del río Ranchería.                     |
| Petróleo de lutita (shale)        | Se trata del petróleo extraído después de un proceso de recobro, en rocas sedimentarias de grano fino ricas en un material orgánico inmaduro llamado kerógeno.                                                                    | Regiones del alto valle del Magdalena (Sinclinales Media Luna y Ataco) y el Pacífico sur. |
| Gas asociado a mantos de carbón   | Es gas natural que está almacenado (o absorbido) en vetas de carbón a gran profundidad. Se extrae en operaciones de minería de carbón para evitar explosiones.                                                                    | Las zonas carboníferas de La Guajira, Cesar, Boyacá y Cundinamarca.                       |
| Gas y petróleo en rocas apretadas | Es el gas o petróleo extraído en yacimientos de areniscas con bajas permeabilidades. Se les denomina “apretadas” debido a su baja permeabilidad ya sea por cementación, compactación, baja selección y presencia de granos finos. | Valle del Magdalena Medio                                                                 |

Adaptado de Orduz et al. (2018)

Como corolario de este capítulo es importante resaltar el potencial del país en yacimientos no convencionales de hidrocarburos que hace hasta cierto punto entendible la

posición del Gobierno Nacional y del gremio petrolero de poner en marcha en el menor tiempo posible las actividades de exploración y explotación de los mismos de cara a asegurar la autosuficiencia petrolera. En todo caso, es importante que esto se evalúe a la luz de los costos ambientales que potencialmente generaría la técnica requerida para llevarlo a cabo (fracking).

En ese sentido, en el siguiente capítulo se abordará en mayor detalle el fracturamiento hidráulico (*fracking*), como técnica de exploración y explotación de hidrocarburos de yacimientos no convencionales con el objeto de entender su proceso técnico y los problemas asociados a su implementación.

## **2. Generalidades técnicas del fracking**

### **2.1 Fracturación hidráulica como técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales**

Como quedó dicho en el capítulo anterior, los YNC son aquellos en los cuales los hidrocarburos se encuentran atrapados en rocas poco permeables y poco porosas que no permiten que aquellos fluyan fácilmente a la superficie.

Si bien, como ya se anotó antes, existen diversos tipos de yacimientos no convencionales, en Colombia el término se restringe al crudo asociado a lutitas o esquisto (shale oil), gas asociado a lutitas o esquisto y gas metano asociado a mantos de carbón (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2014), yacimientos en los cuales se utiliza el fracturamiento hidráulico como técnica de exploración, explotación y producción.

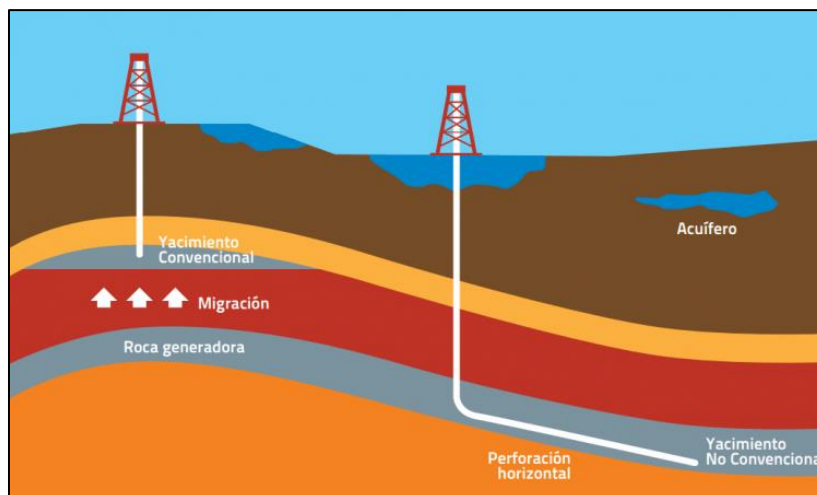
En esa línea, es importante adentrarnos en la definición y aspectos técnicos del referido fracturamiento hidráulico, así como una breve reseña de los hitos históricos sobre su origen y la evolución en su utilización.

### **2.1.1 Definición**

La fracturación hidráulica, fractura hidráulica o estimulación hidráulica (también conocida por el término en inglés *fracking*) es una técnica respecto de la cual lo primero es aclarar que es una tecnología empleada en la actividad petrolera desde hace más de 70 años. Sin embargo, hasta hace aproximadamente tres décadas, la misma se empleaba exclusivamente en los yacimientos denominados convencionales, a fin de incrementar la extracción de hidrocarburos cuando estos declinaban su producción. (Bertinat et al, 2014, p.17).

En cambio, el fracking en yacimientos no convencionales es una técnica “reciente” que tuvo su inicio en los Estados Unidos y aún está en proceso de experimentación a nivel global. (Brantley et al, 2013). (Ver al respecto siguiente numeral).

Los autores Urresti, A. & Marsellesi, F. (2012) explican que en los yacimientos convencionales, los pozos se perforan en vertical, mientras que en los yacimientos no convencionales se empieza con una perforación en vertical convencional, pero al alcanzar la capa que contiene el hidrocarburo, se desvía para penetrar a lo largo de la formación toda la longitud posible, tal como se observa en la siguiente imagen:

**Figura 4.** *Yacimiento Convencional y Yacimiento No convencional*

Adaptado de Asociación colombiana del Petróleo y gas-ACP. (s.f.).

El desarrollo de los YNC ha sido posible gracias a las mejoras en tecnologías de perforación- utilizando específicamente la fracturación hidráulica en conjunto con la perforación horizontal- (Criado, J., 2015, p.6). Tal desarrollo implica muchos pasos además de la fracturación hidráulica, pero esta última –como concepto- se usa para abarcar todos los momentos o etapas involucrados en la producción de este tipo de yacimientos. Dichas etapas serán detalladas más adelante.

Otra diferencia esencial entre el fracking para hidrocarburos convencionales y aquel para no convencionales, es que este último requiere unas 500 veces más fluido y presiones 10 veces mayores comparado con el primero, esto hace que la longitud de las fracturas generadas también sea mayor (AIDA, 2016, p.14).

En resumidas cuentas, el fracking aplicado a hidrocarburos en yacimientos no convencionales como el gas y el petróleo de esquisto (shale gas o shale oil por sus nombres en inglés), es una técnica que 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 compuesto por una mezcla de agua, arena y diferentes químicos, con la finalidad de fracturar rocas que contienen hidrocarburos de difícil acceso y baja permeabilidad y liberarlos. (Ibídem, p.13).

Esta técnica, está definida en la Resolución 90341 de 2014 del Ministerio de Minas y Energía<sup>5</sup> de la siguiente forma:

*“Artículo 4. Definiciones y siglas.* Para efectos de aplicar el presente reglamento técnico, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

(...) Estimulación hidráulica: Tratamiento a la formación de interés o productora de un pozo a través del uso de un fluido de estimulación con el objetivo de mejorar su productividad. Esta estimulación se realiza a través de bombeo de un fluido compuesto por agua, químicos y propante a una alta presión por el hueco del pozo, con el fin de inducir fracturas a la roca para aumentar su permeabilidad”.

### **2.1.2. Hitos históricos del fracturamiento hidráulico**

Los orígenes de esta técnica se pueden rastrear a Estados Unidos en la década de 1940, cuando Floyd Farris de la compañía *Stanolind Oil and Gas Corporation* propuso que la fractura de una formación rocosa mediante presión hidráulica podría aumentar la productividad del pozo. A esto le siguió en 1947 la primera aplicación del proceso denominado "*Hydrafrac*" en el pozo n° 1 de Klepper en Hugoton Field (Kansas). (Revista Petroleum, 2013, p.32).

En 1949, ocurrieron las primeras aplicaciones comerciales del fracking en Oklahoma y Texas por parte de Halliburton, una empresa de servicios petroleros, mostrando resultados satisfactorios que hicieron que la técnica se extendiera rápidamente y para 1970 se hizo popular

---

<sup>5</sup> Por la cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

en la industria petrolera para extraer hidrocarburos de yacimientos convencionales; sin embargo, los YNC “*quedaban fuera de las capacidades extractivas de los perforadores*” (Heinberg, 2014, como se cita en Orduz et al., 2018, p.28)

En la década de 1970, la extracción de gas natural comenzó a declinar. Además, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) impuso una prohibición a las exportaciones de petróleo a los Estados Unidos y redujo la producción de petróleo, lo que provocó un aumento de los precios de la gasolina en dicho país. En respuesta, el Congreso aprobó la *Ley de Conservación y Política Energética* (EPCA por sus siglas en inglés), que prohibió las exportaciones de petróleo crudo para facilitar el aumento de la producción nacional.

En ese contexto se inició en 1975 un trabajo conjunto entre el Departamento de Energía de Estados Unidos, el Instituto de Investigaciones de Gas (GRI por sus siglas en inglés) y operadores privados, que permitió empezar a desarrollar técnicas para producir gas natural a partir de esquisto (YNC). Éstas incluyeron el uso de pozos horizontales y el fracturamiento multietapa, lo cual condujo a perforar los primeros pozos direccionales experimentales en la cuenca de Los Apalaches para extraer gas de esquisto (U. S. Department of Energy, 2018).

Entre 1978 y 1992, el Departamento de Energía de Estados Unidos invirtió más de 137 millones de dólares estadounidenses en el Programa de Gas de Esquisto del Este (Eastern Gas Shale Program) para promover la extracción en YNC y la perforación horizontal (ibídem).

Simultáneamente, en las décadas de 1980 y 1990, George Mitchell, director de *Mitchell Energy & Development Corp.*, invirtió entre \$ 7 y \$ 8 millones de dólares para investigar y desarrollar el fracking y la perforación horizontal y extraer gas natural en la cuenca Barnett, en Texas (Daily Signal, 2012). Al descubrir la existencia de fracturas naturales en las lutitas,

Mitchell fue el pionero en implementar perforaciones horizontales de más o menos un kilómetro de extensión.

En adelante, se desarrollaron y patentaron dos técnicas propiciadas por el progreso tecnológico: la perforación direccionada (vertical y horizontal) y la estimulación hidráulica (fracking), las cuales se incorporaron de manera combinada. (Charry y Ocampo, 2017, p.143). El éxito comercial se produjo cuando la empresa combinó estas técnicas con un tipo de fluido denominado “Fluido de fractura” (*slick water*), una mezcla de agua, químicos y arena de baja viscosidad que podía bombearse rápidamente a un pozo para aplicar una presión mucho mayor a la roca que antes. (Morton, 2013).

A raíz de ello, en la misma década de los 90's, se popularizó el uso de estas técnicas para la estimulación de la roca en el proceso de explotación de gas en yacimientos no convencionales, permitiendo aumentar la permeabilidad en la roca, lo que generó un incremento dramático en la extracción de gas no convencional a nivel mundial. (Charry y Ocampo, 2017, p.143).

Más adelante, una fusión entre Mitchell Energy y Devon Energy en 2002 trajo un rápido aumento en el uso del fracking con perforación horizontal en YNC. Con otras empresas involucradas, el fracking se extendió a la exploración de esquisto en Texas, Oklahoma, Arkansas, Luisiana, Pensilvania, Virginia Occidental y las Montañas Rocosas. (Morton, 2013).

Para 2012 se habían realizado alrededor de 2.5 millones de "*trabajos de fracturamiento*" en todo el mundo en pozos de petróleo y gas de YNC, y más de un millón de ellos dentro de los EE. UU. (King. G, 2012). En todo caso, el fracking en YNC sigue siendo un método joven y experimental que siempre está cambiando y ajustándose acorde a los avances tecnológicos.



### 2.1.3 Proceso técnico del fracking en YNC

La forma en que se lleva a cabo una operación de fracturamiento hidráulico en YNC depende de las características de la formación que contiene el hidrocarburo (por ejemplo, geología, profundidad y otros factores) y en ese sentido, en algunas operaciones se requieren volúmenes relativamente grandes de agua y material propante o apuntalante (generalmente arena)<sup>6</sup> para ser bombeados a altas presiones a través de pozos profundos con secciones horizontales largas en la zona de producción; en otras, la fracturación hidráulica puede ser realizada con volúmenes de agua más pequeños y usando menos presión en pozos verticales u horizontales más cortos.

En todo caso, el proceso técnico del fracking en YNC se puede resumir en las siguientes etapas:

- Perforación: se inicia con una perforación vertical, tal como en yacimientos convencionales y a relativamente poca profundidad se atraviesan formaciones de agua dulce, que se aíslan mediante cañerías de acero “sostenidas” a las paredes del pozo con cemento. (Bertinat et al, 2014, p.19).

Una vez aisladas estas formaciones, se continúa perforando hasta llegar a un punto de inflexión denominado KOP (*Kick-Off Point*), en donde la perforación, en la mayoría de los casos, deja de ser vertical. (Ibídem, p.20).

A partir del KOP, la perforación se dirige a la formación del hidrocarburo, tratando de atravesar la mayor extensión posible de la misma. Esta perforación, vertical, inclinada u

---

<sup>6</sup> En inglés *Proppant*: en la industria del petróleo y el gas corresponde a pequeñas bolas de cerámica que se utilizan para mantener abierta la fractura. El apuntalante ayuda a mantener abiertas las fracturas creadas artificialmente después del proceso de inyección.

La Resolución 90341 de 2014 del Ministerio de Minas y Energía define el propante así: *constituyente del fluido de estimulación hidráulica, usualmente arena o material granulado que se utiliza para mantener la fractura abierta una vez la presión de la estimulación hidráulica se reduce.*

horizontal dentro de la roca generadora, permite maximizar el contacto con la misma. Una vez realizada la perforación, se introduce otra cañería hasta el final del pozo y se inyecta cemento en el espacio anular existente entre las paredes del pozo y la propia cañería. (Ibídem).

- Cañoneo de la formación: el pozo, una vez entubado y cementado, se perfora mediante cargas explosivas para conectarlo con la roca de la que se pretende extraer el hidrocarburo. (Orduz, at al, 2018, p.27).

Esta operación se realiza mediante cargas explosivas transportadas hasta el fondo del pozo mediante un “cañón” de punzamiento. Las explosiones abren agujeros en la cañería, penetrando la cementación y la formación rocosa. (Bertinat, 2014, p.20).

- Fracturamiento o estimulación hidráulica: generadas las fracturas con las cargas explosivas, se procede a inyectar el fluido de fracturamiento a presiones extremadamente altas para conectar las fracturas artificiales con otras cercanas, generar nuevas fracturas y mantenerlas abiertas. Por estas, el hidrocarburo puede fluir espontáneamente hacia el pozo. El paso anterior se repite cuantas veces sea necesario en otros segmentos, desde el más lejano, hasta el más cercano a la superficie, siempre en alternancia del paso que se describe en el siguiente punto. (Orduz, at al, 2018, p.27).

Ahora bien, el fluido empleado para llevar a cabo la fracturación hidráulica, está generalmente compuesto por un 98% a 99,5% de agua y un agente de apuntalamiento (normalmente arena, debido a su bajo costo y su eficacia), el 0,5% a 2% restante se divide entre otros 12 ingredientes químicos como híbridos energizados con N<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub> o con hidrocarburos como propano gelificado, que sirven para lograr una distribución homogénea del agente de apuntalamiento, facilitar el retroceso del fluido, inhibir la

corrosión y limpiar los tubos instalados durante el proceso de fractura (Arnedo, A y Yunes, K, 2015, p.7).

Si bien aunque muchos aditivos químicos no son divulgados abiertamente por las compañías que practican esta técnica, a continuación se muestran en la tabla 1, las categorías de los compuestos más utilizados en los fluidos de inyección, así como su finalidad:

**Tabla 3.** *Compuestos de fluidos de inyección*

| <b>Categoría compuesta</b>                                 | <b>Propósito</b>                                                                                                                                       | <b>Ejemplo</b>                      |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Agentes tensioactivos /agentes humectantes (tensioactivos) | La reducción de la tensión superficial de los líquidos, la viscosidad aumenta                                                                          | Isopropanol                         |
| sal                                                        | Genera un fluido portador de salmuera                                                                                                                  | Cloruro de potasio                  |
| Gelato (agente gelificante)                                | Mejora del transporte de agentes de sostén                                                                                                             | Goma guar, hidroximetil Celulosa    |
| Inhibidor de incrustaciones                                | Prevención de deposición de precipitado poco solubles, anticongelante                                                                                  | Etilenglicol                        |
| Reguladores de pH                                          | Mantiene la eficacia de otros componentes                                                                                                              | Carbonato de Sodio o Potasio        |
| Chain Braker (Breaker)                                     | La reducción de la viscosidad de los fluidos que contienen gel, para depositar el agente de sostén                                                     | Persulfato de Amonio                |
| Reticulante                                                | Mantiene la viscosidad del fluido con los aumentos de temperatura                                                                                      | Sales de borato                     |
| Control del Ion Hierro                                     | Prevención de la precipitación del óxido de hierro                                                                                                     | Ácido Cítrico                       |
| Inhibidor de corrosión                                     | Evita la corrosión de las tuberías                                                                                                                     | N, n Dimetilformamida               |
| Biocida/Bactericida                                        | Prevención del crecimiento bacteriano, la prevención de la bicapa, evitar la formación de sulfuro de hidrógeno por las bacterias reductoras de sulfato | Glutaraldehído                      |
| Ácidos                                                     | Limpieza de partes de perforación y cemento; resolución de minerales solubles en ácido                                                                 | Ácido Clorhídrico o Ácido Muriático |

| <b>Categoría compuesta</b>                                        | <b>Propósito</b>                                                                                                                                  | <b>Ejemplo</b>                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Reductor de fricción (aditivos)                                   | La reducción de la fricción dentro de los fluidos permite que el fluido de fracturación se bombee a velocidades más rápidas y presiones más bajas | Poliacrilamida, Aceite Mineral |
| Anti-Oxidante                                                     | Elimina el oxígeno para proteger de la corrosión                                                                                                  | Bisulfato de Amonio            |
| Agentes de sostén                                                 | Sostiene las fracturas abiertas para permitir el gas a salir                                                                                      | Sílice, Arena de Cuarzo        |
| Estabilizador de alta temperatura                                 | Prevención de una descomposición prematura de gel a altas temperaturas                                                                            | --                             |
| Espumas (espuma)                                                  | Apoyo del transporte de agentes de sostén                                                                                                         | --                             |
| Solvente                                                          | Mejora la solubilidad de los aditivos                                                                                                             | --                             |
| Carroñero de Sulfuro de Hidrogeno (Carroñero de SH <sub>2</sub> ) | La eliminación de sulfuro de Hidrógeno para evitar la corrosión del sistema                                                                       | --                             |
| Estabilizadores de Arcilla                                        | Reducir la inflación y el desplazamiento de las arcillas                                                                                          | --                             |

Adaptado de Arnedo, A y Yunes, K, (2015, p.8).

En cuanto al agente apuntalante es un material granular que generalmente es arena, se utiliza para sujetar o mantener abierta la fractura y permitir que el gas fluya. Otros agentes de sostén de uso general son arena recubierta de resina, cerámica, bauxita u óxido circonio sintetizado.

- Aislamiento del segmento fracturado: cañoneada la porción distal de una sección vertical, este intervalo se aísla del resto de la sección mediante un tapón especial y se repite el procedimiento cuantas veces lo permita la longitud de la sección inclinada. (Ordúz, et al, 2018, p.27).
- Perforación de los tapones: cuando se ha completado el fracturamiento en la totalidad de segmentos de las secciones de interés, se perforan los tapones para permitir la

salida de los fluidos recuperados (hidrocarburos) e inyectados que persistan (fluido de perforación). En esta fase se considera que el pozo entra en su etapa extractiva. El hidrocarburo se recupera en superficie y se conduce o almacena para su posterior comercialización. (Ibídem).

Acorde con Bertinat (2014, p.21) después de efectuada la fractura, al disminuir la presión de los equipos de bombeo, el hidrocarburo sale a la superficie arrastrando con él gran parte de los fluidos inyectados (*flowback*), los cuales dependiendo de las condiciones de la locación del pozo y del tipo de hidrocarburo, pueden volcarse directamente a piletones de superficie excavados para el efecto o a tanques colectores.

La vida productiva estimada de un pozo no convencional es de seis años, con una marcada caída de producción de forma inmediata. Al cabo del primer año la producción puede caer hasta un 70%, mientras que en treinta y seis meses puede haber entre 79 y 95% de pérdida de producción (Hughes, 2013).

## **2.2 Problemas asociados con la implementación del fracking en YNC a la luz de literatura científica Basada en Experiencias Internacionales.**

A partir de la experiencia en el desarrollo del fracking en países como Estados Unidos, Canadá e Inglaterra -por cuanto en nuestro país no ha habido experiencias con estas actividades-, existen diversos estudios en los que se han documentado los daños o riesgos para el ambiente y la salud pública generados por esta técnica extractiva, dentro de los cuales están la contaminación de acuíferos, aumento de la sismicidad y deforestación y degradación del hábitat, respecto de los que se advierte que podrían llegar a ser irreversibles (AIDA, 2016).

En ese sentido, es importante referirnos a continuación a los principales riesgos o problemas asociados a la implementación del fracking en YNC:

### **2.2.1 Uso intensivo del agua**

En su estudio “*¿Pueden los combustibles no convencionales marcar el comienzo de una nueva era de abundancia de energía?*”<sup>7</sup> (2013), Hughes señala que el volumen total de agua usado por pozo de fracking tuvo un incremento promedio de 252 % entre 2012 y 2018, pasando de unos 13,1 millones de litros, a 46,1 millones de litros, con casos extremos que excedieron los 151 millones de litros.

Para ilustrarnos más concretamente sobre esta cifra, vale traer un dato comparativo que indica la Fundación Heinrich Böll en sus investigaciones: según las Empresas Públicas de Medellín-EPM- el consumo de agua por habitante en Colombia es de 127 litros y en Barrancabermeja, habría un consumo diario de 24,3 millones de litros al día. Así las cosas, la construcción de un pozo de extracción mediante fracking consumiría casi dos veces lo que consume esta ciudad en un día. (Fundación Heinrich Böll, 2019, p.27).

Igualmente vale señalar que, en 2014, una investigación global del World Resources Institute<sup>8</sup> 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. Ello teniendo en cuenta que, en promedio, un solo pozo horizontal de fracking requiere unos quince millones de litros de agua, lo cual debe multiplicarse por las decenas, centenas o miles de pozos requeridos en estas operaciones petroleras.

---

<sup>7</sup> “*Can unconventional fuels usher a new era of energy abundance?*”

<sup>8</sup> World Resources Institute, Global Shale Gas Development: Water Availability & Business Risks, septiembre 2014.

### **2.2.2 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas**

Como se señaló en líneas precedentes, los pozos de extracción de hidrocarburos se construyen con un recubrimiento de varias tuberías de acero y cemento que sirven de aislamiento, a efectos de prevenir o controlar los fluidos y la presión durante la perforación.

En condiciones ideales dicho revestimiento quedaría perfectamente centrado y rodeado de una capa uniforme de cemento en toda la profundidad del pozo, pero en la práctica se pueden presentar fugas en las conexiones de las tuberías y corrosión en las mismas y de igual forma el cemento, además de no distribuirse uniformemente, puede deteriorarse con el tiempo, desarrollar grietas y canales o hacer que se desmorone la roca que lo rodea. (Fundación Heinrich Böll, 2019, p.29).

Lo anterior denota una falla de integridad que permite que los fluidos de la formación (gases y líquidos), o los fluidos de fracturamiento se escapen, eventualmente, pudiendo llegar a contaminar acuíferos, e, incluso, llegar a superficie (Ibídem). Así lo han documentado diversos estudios en países como Estados Unidos y Canadá que utilizan el fracking en la explotación de YNC hace décadas<sup>9</sup>.

De acuerdo con el Comité de expertos del Consejo de Academias Canadienses (2014) los riesgos para las aguas superficiales y subterráneas asociados a la infraestructura y operaciones con fracking en YNC se resumen así:

- Derrames accidentales de productos químicos, aceites, lodos de perforación y fluidos de fractura durante el transporte, almacenamiento o uso;
- Derrames del fluido de retorno del pozo productor;

---

<sup>9</sup> Según Davies y otros (2014), de 8.030 pozos inspeccionados en la cuenca Marcellus en Estados Unidos entre 2005 y 2013, el 6,3 % de ellos fue reportado a las autoridades con fallas de integridad; de 4.560 pozos desviados inspeccionados en la región de Alberta, Canadá, en un 66 % se encontraron problemas de migración de gas asociado a problemas de integridad (Watson & Bachu, 2009). Ingraffea y otros (2014) analizaron datos de más de 41.000 pozos de petróleo y gas perforados entre 2000 y 2012 en el estado de Pensilvania, a partir de más de 75.000 «reportes de conformidad» hechos por la autoridad ambiental del Estado. En esos reportes, el 1,9 % de los pozos en todo el período muestran una «pérdida de integridad estructural».

- Almacenamiento, tratamiento o eliminación inadecuados del fluido de retorno y fugas en los estanques de almacenamiento en superficie o en otras instalaciones de almacenamiento.

Aquí hay que tener en cuenta además que varios de los aditivos utilizados en la fracturación hidráulica están considerados como tóxicos para la salud humana y la vida salvaje, y algunos como cancerígenos y que el fluido residual generado por la fracturación hidráulica contiene sustancias tóxicas provenientes del subsuelo como metales pesados (arsénico, plomo, cromo, mercurio), sustancias radiactivas de origen natural (uranio, radio, radón), bencenos y grandes concentraciones de sales. (Palomo, 2016, p.51).

Según las investigaciones de AIDA (2016), basadas principalmente en los informes de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (EPA), uno de los compuestos hallados en los fluidos de desecho del fracking en lugares como Gran Bretaña y Estados Unidos es el Radio-226, elemento radiactivo que puede emitir radiaciones durante aproximadamente 1.600 años y que puede ocasionar cáncer de huesos.

### **2.2.3 Sismicidad inducida**

Cada vez más especialistas están de acuerdo en que las operaciones asociadas a los YNC pueden generar sismicidad. Ésta puede suceder mediante dos formas que liberan tensión en una falla preexistente: i) a través de la fracturación hidráulica y, ii) a través de la eliminación de fluidos residuales en el subsuelo. (Palomo, 2016, p.54)<sup>10</sup>.

En el primer evento, hay factores condicionantes que afectan la sismicidad inducida, como por ejemplo, las propiedades de la roca que contiene el hidrocarburo (como mayor o menor resistencia), propiedades de la falla (nivel de superficialidad y tensión), y presión en el pozo. La

---

<sup>10</sup> En su investigación el autor cita los siguientes estudios: Shapiro et al., 2007; Pater et al., 2011; Fairley, 2012



fracturación hidráulica puede propagar las fracturas e inducir a sismos si aumenta la presión de los poros más allá de un umbral crítico, reduciendo la resistencia efectiva de una falla cercana a la rotura. (Ibídem).

En el segundo caso (eliminación de fluidos en el subsuelo), los fluidos residuales generados durante la extracción del hidrocarburo en YNC pueden eliminarse mediante su inyección en pozos y la presión en estos pozos puede acumularse a lo largo del tiempo, induciendo una sismicidad cuya magnitud tiende a ser mayor que la generada por fracturación hidráulica (Langenbruck y Zoback, 2016).

Es importante señalar que, de acuerdo con el Informe de la Comisión Interdisciplinaria Independiente de expertos convocada por el Gobierno Colombiano (2019), el Valle Medio del Magdalena (una de las principales cuencas colombianas con potencial de yacimientos no convencionales) es una región con tectónica activa derivada principalmente del levantamiento de la Cordillera Oriental y el desplazamiento de la región montañosa andina hacia el noreste. Varias fallas que limitan o cruzan parcialmente la cuenca presentan evidencias de desplazamiento tectónico reciente, con tasas entre  $<0.2$  mm/año hasta 3 mm/año.

De ahí que recomienden que en caso de que se inicien los procesos de estimulación hidráulica y de inyección y reinyección de aguas, es necesario mantener la evaluación de una línea base de la actividad sísmica de la zona de interés que permita comparar la respuesta sísmica. (Ibídem).

#### **2.2.4 Contaminación del aire**

Con relación a la contaminación del aire, las emisiones hacia el ambiente relacionadas con el fracking son una mezcla compleja de contaminantes propias de los hidrocarburos en YNC

a explotar (como por ejemplo metano, alcanos, benceno, hidrocarburos aromáticos, etc.), así como de los motores de la maquinaria, tanques de almacenamiento de fluido de retorno, aguas de producción y fugas en las estructuras de conducción de los fluidos. (Lisa M. Mckenzie, 2012, como se citó en Suárez, 2013).

De acuerdo con un estudio realizado por el instituto de investigación *The Endocrine Disruption Exchange* (TEDX) (citado en Florez, et al, 2017), son varios los problemas ambientales atmosféricos que el fracking puede generar. Dentro de estos está el escape de ciertos compuestos volátiles tóxicos durante algunas etapas de aplicación de la técnica, como BETX (acrónimo para benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), otros hidrocarburos y metano. Cuando estos compuestos reaccionan con los óxidos de nitrógeno producidos por los equipos diesel utilizados en los procesos, forman ozono troposférico que es el ozono superficial precursor de metano, el cual en caso de inhalación puede quemar el tejido alveolar del pulmón, causando el envejecimiento prematuro y la exposición crónica a menudo conduce a la aparición del asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Adicionalmente dicho ozono resulta muy dañino para los cultivos<sup>11</sup>, causa disturbios en los patrones de lluvias y muertes prematuras por sus efectos en la contaminación de aire.

Vale añadir que el metano es un fuerte gas de efecto invernadero. Su potencial para el calentamiento global es 25 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> y es la causa de más de un tercio del calentamiento antropogénico actual (Global Methane Initiative, s.f.). Las emisiones fugitivas de este compuesto tóxico se deben multiplicar por las centenas o miles de pozos requeridos para la explotación de YNC.

---

<sup>11</sup> El informe estima que la presencia de ozono troposférico es la causa de pérdidas de 52 millones de toneladas de cultivos por año, equivalentes del 1 al 4 por ciento de la producción global de maíz, arroz, soja y trigo cada año.

### **2.2.5 Contaminación auditiva**

En lo que respecta a los altos niveles de ruido, las principales actividades generadoras de éste son la perforación del pozo y el arreglo de pozos junto con el proceso de estimulación hidráulica. (AEA, 2012. como se citó en Suárez, 2013).

Otra fuente importante de contaminación auditiva es el intenso tráfico de camiones que requieren la extracción y el tratamiento de aguas residuales tóxicas de los pozos de fracking. Se estima que la operación de cada pozo requiere de 1.500 a 2.000 viajes de camión a lo largo de su vida útil (Departamento de Salud – Estado de Nueva York, 2014).

En el *Compendio de hallazgos científicos, médicos y de medios de comunicación que demuestran los riesgos y daños del fracking* (2019), la Fundación Heinrich Böll Ciudad de México y otras organizaciones señalan como fuentes adicionales de contaminación acústica relacionadas con el fracking las explosiones, perforaciones, quemadores, generadores y estaciones de compresión, a cuya exposición se asocian enfermedades cardiovasculares, deterioro cognitivo y trastornos del sueño.

### **2.2.6 Problemas de salud en humanos**

Como quedó dicho en líneas precedentes, los impactos ambientales asociados al fracking, principalmente en el aire y el agua, pueden generar daños en la salud de las personas y comunidades aledañas. Los químicos contaminantes utilizados en esta técnica son compuestos que pueden alterar el sistema endócrino (Fundación Heinrich Böll, 2019), alterando funciones sexuales, reproductivas, causando infertilidad, anomalías genitales e incluso diabetes y algunos tipos de cáncer (AIDA, 2016).

Igualmente, y para poner solo algunos ejemplos de efectos en la salud, respecto a los compuestos del fluido de fracturación relacionados en la Tabla 1, se tiene por un lado que la exposición al persulfato de sodio puede causar erupciones cutáneas y alergias y la exposición prolongada al mismo puede causar cambios en la función pulmonar, que desencadenan en enfermedades de las vías respiratorias. Por otro lado, las exposiciones a mezclas que contienen etilenglicol se asociaron con un mayor riesgo de aborto espontáneo y subfertilidad en mujeres. En cuanto al Isopropanol es un depresor del sistema nervioso central y en pruebas de exposición prolongada por inhalación en ratas se ha evidenciado que puede producir cambios degenerativos en el cerebro. (Lloyd-Smith, et al, 2011).

Adicionalmente, informes en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea han relacionado la cercanía de asentamientos humanos o personas a operaciones de fracturación hidráulica con casos de nacimientos de bajo peso y con defectos congénitos, con un incremento en la incidencia de deficiencias cardíacas congénitas, y hasta con síntomas como dolores abdominales, náuseas o vómitos, irritación de mucosas, dolores de cabeza, ansiedad y estrés. (Departamento de Salud – Estado de Nueva York, s.f.).

Varios de los impactos antes descritos fueron registrados en los documentales Gasland (2010) y Gasland 2 (2013) del cineasta, dramaturgo y activista ambiental Josh Fox, rodados en cuatro estados de los Estados Unidos. En éstos se pueden ver con imágenes y entrevistas reales daños tales como la contaminación del agua, el riesgo de explosión de casas por fugas de gas, el impacto en la salud de las personas y animales.

### **2.3. Reseña de las conclusiones del informe de la comisión de expertos convocada por el gobierno Colombiano (2019) sobre las condiciones técnicas de aplicación del fracking en el país.**

En octubre de 2018 el Gobierno colombiano decidió designar una Comisión Interdisciplinaria de expertos en distintas materias para que la misma formulase sus recomendaciones respecto a la utilización de la técnica de fracturamiento hidráulico multietapa con perforación horizontal (FHPH) —denominada *fracking*—, con fundamento en las realidades geocientíficas, sociales y económicas del país y así tomar una decisión referida al aprovechamiento del potencial geológico de recursos no convencionales.

Dicha Comisión Interdisciplinaria de Especialistas -integrada por 11 académicos nacionales y 2 internacionales en diversas disciplinas como geología, medio ambiente, hidrogeología, sismología, salud, regulación y política petrolera, ecosistemas, entre otras- presentó en abril de 2019 el “Informe sobre efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal”, en el cual recomendó al Gobierno Colombiano la realización de Proyectos Piloto de Investigación Integral –PPII- que permitan generar conocimiento y evidencias antes de tomar alguna decisión sobre la producción comercial de yacimientos no convencionales mediante la técnica de fracturamiento hidráulico. (Comisión Interdisciplinaria de Especialistas, 2019).

En ese sentido, vale la pena reseñar brevemente las conclusiones más relevantes de corte técnico expuestas en dicho informe sobre las condiciones de utilización de la técnica de fracturamiento hidráulico multietapa con perforación horizontal (FHPH) en el país:

Así, por un lado, señala la Comisión que para la zona del Valle del Magdalena Medio-VMM-, que como ya se dijo es una de las principales cuencas colombianas con potencial en YNC, hay poca información de línea base en ecosistemas terrestres y acuáticos así como de su biodiversidad, los cuales están amenazados por el negocio de los hidrocarburos.

También advierte que hay desconocimiento del 85% del agua subterránea y los indicadores de salud de atmósfera, océanos, suelos y ecosistemas terrestres y acuáticos, lo cual los expone a un deterioro progresivo y creciente, que genera riesgos para la calidad de vida y la supervivencia humana.

Adicionalmente, en materia de salud pública concluyen entre otras cosas que: i) existe evidencia moderada para asociar la extracción de YNC con detrimento en la calidad de aire y con enfermedades del sistema respiratorio; ii) hay evidencia experimental de laboratorio que prueba que la contaminación de los cuerpos de agua con fluidos producidos durante la extracción es citotóxica para humanos y animales y que, además, tiene un alto nivel de sospecha de generar disrupción en el sistema endocrino; iii) existe también una asociación entre las gestaciones con algún tipo de complicación durante la gestación, o en el recién nacido, y la distancia de la vivienda al pozo de extracción no convencional; y iv) los estudios revisados sugieren una asociación positiva entre malignización de las células y la implementación de la técnica, especialmente relacionada con leucemia y cáncer de vejiga.

En lo que respecta a la sismicidad, se cita al Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) quien señala que no es la técnica del fracking por sí misma la causante de la sismicidad inducida, sino que es la consecuencia de procesos de inyección de fluidos como método de confinamiento y disposición final. En cuanto a eventos sísmicos asociados a la estimulación hidráulica, se indica que diversos trabajos científicos sugieren que las

magnitudes (fuerza del evento sísmico) típicas tienden a ser negativas, pero que igualmente se han documentado magnitudes altas en China y Estados Unidos.

De lo anterior es claro que la Comisión concluye la existencia de evidencia (en algunos casos no concluyente) con relación a los diversos impactos negativos del fracking.

A partir de lo anterior, en su informe la Comisión recomienda realizar Proyectos Piloto de Investigación Integral-PPII- como experimentos de naturaleza científica y técnica sujetos a las más estrictas condiciones de diseño, vigilancia, monitoreo y control y, por tanto, de naturaleza temporal.

En ese orden de ideas, para disminuir los riesgos de contaminación de acuíferos y el deterioro de la biodiversidad y de los ecosistemas terrestres, señalan como indispensable generar información completa y suficiente sobre aspectos hidrogeológicos y ecosistémicos en las áreas donde se pretenda adelantar un PPII.

Igualmente, durante la ejecución de los PPII recomiendan completar los estudios hidrogeológicos requeridos en el área de influencia para minimizar el riesgo de contaminación de acuíferos con uso actual o potencial para consumo humano y otras actividades productivas.

Así mismo, resaltan que se viene dando un progreso tecnológico que ha posibilitado avances de ingeniería para reducir las amenazas de aplicación de la técnica con perfeccionamiento continuo de la misma y mejor selección de insumos, pero que en todo caso será responsabilidad de los operadores estudiar las tecnologías disponibles y asegurar que se utilizan las de menor impacto ambiental y social.

### **3. Dimensión jurídica del fracking**

### 3.1 Consideraciones preliminares

Es innegable que en la historia reciente de nuestro país se han dado pasos substanciales en materia de legislación sobre ambiente y recursos naturales. Con la Constitución Política de 1991 se elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente a través de principios fundamentales como el derecho a un ambiente sano, el medio ambiente como patrimonio común y el principio de desarrollo sostenible.

Hoy existen en el país múltiples instrumentos jurídicos (leyes, decretos, resoluciones, etc., anteriores y posteriores a la Constitución Política de 1991) dirigidos a tutelar el medio ambiente con la finalidad de que los procesos productivos del país y la población en general adopten una conciencia ambiental que permita encontrar el equilibrio entre producción, desarrollo y ambiente, bajo el entendido de que con la protección del medio ambiente se protege la subsistencia del hombre y sus condiciones de vida.

En la otra cara de la moneda, tenemos que durante las últimas décadas, el desarrollo productivo basado en la explotación de los recursos naturales no renovables, particularmente de los hidrocarburos, ha sido un importante eje económico de nuestro país. Tal dependencia hacia la explotación petrolera y minero-energética ha tenido unos efectos negativos sobre los bienes comunes naturales (concepto que surge en el contexto de luchas sociales por la apropiación, el manejo y el uso de la naturaleza. Ivars, 2013), sobre la calidad de vida de las comunidades circundantes a los proyectos, e incluso efectos adversos sobre la salud humana.

Hoy la técnica de fracturamiento hidráulico para exploración y explotación de hidrocarburos en YNC está *ad portas* de ser aprobada en Colombia, pese a los potenciales impactos negativos que dicha técnica puede generar –de los cuales se hizo una breve descripción



en el capítulo anterior-, que han llevado a países como Francia, España y Bulgaria, estados como New York y Vermont (Estados Unidos), y la provincia de Quebec (Canadá), a prohibir esta actividad.

En razón de lo anterior, en este capítulo se efectuará una revisión integral de las normas de derecho ambiental en la legislación interna colombiana, así como aquellas contenidas en instrumentos internacionales que han sido adoptados por el Gobierno nacional, particularmente de aquellos principios que deban ser tenidos en cuenta a la hora de regular actividades económicas que puedan tener efectos negativos sobre el ambiente y consecuentemente sobre la vida humana y no humana.

Seguidamente se hará un examen de las normas más relevantes que se han expedido en el país para regular la implementación de esta técnica y su estado de aplicabilidad actual, así como algunas anotaciones sobre la situación jurídica del fracking en otros países y por último algunas consideraciones sobre la aplicación del fracking en el país frente a la normativa ambiental.

### **3.2 Normatividad e instrumentos ambientales de carácter nacional e internacional de relevancia frente a la aplicación del fracking**

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, a continuación, se realiza una reseña de la normativa en materia ambiental de relevancia frente a la aplicación del fracking como técnica de exploración y explotación de YNC.

#### ***3.2.1 Del ámbito nacional***

**3.2.1.1 Ley 23 de 1973.** Por medio de esta Ley se otorgaron facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente; la misma se expidió como resultado de la Convención de Estocolmo (1972) a la cual se hará referencia más adelante. De acuerdo con el artículo 1º de esta Ley, su propósito fue prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional (Congreso de Colombia, 1973).

En esa medida, se instituyó el medio ambiente como un patrimonio común, cuyo mejoramiento y conservación empiezan a considerarse de utilidad pública y en consecuencia se establece en cabeza del estado y de todos los asociados una obligación de protegerlo y de no ejecutar acciones que generen contaminación o detrimento de este.

Otro de los elementos de esta Ley que revisten gran importancia es la conceptualización de la contaminación, entendida como:

La alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles 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 o afectar los recursos de la Nación o de particulares (Ibíd.).

En el mismo sentido señaló el legislador que debe entenderse por contaminante todo elemento o combinación de éstos o formas de energía que actual o potencialmente puedan producir alguna o algunas de las alteraciones ambientales descritas previamente.

Por último, esta Ley prevé la responsabilidad civil tanto del Estado como de los particulares por ejercer acciones o actividades contaminantes y señala la aplicación de un régimen sancionatorio por la realización de estas.

**3.2.1.2. Decreto Ley 2811 de 1974.** Como consecuencia de las facultades otorgadas por el Congreso en la Ley 23 de 1973, se dictó a finales de 1974 el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En éste se reitera que el ambiente es un patrimonio común y que su protección y manejo son de utilidad pública. Igualmente se retoman las definiciones de contaminación y factores contaminantes consagrados en la Ley previa.

Además, establece los siguientes principios que deben orientar el uso de elementos ambientales y de recursos naturales renovables, a saber:

- Eficiencia: máximo aprovechamiento con arreglo al interés general de la comunidad y de acuerdo con los principios ambientales.
- Interdependencia de los recursos naturales y demás elementos ambientales.
- Salvaguarda del interés general.
- Priorización y coordinación en el uso de los recursos naturales.
- Evitar el agotamiento o el deterioro grave de los recursos naturales renovables, de forma que no se perturbe el derecho a ulterior utilización en cuanto ésta convenga al interés público.
- Planeación de su manejo: desarrollo equilibrado urbano y rural.

Estos principios, particularmente los últimos dos, son un claro antecedente de lo que posteriormente se pasaría a denominar *desarrollo sostenible*, pues se propende por una utilización moderada, razonable y responsable del medio ambiente y los recursos naturales que satisfaga las necesidades actuales, en aras de no perjudicar la satisfacción de las necesidades futuras.

Otros aspectos de relevancia en esta norma son los siguientes:

- Se establece en cabeza del Estado la obligación de garantizar la calidad del agua para consumo humano, y en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. En ese sentido debe adoptar, entre otras medidas, un control periódico de las industrias o actividades que, por su naturaleza, puedan contaminar las aguas.
- Determina que la realización de actividades económicas dentro de las áreas de reserva forestal, requerirán licencia previa y que ésta solo se otorgará cuando se haya comprobado que la ejecución de las obras y el ejercicio de las actividades no atentan contra la conservación de los recursos naturales renovables del área.
- Se indica que toda contaminación que amenace perjudicar los recursos naturales renovables o el ambiente dará lugar a la adopción de las medidas indispensables para evitar, contener o reprimir el daño, que durarán lo que dure el peligro.
- Otra obligación en cabeza del Estado es reducir las pérdidas y derroche de aguas y asegurar su mejor aprovechamiento.

**3.2.1.3. Ley 9 de 1979.** La relevancia de esta Ley radica en que establece las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias del Ambiente, entendidas éstas como las necesarias para asegurar el bienestar y la salud humana.

Con relación al control sanitario del agua determina como opciones para su uso las siguientes: Consumo humano; uso doméstico; preservación de flora y fauna; uso agrícola y pecuario; recreación; industria y transporte. Agregando el mandato para el Ministerio de Salud de establecer cuáles de estos usos producen o pueden producir contaminación de las aguas, y

requieran de autorización previa a la concesión o permiso que otorgue la autoridad competente para el uso del recurso.

Adicionalmente, faculta a esta cartera ministerial para establecer las características deseables y admisibles que deben tener las aguas para efectos del control sanitario, bajo los siguientes criterios:

1. La preservación de sus características naturales;
2. La conservación de ciertos límites acordes con las necesidades del consumo humano y con el grado de desarrollo previsto en su área de influencia;
3. El mejoramiento de sus características hasta alcanzar las calidades para consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

Es importante además que, en materia de aguas subterráneas, y concretamente para evitar su contaminación (por aguas residuales o contaminadas, por ejemplo) se establece que se deben tomar las medidas higiénicas y de vigilancia necesarias para el correcto aprovechamiento de los pozos para agua potable.

Por otra parte, también se definen los procedimientos y medidas para regular, legalizar y controlar los residuos y materiales que afecten las condiciones sanitarias del ambiente, señalando en el caso de establecimientos industriales, la obligación de obtener autorización para vertimiento de residuos líquidos en las fuentes receptoras.

También con relación a la ubicación de las zonas industriales, prevé que los planes de ordenamiento territorial deben tener en cuenta aspectos tales como:

1. La incidencia de las descargas de residuos industriales líquidos en los sistemas de alcantarillado municipal;

2. El grado de tratamiento requerido de acuerdo con las características de los residuos industriales líquidos y con la clasificación de las fuentes receptoras y su incidencia en los sistemas municipales de tratamiento;
3. Los posibles efectos sobre la utilización actual o futura de las aguas;
4. La posibilidad de construcción de sistemas de tratamiento y de alcantarillado para aguas residuales y aguas lluvias;
5. La conveniencia de zonificar el área industrial de acuerdo con las características de los residuos producidos en los diferentes establecimientos, con el objeto de facilitar o complementar los procesos de tratamiento requeridos;
6. El régimen de caudales de la fuente receptora.

**3.2.1.4. Constitución política de 1991.** Como se dijo en la introducción al presente capítulo, nuestra Carta Política elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, consagrando principios fundamentales como:

1. El Derecho a un ambiente sano (Artículo 79): es una norma constitucional que puede interpretarse de manera solidaria con el principio fundamental del derecho a la vida, ya que éste sólo se puede garantizar bajo condiciones en las cuales la vida pueda disfrutarse con calidad. El derecho a un ambiente sano ha llegado a considerarse como un derecho humano, del cual se desprende la materialización de otros derechos humanos, sociales y económicos.
2. El medio ambiente como patrimonio común (Artículos 8, 63 y 95, 330): esto implica que es deber del Estado y de todos los ciudadanos proteger y velar por la conservación del

medio ambiente. En el caso de las comunidades indígenas, la explotación de los recursos naturales en sus territorios requiere que el Gobierno propicie espacios de participación con los representantes de las respectivas comunidades.

3. El Principio de Desarrollo Sostenible (Artículo 80): en virtud de este principio es obligación del Estado asegurar que la satisfacción de las necesidades actuales se realice de forma que no comprometa la capacidad y el derecho de las futuras generaciones para satisfacer las propias.
4. Función ecológica de la propiedad y de los demás derechos adquiridos (artículo 58): por medio de este principio se establece que los derechos o intereses privados, como la propiedad, deben ceder ante el interés general, que implica entre otros deberes, la protección del ambiente.

Además de los anteriores, existen otra serie de preceptos constitucionales relacionados con el manejo y conservación de los recursos naturales y el ambiente (Artículos 7, 49, 88, 330, 332, 333, 334 y 366, entre otros), que hicieron que la Corte Constitucional colombiana catalogara la Carta Política como una Constitución Ecológica que cumple dentro del ordenamiento colombiano una triple dimensión:

(...) de un lado, la protección al medio ambiente es un principio que irradia todo el orden jurídico puesto que es obligación del Estado proteger las riquezas naturales de la Nación. De otro lado, aparece como el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano, derecho constitucional que es exigible por diversas vías judiciales. Y, finalmente, de la constitución ecológica derivan un conjunto de obligaciones impuestas a las autoridades y a los particulares. (Corte Constitucional. Sentencia T-760, 2007).

**3.2.1.5. Ley 99 de 1993.** Esta es la Ley general ambiental por excelencia en nuestro país. Tuvo como antecedente el estado de preocupación a nivel mundial generado por el deterioro ambiental masivo del planeta y el aumento del cambio climático que llevó a que se declararan en Río de Janeiro (1992) los principios universales ambientales, entre ellos, el desarrollo sostenible.

En el artículo 1º de esta Ley se señalan los principios generales ambientales aplicables en Colombia, dentro de los cuales están:

“(…)

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.
3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.
5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.
6. La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista 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.

(...)

7. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.
8. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.
9. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones. (...)"

De lo anterior, es importante realizar énfasis en el Principio de Precaución ambiental, cuyo propósito último es revestir a las autoridades ambientales de instrumentos para actuar ante la afectación, el daño, pero especialmente ante el riesgo o el peligro que enfrenta el medio ambiente, al igual que los derechos con él relacionados.

En ese sentido, el Principio de Precaución prescribe que en caso de “duda científica” sobre la posibilidad de que determinada actividad pueda causar un daño grave o irreversible al medio ambiente, debe procederse a suspender, aplazar, limitar, condicionar o impedir la ejecución de la respectiva actividad, según se considere sea la medida eficaz para el respectivo caso, hasta adquirir seguridad científica sobre la existencia o no de dicho peligro (Lora, 2011).

Este principio también ha tenido desarrollo en la jurisprudencia de la Corte Constitucional y fue promulgado de manera expresa en la Ley 1523 de 2012, como se reseña más adelante.

**3.2.1.6. Jurisprudencia de la corte constitucional.** La Corte constitucional colombiana como máximo intérprete de la Carta política, a través de su jurisprudencia ha consolidado una doctrina de la cual se desprende el carácter fundamental del derecho al ambiente sano y en ese sentido ha señalado que el medio ambiente es un bien jurídico que es a la vez un derecho de las personas, un servicio público y, ante todo, un principio que permea la totalidad del ordenamiento jurídico colombiano (Corte Constitucional, 2010).

Por ello, es necesario realizar una revisión de algunas de las sentencias de este alto Tribunal, que han puesto en evidencia el importante rol de salvaguarda que ejerce respecto del derecho a un ambiente sano y de todos aquellos derechos que se derivan de él.

#### 1. Sentencia T-254 de 1993

Dentro de su función de revisión de fallos de tutela, la Corte Constitucional en esta sentencia estudia los fallos de primera y segunda instancia que se surtieron frente a una acción de tutela ejercida para evitar que las sociedades accionadas continuaran contaminando con vertimientos que eran producto de sus operaciones industriales, las aguas del río Palo (Cauca), en detrimento de los derechos a la vida y al trabajo de los peticionarios. En su análisis la Corte determinó que al realizar su actividad económica, las empresas tienen que adecuar su conducta al marco normativo que lo orienta, controlar y verificar para que no cause deterioro al ambiente o lo reduzca a sus mínimas consecuencias. Explicó este Tribunal sobre los límites asimilables, así: “La autoridad ambiental, debe admitir el ejercicio de una actividad económica legítima cuando su ejercicio no comprometa los límites tolerables de la contaminación, pues si los excede, el bien común exigirá que restrinja o se prohíba al particular el ejercicio de su actividad. [...] Debe saber quien asuma una actividad contaminante, que su primera responsabilidad, por encima de cualquier otra, es establecer los mecanismos más adecuados y eficaces para suprimir, o

cuando menos reducir al mínimo tolerable, los efectos nocivos que se puedan deducir de tal actividad, aparte de que debe pagar, según las tasas de retribución ambiental que se establezcan”.

En este fallo la Corte señaló, además, que cuando la violación del derecho a un ambiente sano implica o conlleva simultáneamente un ataque directo y concreto a un derecho fundamental, se convierte la acción de tutela en el instrumento de protección de todos los derechos amenazados, por virtud de la mayor jerarquía que ostentan los derechos fundamentales dentro de la órbita constitucional.

## 2. Sentencia C-703 de 2010

Esta sentencia es de especial relevancia en el sentido que determina los elementos sustanciales del Principio de Precaución. Así pues, advierte la Corte que la adopción de medidas fundadas en el principio de precaución debe contar con los siguientes elementos: (i) que exista peligro de daño, (ii) que éste sea grave e irreversible, (iii) que exista un principio de certeza científica, así no sea ésta absoluta, (iv) que la decisión que la autoridad adopte esté encaminada a impedir la degradación del medio ambiente y (v) que el acto en que se adopte la decisión sea motivado.

Se añade en este proveído que “Si bien el principio de precaución hace parte del ordenamiento positivo, con rango legal, a partir de la expedición de la Ley 99 de 1993, la Corte ha considerado que se encuentra constitucionalizado, pues se desprende de la internacionalización de las relaciones ecológicas y de los deberes de protección y prevención contenidos en Carta, constitucionalización que se deriva del deber impuesto a las autoridades de evitar daños y riesgos a la vida, a la salud y al medio ambiente”.

## 3. Sentencia T-154 de 2013

En la revisión del fallo dictado por la Sala Civil-Familia-Laboral del Tribunal Superior de Valledupar, dentro de la acción de tutela incoada por un ciudadano contra la Sociedad Drummond Ltda., la Corte señaló que la conservación del ambiente no solo es considerada como un asunto de interés general, sino principalmente como un derecho internacional y local de rango constitucional, del cual son titulares todos los seres humanos, “en conexidad con el ineludible deber del Estado de garantizar la vida de las personas en condiciones dignas, precaviendo cualquier injerencia nociva que atente contra su salud”. Al efecto, añade la Corte que la Constitución de 1991 impuso al Estado colombiano la obligación de asegurar las condiciones que permitan a las personas gozar de un ambiente sano, y dispuso el deber de todos de contribuir a tal fin, mediante la participación en la toma de decisiones ambientales y el ejercicio de acciones públicas y otras garantías individuales, entre otros.

Así mismo, en esta Sentencia la Corte realiza un recuento jurisprudencial sobre su postura frente al principio de precaución, explicando que la autoridad ambiental es competente para aplicar este principio, mediante un acto administrativo motivado, en el caso de observarse “un peligro de daño, que éste sea grave e irreversible, que exista un principio de certeza científica, así no sea esta absoluta, que la decisión que la autoridad adopte esté encaminada a impedir la degradación del medio ambiente”. Lo anterior, por cuanto el principio general de precaución dentro del derecho ambiental conlleva la adopción de medidas eficaces para precaver la degradación del ambiente, sin que pueda sacrificarse su aplicación por la inmadurez científica.

#### 4. Sentencia C-449 de 2015

Como resultado de una demanda de inconstitucionalidad contra los incisos 3 y 4, parciales, del artículo 42 de la Ley 99 de 1993, la Corte emite este fallo, donde señala que la

defensa del ambiente sano constituye un objetivo de principio dentro de la actual estructura del Estado social de derecho en nuestro país y que se trata de un bien jurídico constitucional que presenta una triple dimensión, toda vez que: i) es un principio que irradia todo el orden jurídico correspondiendo al Estado proteger las riquezas naturales de la Nación; ii) es un derecho constitucional (fundamental y colectivo) exigible por todas las personas a través de diversas vías judiciales; y iii) es una obligación en cabeza de las autoridades, la sociedad y los particulares, al implicar deberes calificados de protección.

**3.2.1.7. Ley 1523 de 2012.** Por medio de esta Ley se adoptó en el país la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se estableció el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo. Esta norma se trae a colación dentro del presente documento por dos particularidades esenciales:

Por un lado, en el párrafo 1º de su primer artículo, esta Ley consagra que la gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

Por otra parte, como se dijo previamente, se consagran dos principios ambientales de vital importancia, a saber: i) El Principio de precaución, que se aplicará cuando exista la posibilidad de daños graves o irreversibles a las vidas, a los bienes y derechos de las personas, a las instituciones y a los ecosistemas como resultado de la materialización del riesgo en desastre; en virtud de este principio la falta de certeza científica absoluta no será óbice para adoptar medidas encaminadas a prevenir y/o mitigar la situación de riesgo. ii) Principio de sostenibilidad

ambiental, que implica que el desarrollo es sostenible cuando satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de los sistemas ambientales de satisfacer las necesidades futuras e implica tener en cuenta la dimensión económica, social y ambiental del desarrollo.

### ***3.2.2 Del ámbito internacional***

**3.2.2.1. Declaración de Estocolmo de 1972.** Esta Declaración fue aprobada tras la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, que tuvo lugar en la ciudad de Estocolmo (Suecia) del 5 al 16 de junio de 1972, donde por primera vez a nivel mundial, se realizó un debate alrededor de las problemáticas relacionadas con el medio ambiente, resaltando la importancia del mismo para el ser humano y los demás seres vivos e introduciendo en la agenda política internacional la dimensión ambiental como condicionadora y limitadora del modelo tradicional de crecimiento económico y del uso de los bienes comunes naturales.

Así pues, se proclamaron y adoptaron un conjunto de 103 Recomendaciones y 26 Principios que abogan por el derecho al desarrollo sustentable y a la protección y conservación del medio ambiente, dentro de los cuales se pueden destacar los siguientes:

El hombre tiene derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio ambiente de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras (Principio 1º).

Los recursos naturales de la tierra incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en

beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga (Principio 2º).

Estos dos principios anteriores propenden especialmente por un desarrollo sostenible.

El hombre tiene la responsabilidad especial de preservar y administrar juiciosamente el patrimonio de la flora y la fauna silvestres y su hábitat, que se encuentran actualmente en grave peligro por una combinación de factores adversos. En consecuencia, al planificar el desarrollo económico debe atribuirse importancia a la conservación de la naturaleza, incluidas la flora y la fauna silvestres (Principio 4º).

Los recursos no renovables de la tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparte los beneficios de tal empleo (Principio 5º).

Debe ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias a la liberación de calor, en cantidades o concentraciones tales que el medio ambiente no puede neutralizarlas, para que no se causen daños graves o irreparables a los ecosistemas. Debe apoyarse la justa lucha de los pueblos de todos los países contra la contaminación (Principio 6º).

Todos los países, grandes o pequeños, deben ocuparse con espíritu de cooperación y en pie de igualdad de las cuestiones internacionales relativas a la protección y mejoramiento del medio ambiente. Es indispensable cooperar, mediante acuerdos multilaterales o bilaterales o por otros medios apropiados, para controlar, evitar, reducir y eliminar eficazmente los efectos perjudiciales que las actividades que se realicen en cualquier esfera puedan tener para el medio ambiente (Principio 24º).

Un logro muy importante de esta Conferencia es el reconocimiento del carácter mundial de la problemática ecológica, que supone unas acciones a nivel individual y nacional, pero así

mismo de una amplia colaboración entre las naciones y la adopción de medidas por las organizaciones internacionales, en interés de todos.

**3.2.2.2. Carta mundial de la naturaleza de 1982.** Tras la sesión celebrada el 28 de octubre de 1982, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Carta Mundial de la Naturaleza (Resolución 37/7), cuyos principios generales apuntan a la preservación de la naturaleza para las futuras generaciones. Si bien este documento no tiene la fuerza vinculante de un tratado internacional o de una Convención, sí expresa la obligación moral asumida por los 118 Estados que votaron a su favor, incluido Colombia y las infracciones contra la misma pueden ser objeto de crítica por parte de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN- o por cualquier organización.

En esta Carta se reconoció la necesidad de que se adoptaran medidas adecuadas, en los niveles nacional e internacional, para proteger y salvaguardar el equilibrio y la calidad de la naturaleza y promover la cooperación internacional en esta esfera, y en ese sentido se establecieron, entre otras, las siguientes funciones como directriz en materia ambiental para los Estados firmantes:

En la planificación y realización de las actividades de desarrollo social y económico, se tendrá debidamente en cuenta el hecho de que la conservación de la naturaleza es parte integrante de esas actividades.

No se desperdiciarán los recursos naturales, por el contrario, se utilizarán con mensura de conformidad con los principios enunciados en la presente Carta y de acuerdo con las reglas siguientes: (i) No se utilizarán los recursos biológicos más allá de su capacidad natural de regeneración; (ii) Se explotarán con mensura los recursos no renovables y fungibles, teniendo en



cuenta su abundancia, las posibilidades racionales de transformarlos para el consumo y la compatibilidad entre su explotación y el funcionamiento de los sistemas naturales.

Se controlarán las actividades que pueden tener consecuencias sobre la naturaleza y se utilizarán las mejores técnicas disponibles que reduzcan al mínimo los peligros graves para la naturaleza y otros efectos perjudiciales, en particular: (i) Se evitarán las actividades que puedan causar daños irreversibles a la naturaleza; (ii) Las actividades que puedan extrañar graves peligros para la naturaleza serán precedidas por un examen a fondo y quienes promuevan esas actividades deberán demostrar que los beneficios previstos son mayores que los daños que puedan causar a la naturaleza y esas actividades no se llevarán a cabo cuando no se conozcan cabalmente sus posibles efectos perjudiciales; (iii) Las actividades que puedan perturbar la naturaleza serán precedidas de una evaluación de sus consecuencias y se realizarán con suficiente antelación estudio de los efectos que puedan tener los proyectos de desarrollo sobre la naturaleza; en caso de llevarse a cabo, tales actividades se planificarán y realizarán con vistas a reducir al mínimo sus posibles efectos perjudiciales.

Se evitará la descarga de sustancias contaminantes en los sistemas naturales: (i) Se adoptarán precauciones especiales para impedir la descarga de desechos radiactivos o tóxicos.

Por último, es pertinente añadir que en este Documento se advierte la importancia de proteger los procesos ecológicos y los sistemas esenciales para la supervivencia y la diversidad de las formas de vida, reconociendo que se encuentran en peligro por la explotación excesiva y el abuso de los bienes comunes naturales, poniendo además en peligro la justicia y al mantenimiento de la paz.

**3.2.2.3. Declaración de Río de Janeiro de 1992.** Tras reunirse en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, los gobiernos participantes en la Cumbre de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, adoptaron esta Declaración, que intentó impulsar una nueva forma de cooperación entre los Estados, los sectores y las personas, en torno a la protección del medio ambiente y la relación entre el desarrollo económico, sostenible y ambiental.

Los principios más relevantes de esta Declaración son los siguientes:

1. Desarrollo sostenible: recogido en los principios 3 y 4 del documento que señalan, por un lado, que el “derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras” y por otro, que “a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deber constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada”.

Así mismo, señala el Principio 8 que “para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas”. (Subrayado fuera de texto).

2. Precaución: en el Principio 15 de la Declaración se consagró que “Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deber utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”.

3. En el mismo sentido, en el Principio 17 se estableció el deber de los Estados de emprender “una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente”.

**3.2.2.4. Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático.** Esta convención fue suscrita en la ciudad de Washington en junio de 1992 y entró en vigor en marzo de 1994; al día de hoy ha sido ratificada por 196 estados. En el caso de Colombia fue aprobada mediante la expedición de la Ley 164 de 1994.

Su propósito principal es buscar alternativas que le permitan a los estados parte adelantar acciones para abordar la compleja problemática del cambio climático<sup>12</sup>. Esta Convención reconoce que es un documento “marco”, es decir, un texto que debe enmendarse o desarrollarse con el tiempo para que los esfuerzos frente al calentamiento atmosférico y el cambio climático puedan orientarse mejor y ser más eficaces. La primera adición al tratado, el Protocolo de Kioto, se aprobó en 1997 y será referenciado más adelante en el presente documento.

En su artículo 3 se señalan los principios a los cuales deben sujetarse los estados parte en aras de lograr cumplir el objetivo general de la Convención, consistente en la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Dentro de dichos principios se destacan los siguientes:

1. Desarrollo sostenible: se establece como un derecho y un deber de los estados, consistente en proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y

---

<sup>12</sup> El cambio climático es definido por la misma Convención como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades.

2. Precaución: para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. En ese sentido se consagra que cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no deberá utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas.

**3.2.2.5. Protocolo de Kioto.** Durante la Tercera Conferencia de las Partes firmantes de la Convención marco del cambio climático, la cual tuvo lugar en Kioto (Japón) en 1997, se adoptó el Protocolo del mismo nombre, cuyo principal objetivo fue establecer compromisos más estrictos de reducción y limitación de emisiones de Gases Efecto Invernadero-GEI- para los países desarrollados, además de que se estableció un calendario específico para cumplir dichos compromisos.

El acuerdo principal fue alcanzar la reducción conjunta de las emisiones de Gases Efecto Invernadero, al menos en un 5% respecto de los niveles existentes al año 1990, para lo cual se previó un primer período de compromisos que debían alcanzarse entre los años 2008 al 2012. Igualmente, se crearon unos mecanismos de flexibilización, que son unos mecanismos económicos cuyo propósito es ayudar a los países comprometidos a cumplir con el calendario de reducción mencionado.

Los compromisos de reducción acordados en el Protocolo de Kioto tienen un carácter diferenciado, es decir, que cada país obligado por este Protocolo tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir y en ese sentido establece unas metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea de hasta 5%, reconociendo que

tales países son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero que hay en la atmósfera y que son el resultado de quemar combustibles fósiles durante más de 150 años. En ese orden de ideas, tiene un principio central: la responsabilidad común pero diferenciada.

**3.2.2.6. Acuerdo de París de 2015.** El principal resultado de la Cumbre del Clima de París (COP21), celebrada en diciembre de 2015, fue el Acuerdo de París, un acuerdo mundial que consigue aunar los esfuerzos de la comunidad internacional en materia de cambio climático. El mismo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

En virtud de este Acuerdo, Colombia se comprometió ante la comunidad internacional a tomar 10 medidas concretas de adaptación, que van desde la delimitación y protección de los 36 complejos de páramos, hasta lograr que el 100% del territorio nacional cuente con planes de adaptación al cambio climático, e igualmente, el país se comprometió a reducir 20% de sus emisiones con base en un escenario proyectado a 2030 e, inclusive, a disminuir el 30% si cuenta con cooperación internacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Las metas establecidas en este acuerdo pueden resumirse así:

1. Limitar el aumento de la temperatura media por debajo de los 2°C por encima de los niveles pre-industriales y proseguir los esfuerzos para limitarlo a 1.5°C.
2. Mejorar la capacidad de adaptación global, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático.
3. Aumentar el flujo de recursos financieros para apoyar la transformación hacia sociedades resilientes y economías bajas en carbono (PNUMA, Unión Europea, SF).

**3.2.2.7. Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU de 2015-Agenda 2030.** Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad (ONU, 2015).

Los mismos son el resultado de un proceso de negociación que involucró a los 193 Estados Miembros de la ONU y también la participación de la sociedad civil y otras partes interesadas, logrando poner la igualdad y dignidad de las personas en el centro del interés mundial y llamando a cambiar nuestro estilo de desarrollo, respetando el medio ambiente.

Dentro de éstos y para efectos de lo que se analiza en la presente tesis, se pueden resaltar los siguientes:

1. **Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.** Como parte de este objetivo se establecieron, entre otras, las siguientes metas:  
“De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos (...)”.  
“De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce (...)”.
2. **Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.** Algunas de las metas de este objetivo son las siguientes:  
“De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos”.

“De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas”.

“De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética”.

“De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias”.

3. Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Dentro de sus metas están:

“De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales”.

“De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente”.

4. Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Parte de las metas de este objetivo son:

“Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales”.

“Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los

pequeños Estados insulares en desarrollo, haciendo particular hincapié en las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginadas”.

5. Objetivo 15: Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica. Algunas de sus metas son las siguientes:

“De aquí a 2020, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales”.

“Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y, de aquí a 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción”.

**3.2.2.8. Acuerdo de Escazú.** El Acuerdo Regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y El Caribe, adoptado en Escazú (Costa Rica) el 4 de marzo de 2018, originado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20) y fundamentado en el Principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 es un instrumento jurídico muy importante en materia de protección ambiental.

Su objetivo es garantizar el derecho de todas las personas a tener acceso a la información de manera oportuna y adecuada, a participar de manera significativa en las decisiones ambientales que afectan sus vidas y su entorno y a acceder a la justicia cuando estos derechos hayan sido vulnerados. (CEPAL, 2018, p. 8).



Tras participar en las negociaciones de este Acuerdo desde el 2015, nuestro país decidió unirse a los países firmantes en el año 2019. Sin embargo, al día de hoy este instrumento no ha sido ratificado por el Congreso Nacional. En todo caso, es importante traer a consideración sus aspectos más relevantes:

1. Dentro de los principios que guían la implementación de este Acuerdo están el de precaución, el de prevención y el principio *pro persona* o *principio pro homine*<sup>13</sup>.

2. Se reitera el deber del Estado de garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano.

3. Consagra el derecho de participación pública en la toma de decisiones ambientales y, para ello, determina como deber de los Estados el de implementar una participación abierta e inclusiva en los procesos de toma de decisiones, sobre la base de los marcos normativos interno e internacional, resaltando que las observaciones del público deben ser debidamente consideradas para contribuir en tales procesos.

4. Adicionalmente establece el deber de garantía de entornos seguros y propicios para que las personas, grupos y organizaciones que promueven y defienden los derechos humanos en asuntos ambientales puedan actuar sin amenazas, restricciones e inseguridad.

### 3.3 Marco legal regulatorio del fracking en Colombia y su estado de aplicabilidad actual

---

<sup>13</sup> Entendido por la Corte Constitucional como la obligación de preferir, cuando existan dos interpretaciones posibles de una disposición, la que más favorezca la dignidad humana (Sentencia C-438/13). Por su parte, el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos estipula que las interpretaciones se deben hacer en favor de los derechos y libertades del individuo, fundamento del principio Pro homine.

### **3.3.1 Regulación del Fracking en el País**

La iniciativa de utilizar la técnica de fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales en Colombia tiene su génesis en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”, que en su acápite relativo al *Aprovechamiento de los recursos hidrocarburíferos*, establece la necesidad de identificar y materializar el potencial del país en yacimientos no convencionales y determina que el Gobierno nacional elaborará la reglamentación técnica necesaria para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales de hidrocarburos. (Bases del Plan Nacional de Desarrollo, 2011).

Otro antecedente del marco regulatorio del fracking es la Resolución 181495 de 2009 (septiembre 2), “Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos”, expedida por el Ministerio de Minas y Energía, que en el párrafo de su artículo 1° establece que “El Ministerio de Minas y Energía regulará las actividades relativas a la exploración y explotación de los yacimientos no convencionales”.

Es así, que el 16 de mayo de 2012 se expidió la *Resolución n° 180742* por parte del Ministerio de Minas y Energía, mediante la cual se establecieron los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, norma en la cual no se hará detalle, puesto que se encuentra derogada –como se explica más adelante- excepto en sus artículos 18 y 19 relativos a los Acuerdos Operacionales cuando hayan superposiciones parciales o totales de yacimientos de hidrocarburos convencionales o mineros y YNC, y la intervención del Ministerio cuando no se logren acuerdos para la coexistencia de estas operaciones.

Esta Resolución suscitó que en septiembre del año 2012, la Contraloría General de la República enviara una Función de Advertencia al Ministerio de Ambiente, a la Autoridad

Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, al Ministerio de Minas y Energía y a la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH, relativa a los riesgos ambientales de la técnica extractiva de fracturamiento hidráulico. En la advertencia formulada el Ente de control solicitaba a dichas entidades que tomaran las medidas necesarias para cerciorarse de que la exploración y explotación hidrocarburífera se hiciera sosteniblemente y pedía tomar en cuenta el Principio de Precaución ante el riesgo latente de esta técnica para el patrimonio ambiental del país (Contraloría General de la República, 2012).

De forma paralela, se empezaron a escuchar desde la sociedad civil (principalmente comunidades cercanas a las áreas con potencial de extracción y grupos de interés) las preocupaciones y las voces de rechazo ante la posible entrada del fracking en el país.

A raíz de la advertencia realizada por la Contraloría General de la República, la ANH y el Ministerio de Minas y Energía adelantaron el denominado *Programa de Gestión del Conocimiento*, que tenía como objeto estudiar y aprender sobre las mejores prácticas en yacimientos no convencionales a través de estudios técnicos, talleres y reuniones con expertos internacionales y exreguladores de EE.UU y Canadá (ACP, 2014).

Como resultado de dicho programa se expidió el *Decreto Nacional 3004 de 2013* “por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales”, que definió los YNC y ordenó la expedición de normas técnicas y de procedimientos en materia de integridad de pozos, fluidos de retorno y otros aspectos técnicos.

En virtud de este Decreto fue expedida por parte del Ministerio de Minas y Energía la *Resolución n° 90341 de 2014* “Por la cual se establecen requerimientos técnicos y

procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales”, que derogó la Resolución n° 180742 de 2012<sup>14</sup>.

Adicionalmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible emitió la *Resolución 421 de 2014* “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones”.

En cuanto a la Resolución n° 90341 de 2014 del Ministerio de Minas y Energía vale resaltar que se prevén medidas para evitar riesgos por la contaminación de los acuíferos, el aire, la sismicidad y los desechos radiactivos. Así, por una parte, en el artículo 12 se incluye la exigencia de pruebas de presión de los revestimientos del pozo expuestos a la estimulación hidráulica y qué hacer ante fugas de presión y se establece además la distancia entre la estimulación hidráulica y los acuíferos aprovechables para el consumo humano (cinco veces el radio de estimulación hidráulica y no menor a dos en el caso específico de yacimientos de gas metano asociado a mantos de carbón) y pozos de agua construidos con fines de consumo, irrigación, uso agropecuario u otras actividades de subsistencia (200 metros de distancia en superficie).

Así mismo, en el artículo 13 de dicha Resolución se atribuye al operador la obligación de realizar monitoreo de (i) la presión anular, (ii) el material radiactivo de origen natural (NORM) de los lodos de perforación, de la tubería, del fluido de retorno, de los sólidos del fluido de retorno y del agua de producción, y (iii) la sismicidad, frente a la cual se señala que si el Servicio Geológico Colombiano no cuenta con una red suficientemente adecuada para detectar sismicidad cerca de los pozos de exploración y/o producción, el operador será el encargado de monitorear la

---

<sup>14</sup> Excepto los artículos 18 y 19 relativos a los Acuerdos Operacionales e intervención del Ministerio de Minas y Energía.

sismicidad de conformidad con las especificaciones definidas por el Servicio Geológico Colombiano.

En lo que refiere a la sismicidad también se prevé en el artículo 14 la suspensión de actividades de estimulación hidráulica para el operador cuando se presente un evento sísmico de magnitud mayor o igual a cuatro en la escala de Richter, cuyo epicentro “esté ubicado dentro del área cuyo radio en torno al pozo donde se realizan operaciones sea de dos (2) veces la profundidad del pozo y a una profundidad hipocentral menor de dieciséis (16) km de acuerdo con información oficial del Servicio Geológico Colombiano”.

En todo caso, respecto a tales normas y al Programa de Gestión del Conocimiento que les sirvió de fundamento, se refirió en el año 2014 la Contraloría General de la República en el Informe de Actuación Especial n° 31- Seguimiento Función de advertencia, donde señaló que:

“dichos actos administrativos presentan deficiencias y abordan la generación de línea base en aspectos como hidrogeología y sismotectónica de forma muy general y a escalas que no son las adecuadas por ser escalas regionales con información no generada ni levantada para el tema del fracking, situación que implica riesgos técnicos y ambientales a la hora de realizar un control riguroso a los riesgos y efectos potenciales derivados de la actividad de exploración y explotación de hidrocarburos de yacimientos no convencionales mediante la utilización del fracking”. (p. 73).

Y adicionalmente se indicó que “el programa de gestión del conocimiento presenta insuficiencias en la generación del conocimiento local y específico para la fase de explotación (...)”. (p. 73).

En esa misma línea, el Centro de Estudios de Derecho, Justicia y Sociedad- Dejusticia – en su solicitud de declaración de moratoria de esta técnica (2014), presentada ante el Ministerio de Minas y otras autoridades expone lo siguiente:

4) El reglamento técnico del Ministerio de Minas no contiene una buena planeación de cuencas hidrográficas para soportar los niveles de demanda de agua requeridos para desarrollar la actividad. Aunque esto no es competencia del Ministerio, es importante que se considere esta planeación en el desarrollo de la actividad, lo cual es particularmente apremiante dado que las zonas presentadas por la ANH para explotación no convencional se encuentran principalmente en la parte media y alta del valle del Magdalena, que son regiones identificadas como vulnerables frente al cambio climático, y particularmente vulnerables a periodos de sequía, relacionados al Fenómeno del Niño.

5) Existen serias dudas sobre el proceso de participación que se surtió frente a este tema tan importante para el país, lo cual podría traducirse en mayores conflictos socioambientales. Aunque, para el desarrollo de la reglamentación mencionada, el Viceministro menciona talleres para funcionarios con la participación de expertos internacionales, exreguladores y académicos, no es claro que este espacio haya contado con la participación de actores diferentes a partes interesadas en el desarrollo de la tecnología o con académicos que han expresado sus reparos en centros de investigación reconocidos, en países como estados Unidos y Francia, por citar algunos. (...)

(9) Ni el borrador de los Términos de Referencia ni la Resolución No. 90341 incluyen medidas especiales para monitorear y reducir las emisiones de metano y de compuestos orgánicos volátiles que resultan del proceso de fracturamiento hidráulico, más allá de las requeridas por los términos de referencia de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), a

pesar de que el fracturamiento hidráulico emite mucho más metano y gases que la minería tradicional.

(10) Los convenios establecidos entre Colciencias y el Servicio Geológico Colombiano para la “gestión de conocimiento” solo tendrán resultados iniciales en más de dos (2) años, con lo cual se ratifica que no se cuenta con información con base científica sobre el contexto geológico en que se pretende realizar este modo de extracción de hidrocarburos.

(11) Hay serias dudas sobre si el Ministerio Ambiente, la ANLA y las Corporaciones Autónomas Regionales tienen capacidad técnica para evaluar los estudios de impacto ambiental y hacer monitoreo de las operaciones de exploración y explotación (...).

Ahora, en 2016 se interpuso medio de control de nulidad simple<sup>15</sup>, con el fin de obtener la anulación tanto del Decreto 3004 de 2013 como de la Resolución 90341 de 2014, acción dentro de la cual el Consejo de Estado decidió suspender provisionalmente tales normas, mediante Auto del 8 de noviembre de 2018, en el cual se señaló que:

“de una simple confrontación de normas superiores que consagran el principio de precaución y los actos administrativos demandados, se tiene que estos, en principio, no cumplen con el enfoque precautorio y la obligación general de debida diligencia que impone tomar todas las medidas apropiadas para prevenir los daños potenciales o riesgos que puedan resultar de las actividades asociadas al fracking”. (Consejo de Estado, 2018)

Sobre esta acción vale añadir que la ponencia presentada por el Consejero Ramiro Pazos Guerrero que buscaba anular dichas normas fue derrotada en Sala Plena de Sección Tercera del Consejo de Estado, en sesión del 27 de mayo de 2021, con lo cual el expediente pasó al descacho

---

<sup>15</sup> Radicación: 11001032600020160014000 (57.819). Medio de control: Nulidad simple. Actor: Esteban Antonio Lagos González. Demandado: Nación-Ministerio de Minas y Energía.

del Consejero Jaime Enrique Rodríguez Navas, quien debe proceder a elaborar un nuevo proyecto de sentencia, que no ha sido sometido a votación a la fecha del presente documento.

Por otro lado, como se mencionó antes, el Gobierno Nacional convocó en 2018 una Comisión Interdisciplinaria de Especialistas, que presentó en abril de 2019 el “Informe sobre efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal”, en el que recomendó la realización de Proyectos Piloto de Investigación Integral –PPII- antes de tomar alguna decisión respecto a la aplicación de la técnica de fracturamiento hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal en la exploración y explotación de YNC (Comisión Interdisciplinaria de Especialistas, 2019).

Con fundamento en lo anterior, se expidió el *Decreto Nacional 328 de 2020* (febrero 28) "Por el cual se fijan lineamientos para adelantar Proyectos Piloto de Investigación Integral -PPII sobre Yacimientos No Convencionales - YNC de hidrocarburos con la utilización de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH, y se dictan otras disposiciones", en el cual se fijaron los parámetros para poner en marcha los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII, con miras a obtener la información suficiente para evaluar el desarrollo de los proyectos, definiendo si existen las condiciones científicas, ambientales, institucionales, sociales y técnicas para avanzar a la etapa de exploración y explotación comercial sobre YNC de hidrocarburos con la utilización de la técnica de fracturamiento hidráulico.

Aquí vale señalar que contra el Auto del 8 de noviembre de 2018, que profirió el Consejo de estado en el marco del medio de control de nulidad simple del Decreto 3004 de 2013 y la Resolución 90341 de 2014, se interpuso recurso de súplica, el cual fue resuelto por la Sala Plena



de la Sección Tercera el 17 de septiembre de 2019, donde se confirmó la medida cautelar decretada, pero consideró en su parte final que la suspensión provisional decretada no impedía la realización de los Proyectos Piloto Integrales de Investigación (PPII), recomendados en el Informe de la Comisión Interdisciplinaria de Expertos. En ese sentido, si bien se mantuvo la línea de la suspensión con base en el principio de precaución, se consideró que ello no obsta para que se desarrollen los referidos planes piloto. (Consejo de Estado, 2019).

Ahora bien, respecto al Decreto Nacional 328 de 2020 cursa igualmente una acción de nulidad<sup>16</sup>, en la cual los actores esgrimen dos argumentos centrales: “i) la violación del principio de precaución en materia ambiental, y ii) la no realización de la consulta previa como instancia preliminar y obligatoria para la expedición del acto acusado, en atención a la afectación que este genera sobre comunidades tribales e indígenas”. Esta acción estuvo acompañada de solicitud de medida cautelar de suspensión provisional, la cual fue negada por el Consejo de Estado mediante Auto del 4 de septiembre de 2020.

Otras acciones en torno a la prohibición del fracking en el país son las que pasan a referenciarse: la Alianza Colombia Libre de fracking, conjuntamente con más de 30 senadoras, senadores y representantes a la Cámara de nueve partidos políticos radicaron en el Congreso en agosto de 2018 el Proyecto de Ley 071 de 2018, *«por medio del cual se prohíbe la exploración y explotación de Yacimientos No Convencionales»* en todo el territorio nacional. Este proyecto fue acumulado con otros dos proyectos relacionados con la prohibición y moratoria del fracking (58/2018 y 115/2018), pero fueron archivados por tránsito de legislatura el 20 de junio de 2019 (Congreso Visible, 2021).

---

<sup>16</sup> Radicación 11001-03-26-000-2020-00042-00 (65992). Medio de control: Nulidad simple. Actor: Cesar Augusto Pachón Achury y otros. Demandado: Presidencia de la República y otros.

Igualmente cursó en el Congreso el Proyecto de Ley 126 de 2020 “Por medio de la cual se prohíbe en el territorio nacional la utilización de la Técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal – FH-PH (Fracking), para la exploración y explotación de recursos naturales no renovables de hidrocarburos en roca generadora de yacimientos no convencionales y se dictan otras disposiciones”, acumulado con el Proyecto de Ley 336 de 2020, que también buscaba la prohibición de la técnica en el país, los cuales fueron finalmente archivados por tránsito de legislatura el 20 de junio de 2021 (Congreso Visible, 2021).

Actualmente están radicados dos proyectos de Ley que buscan la prohibición de la técnica: Proyecto de Ley 30 de 2021 “Por medio de la cual se prohíbe en el territorio continental y costa fuera de la República de Colombia la aplicación combinada de las Técnicas No Convencionales de Fracturamiento Hidráulico Multietapa y Perforación Horizontal, desde Plataformas Multipozo, en los Yacimientos No Convencionales de Hidrocarburos conocidos como Roca Generadora, y se dictan otras disposiciones”, radicado el 20 de julio del año en curso y proyecto de Ley 108 de 2021 “Por medio de la cual se prohíbe en el territorio nacional la utilización de la Técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal – FH-PH (Fracking), para la exploración y explotación de recursos naturales no renovables de hidrocarburos en roca generadora de yacimientos no convencionales y se dictan otras disposiciones”, radicado el pasado 21 de julio.

### ***3.3.2 Contratos y licencias para YNC en Colombia***

De manera simultánea al avance del marco jurídico para la aplicación del fracking, se han venido clasificando y ofertando áreas disponibles para la exploración y explotación de YNC en

el territorio colombiano. Así, por medio de Oficio 20213020582901 del 4 de mayo de 2021<sup>17</sup>, la ANH informa que de acuerdo con la información registrada en el Sistema de Seguimiento a Contratos de Hidrocarburos -SSCH- con fecha de corte al 14 de abril de 2021, los contratos suscritos para operación en Yacimientos No Convencionales son los siguientes:

**Tabla 4.** *Contratos suscritos para operación en YNC*

| No | Nombre Contrato   | Tipo | Operador             | Municipio / Departamento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-------------------|------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | ADICIONAL LA LOMA | E&P  | DRUMMOND ENERGY, INC | AGUSTÍN CODAZZI (CESAR), BECERRIL (CESAR), CHIRIGUANÁ (CESAR), EL PASO (CESAR), LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR), LA PAZ (CESAR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2  | CAT 3             | E&P  | ECOPETROL S.A.       | HERRÁN (NORTE DE SANTANDER), PAMPLONITA (NORTE DE SANTANDER), RAGONVALIA (NORTE DE SANTANDER), CHINÁCOTA (NORTE DE SANTANDER), BOCHALEMA (NORTE DE SANTANDER), DURANIA (NORTE DE SANTANDER), LOS PATIOS (NORTE DE SANTANDER), VILLA DEL ROSARIO (NORTE DE SANTANDER), SALAZAR (NORTE DE SANTANDER), SAN CAYETANO (NORTE DE SANTANDER), SANTIAGO (NORTE DE SANTANDER), GRAMALOTE (NORTE DE SANTANDER), EL ZULIA (NORTE DE SANTANDER), CÚCUTA (NORTE DE SANTANDER), SARDINATA (NORTE DE SANTANDER) |
| 3  | COR 62            | E&P  | ECOPETROL S.A.       | PRADO (TOLIMA), DOLORES (TOLIMA), VILLARRICA (TOLIMA), PURIFICACIÓN (TOLIMA), CUNDAY (TOLIMA), CARMEN DE APICALÁ (TOLIMA), ICONONZO (TOLIMA), MELGAR (TOLIMA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4  | CR 2              | E&P  | DRUMMOND ENERGY, INC | BARRANCAS (LA GUAJIRA), DISTRACCIÓN (LA GUAJIRA), EL MOLINO (LA GUAJIRA), FONSECA (LA GUAJIRA), LA JAGUA DEL PILAR (LA GUAJIRA), SAN JUAN DEL CESAR (LA GUAJIRA), URUMITA (LA GUAJIRA), VALLEDUPAR (CESAR), VILLANUEVA (LAGUAJIRA)                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5  | CR 3              | E&P  | DRUMMOND ENERGY, INC | AGUSTÍN CODAZZI (CESAR), BOSCONIA (CESAR), LA JAGUA DEL PILAR (LA GUAJIRA), LA PAZ (CESAR), MANAURE (CESAR), SAN DIEGO (CESAR), URUMITA (LA GUAJIRA), VALLEDUPAR (CESAR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

<sup>17</sup> En respuesta a Derecho de petición presentado con radicado 20216410109512

| No | Nombre Contrato | Tipo | Operador                              | Municipio / Departamento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-----------------|------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | CR 4            | E&P  | DRUMMOND ENERGY, INC                  | AGUSTÍN CODAZZI (CESAR), BECERRIL (CESAR), BOSCONIA (CESAR), EL PASO (CESAR), LA JAGUADE IBIRICO (CESAR), LA PAZ (CESAR), SAN DIEGO (CESAR), VALLEDUPAR (CESAR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7  | KALE            | CEPI | ECOPETROL S.A.                        | PUERTO WILCHES (SANTANDER)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | LA LOMA         | E&E  | DRUMMOND ENERGY, INC                  | CHIRIGUANÁ (CESAR), LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR), EL PASO (CESAR), BECERRIL (CESAR), AGUSTÍN CODAZZI (CESAR), LA PAZ (CESAR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | VMM 16          | E&P  | ECOPETROL S.A.                        | LÉRIDA (TOLIMA), ARMERO (TOLIMA), FALAN (TOLIMA), SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA (TOLIMA), HONDA (TOLIMA), VICTORIA (CALDAS), NORCASIA (CALDAS), LA DORADA (CALDAS), PUERTO SALGAR (CUNDINAMARCA), PUERTO BOYACÁ (BOYACA), SONSON (ANTIOQUIA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10 | VMM 2 ADICIONAL | E&P  | CONOCOPHILLIP SCOLOMBIA VENTURES LTD. | AGUACHICA (CESAR), GAMARRA (CESAR), RÍO DE ORO (CESAR), SAN MARTÍN (CESAR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11 | VMM 29          | E&P  | ECOPETROL S.A.                        | ICONONZO (TOLIMA), MELGAR (TOLIMA), ARBELÁEZ (CUNDINAMARCA), NILO (CUNDINAMARCA), TIBACUY (CUNDINAMARCA), AGUA DE DIOS (CUNDINAMARCA), FUSAGASUGÁ (CUNDINAMARCA), COELLO (TOLIMA), VIOTÁ (CUNDINAMARCA), GUATAQUÍ (CUNDINAMARCA), TOCAIMA (CUNDINAMARCA), APULO (CUNDINAMARCA), PIEDRAS (TOLIMA), ANAPOIMA (CUNDINAMARCA), JERUSALÉN (CUNDINAMARCA), ALVARADO (TOLIMA), LA MESA (CUNDINAMARCA), PULÍ (CUNDINAMARCA), CACHIPAY (CUNDINAMARCA), QUIPILE (CUNDINAMARCA), VENADILLO (TOLIMA), BELTRÁN (CUNDINAMARCA), ANOLAIMA (CUNDINAMARCA), AMBALEMA (TOLIMA), LÉRIDA (TOLIMA), SAN JUAN DE RÍO SECO (CUNDINAMARCA), ARMERO (TOLIMA) |
| 12 | VMM 3 ADICIONAL | E&P  | CONOCOPHILLIP SCOLOMBIA VENTURES LTD. | AGUACHICA (CESAR), PUERTO WILCHES (SANTANDER), SAN ALBERTO (CESAR), SAN MARTÍN (CESAR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | VMM 5           | E&P  | ECOPETROL S.A.                        | CIMITARRA (SANTANDER), PUERTO PARRA (SANTANDER), BARRANCABERMEJA (SANTANDER), PUERTO BERRÍO (ANTIOQUIA), YONDÓ (ANTIOQUIA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| No | Nombre Contrato | Tipo | Operador                           | Municipio / Departamento |
|----|-----------------|------|------------------------------------|--------------------------|
| 14 | VMM 9(YNC)      | E&P  | PAREX<br>RESOURCES<br>COLOMBIA LTD | CIMITARRA (SANTANDER)    |

Adaptado de Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH. (2021).

Añade la entidad que teniendo en cuenta que por orden del Consejo de Estado se encuentran provisionalmente suspendidas las normas de carácter técnico que permiten la Exploración y Explotación de Hidrocarburos en Yacimientos No Convencionales, la ANH no tiene proyectadas más áreas para adjudicar contratos de Exploración y Producción de Yacimientos de Hidrocarburos en Trampas o Yacimiento No Convencional.

Por su parte, en cuanto a licencias ambientales para proyectos de hidrocarburos en YNC, la ANLA mediante Oficio 2021084412-2-001 del 25 de mayo de 2021<sup>18</sup> informa que actualmente no existen trámites de licenciamiento ambiental en curso, debido a que la normatividad que rige dicha actividad se encuentra suspendida provisionalmente por el Consejo de Estado –como ya se reseñó previamente-.

Sin embargo aclara la Entidad que existen dos proyectos para yacimientos no convencionales, a saber: i) “Área De Perforación Exploratoria Guane-A” del Convenio de Explotación Magdalena Medio, localizado en los municipios de Puerto Wilches y Barrancabermeja en el Departamento de Santander, de la empresa ECOPETROL S.A.; y ii) el Área de Perforación Exploratoria VMM-37, localizado en el municipio de Puerto Wilches, del departamento de Santander, de la empresa EXXONMOBIL EXPLORATION COLOMBIA LIMITED, los cuales se encuentran suspendidos con ocasión de la suspensión de las normas ya referidas.

<sup>18</sup> En respuesta a Derecho de petición presentado con el radicado 2021084412-1-000

En cuanto a los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII sobre YNC de hidrocarburos con la utilización de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal – FH-PH, la ANLA indica que se encuentran reglamentados por el Gobierno Nacional a través del Decreto Nacional 328 de 2020 y la Resolución 40185 del 2020 del Ministerio de Minas y Energía.

En el Decreto 328 se señala que para los Proyectos Piloto de Investigación Integral -PPII se deberá tramitar la expedición de la Licencia Ambiental correspondiente, sujeta a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA respectivo, expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, a través de la Resolución 821 de 2020, como instrumento esencial para la elaboración y presentación de estudios de impacto ambiental EIA de los mencionados PPII y posterior presentación de las solicitudes de Licencia Ambiental requerida para la ejecución de ese tipo de proyectos.

### **3.4 Situación del Fracking en Otros Países**

Los potenciales daños que conlleva la implementación del fracking en YNC han llevado a países como Francia, Australia, Irlanda o Bulgaria y a varios estados y ciudades de Canadá y Estados Unidos a prohibir esta actividad o a aplicar moratorias (indefinidas o por un número de años), hasta que la información científica y técnica permita concluir que los perjuicios ambientales derivados de la misma, pueden ser controlados y considerablemente mitigados. En la mayoría de los casos, estas decisiones han estado fundamentadas en el principio de precaución o en los elementos constitutivos de este principio, como por ejemplo la falta de un conocimiento integral de los múltiples y graves riesgos que puede generar la actividad en la salud humana y el ambiente, tal como se verá a continuación, donde nos referiremos a algunos de estos casos.

También haremos referencia a los casos de Estados Unidos y Argentina, donde en la mayoría de estados o regiones se ha dado total apertura a la técnica del fracking.

### **3.4.1 Francia**

Tras una serie de movilizaciones y protestas ciudadanas que tomaron lugar entre los años 2010 y 2011, fue promulgada el 13 de julio de 2011 la Ley 2011-835, que en su artículo 1º señala textualmente: “En aplicación de la Carta Ambiental de 2004 y el principio de acción preventiva y correctiva previsto en el artículo L. 110-1 del Código de Medio Ambiente, la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos líquidos o gaseosos, mediante la perforación seguida de la fracturación hidráulica de la roca, están prohibidas en el territorio nacional”. (Asamblea Nacional de Francia, 2011).

Como se lee de esta norma, la misma prohíbe la explotación mediante fracking de todos los tipos de hidrocarburos, convencionales y no convencionales (aunque no mediante otras técnicas), y se fundamenta en el principio de acción preventiva y correctiva contemplado en el Código del Medio Ambiente, así como en la Carta del Medio Ambiente de 2004 que consagra dentro de su articulado el principio de precaución.

Vale añadir que esta Ley fue revisada y reiterada por el Consejo o Corte Constitucional francesa mediante la Sentencia 346 de 2013, con ocasión de la demanda de nulidad presentada por la compañía hidrocarburífera estadounidense Schuepbach Energy, a la cual le fueron revocados sus permisos para la fracturación hidráulica en aplicación de esta Ley. En dicha Sentencia la Corte halló la referida Ley conforme a la Constitución Nacional y señaló que “al prevenir el uso de la perforación seguida de la fracturación hidráulica de la roca para toda exploración y explotación de hidrocarburos, las cuales están sujetas a un régimen administrativo

de concesión de licencias, la ley persigue un objetivo de interés general y protección ambiental”; y, por tanto, “la restricción impuesta sobre la exploración y la explotación de hidrocarburos [...] no es desproporcional en relación al objetivo perseguido”. (Corte Constitucional francesa, 2013).

### **3.4.2 España**

El 21 de mayo de 2021 fue publicada en el Boletín Oficial del Estado la Ley 7/2021 denominada *Ley de cambio climático y transición energética*, cuyo objetivo es:

asegurar el cumplimiento, por parte de España, de los objetivos del Acuerdo de París, [...] facilitar la descarbonización de la economía española, su transición a un modelo circular, de modo que se garantice el uso racional y solidario de los recursos; y promover la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible [...]. (Jefatura del Estado, 2021).

Tal como se prevé en el artículo 2º de esta Ley, las actuaciones derivadas de la misma y de su desarrollo se regirán por principios tales como el de desarrollo sostenible y el de precaución.

Dentro de sus compromisos está reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la economía española en al menos un 23% para 2030 respecto de 1990, y concretamente respecto al fracking se señala que “a partir de la entrada en vigor de esta ley, no se otorgarán nuevas autorizaciones para realizar en el territorio nacional, incluido el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental, cualquier actividad para la explotación de hidrocarburos en la que esté prevista la utilización de la fracturación hidráulica de alto volumen”.



De lo anterior se sustrae que, al igual que en el caso francés, en España se prohibió el uso de la técnica para la explotación de todos los tipos de hidrocarburos, no solo los que están en YNC.

### **3.4.3 Bulgaria**

El 18 de enero de 2012, Bulgaria se convirtió en el segundo país europeo en prohibir el fracking, también seguido de un clima de grandes protestas ambientalistas (BBC News, 2012).

El texto de la decisión señala lo siguiente:

La Asamblea Nacional por motivos del art. 86, párr. 1 de la Constitución de la República de Bulgaria y el art. 78 del Reglamento de la Asamblea Nacional y partiendo del principio de precaución en materia de protección de la salud humana y el medio ambiente, ha decidido lo siguiente: 1. Prohibir la aplicación de la tecnología de fracturación hidráulica, choque hidráulico, fisuración hidráulica, hidrofracking, fracking y / o cualquier otro nombre que describa la introducción de una mezcla de agua u otras sustancias líquidas o gelatinosas con compuestos, elementos o componentes químicos, apuntalantes, fluidos, así como cargas mecánicas y/u orgánicas, bajo presión, a más de 20 atmósferas subterráneas, durante la exploración y / o extracción, con fines de extracción de petróleo o gas natural en el territorio de la República de Bulgaria. (Asamblea Nacional de la República de Bulgaria, 2012).

#### **3.4.4 Uruguay**

Mediante la Ley 19.585 de 2017, el Poder Legislativo de Uruguay decidió prohibir “por un período de 4 (cuatro) años, [...] el uso del procedimiento de fractura hidráulica (fracking) para la explotación de hidrocarburos no convencionales”.

Adicionalmente se creó la Comisión Nacional de Evaluación Científica y Técnica (CNECT), para efectos de que durante el período de la prohibición reuniera y analizara el conocimiento existente sobre las posibles reservas de hidrocarburos no convencionales en el territorio nacional, sobre el procedimiento de fractura hidráulica (fracking) y perforación horizontal; así como evaluara las posibilidades y consecuencias de la utilización de dicho procedimiento en los términos del artículo 47 de la Constitución de la República, que consagra la protección del medio ambiente como asunto de interés general.

En ese sentido más que una prohibición, lo que se declaró en este país fue una moratoria por el término de 4 años entre tanto se revisa la evidencia científica sobre los riesgos que implica esta práctica.

Vale añadir que de acuerdo con el Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay (2021), en el país no se han descubierto reservorios no convencionales en los que se pueda aplicar la técnica de fracking, pero a finales del 2021 la CNECT presentará un informe técnico y científico que contendrá un análisis y estudio de la técnica de fracking y su posible implementación en Uruguay, con base en el cual el Poder Ejecutivo decidirá si se continúa con la prohibición de la aplicación de la técnica o si se habilita bajo ciertas condiciones a partir de 2022.

### 3.4.5 Estados Unidos

Como se reseñó en el capítulo anterior, Estados Unidos es el país pionero en la exploración y producción de hidrocarburos en YNC -aplicando el fracturamiento hidráulico con perforación horizontal-, y concretamente de *shale gas*, la cual se proyecta como su principal fuente de gas en las siguientes décadas. (Nieves y Zapata, en Montoya, M. 2015, p. 121).

En cuanto a la regulación aplicable a esta actividad en el país del norte, es un asunto complejo debido a que todos los niveles del gobierno (federal, estatal y local) lo regulan, aunque la mayor parte de la regulación ocurre a nivel estatal. (AIDA, 2019, p. 18). Pero para poner un ejemplo, dentro de la regulación federal se encuentra la Ley de Política Energética (Energy Policy Act) de 2005, que en sus secciones 369 y 999 se concentra en los hidrocarburos no convencionales a los cuales se les declara “fuentes domésticas estratégicas que deben ser desarrolladas para reducir la creciente dependencia de las importaciones del crudo extranjero provenientes de fuentes política y económicamente inestables”. (Nieves y Zapata, 2015, p. 134)

Por otro parte y a nivel estatal, el Estado de Nueva York, situado sobre la formación *Marcellus* (una de las reservas de gas metano en esquisto más grandes de Estados Unidos), prohibió el fracking en 2014 (tras haber declarado su moratoria en 2010, mediante la Orden Ejecutiva 41 que ordenaba elaborar un estudio sobre los impactos de la fracturación hidráulica en la salud humana). (AIDA, 2019, p. 20). La Gobernación tomó esta medida con fundamento en los análisis sistemáticos de información científica sobre los impactos del fracking hechos por el Departamento de Salud Pública y el Departamento de Conservación Ambiental del Estado de Nueva York (Kaplan, 2014).

### 3.4.6 Argentina

En los años 2010 y 2011 se hicieron los primeros anuncios sobre el potencial argentino en hidrocarburos de yacimientos no convencionales. Por un lado, finalizando el 2010 la empresa de energía YPF informó sobre el descubrimiento de 4,5 millones de metros cúbicos diarios-MMm<sup>3</sup>- de gas de esquisto (shale) en la formación Vaca Muerta, en la Cuenca Neuquina y, unos meses después la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA) afirmó que Argentina tenía un potencial en shale gas de 21,9 billones m<sup>3</sup>. (Bertinat, et al, 2014, p.51).

Así, la Ley 26.741 o *Ley de Soberanía Hidrocarburífera de la República Argentina*, sancionada el 3 de mayo de 2012, planteó dentro de sus objetivos principales, la explotación masiva de YNC, a través de alianzas estratégicas entre capital público y privado, nacional e internacional. (Congreso Argentino, 2014).

Para el año 2013 las estadísticas de la EIA, posicionaron a Argentina como el cuarto país con mayores reservas técnicamente recuperables de *shale oil* y como el segundo con mayores reservas técnicamente recuperables de *shale gas*.

Ahora bien, en el año 2017 la Legislatura de la Provincia de Entre Ríos promulgó la Ley 10477 de 2017 por la cual prohibió en todo el territorio de dicha provincia, “la prospección, exploración y explotación de hidrocarburos líquidos y gaseosos por métodos no convencionales, incluyendo la técnica de fractura hidráulica (Fracking)” (artículo 1°).

Esta Ley se fundamentó en el artículo 41 de la Constitución Nacional de Argentina, que consagra el derecho a un ambiente sano y en el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní celebrado entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. (Ordúz, et al, 2018, p.31).

### **3.5. Consideraciones jurídicas sobre la implementación del fracking en Colombia**

Del compendio normativo someramente referenciado en el numeral 3.2 anterior, es claro que Colombia ha tenido avances muy valiosos en materia de legislación sobre protección del ambiente y de los recursos naturales y que en el ordenamiento jurídico del país dicha protección ha cobrado gran importancia tanto por la salvaguardia de la naturaleza misma, como por el reconocimiento de la relación inescindible que existe entre un entorno ambiental adecuado y la garantía y defensa del derecho a la vida y la calidad de esta. En otras palabras, al propender por la protección de la naturaleza lo que se busca consecuentemente es la garantía y cuidado de la subsistencia del ser humano y sus condiciones de vida.

En ese sentido, desde el punto de vista normativo está consignada con claridad una atribución en cabeza de cada persona para gozar de un ambiente sano, una obligación Estatal y de todos los colombianos de proteger la diversidad e integridad del ambiente y una facultad en cabeza del Estado tendiente a prevenir y controlar los factores de deterioro del mismo y garantizar su desarrollo sostenible, su conservación y restauración (Código de Recursos Naturales, 1974).

En línea con lo anterior, el Estado debe asumir el compromiso de hacer respetar y garantizar el disfrute de un conjunto de derechos de tipo colectivo, en especial, a disfrutar de un medio ambiente sano, lo cual comporta asegurar una explotación sostenible y racional de los recursos naturales, que no sacrifique el bienestar del presente ni del futuro.

Ahora bien, en el capítulo anterior se reseñaron múltiples estudios que documentan los potenciales daños provenientes del fracking sobre el ambiente y la salud humana- aunque en algunos casos no sean del todo concluyentes-, que han llevado a numerosos países a prohibir la

técnica o a aplicarle moratorias por un lapso de tiempo, tal como se describió en líneas anteriores.

Es así que al hablar de la adopción de esta técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en el país resulta conducente hacer las siguientes consideraciones frente a la normativa interna e internacional en materia ambiental a la cual están sometidos los ciudadanos y el Estado colombiano:

1. A la luz de la Ley 23 de 1973 el *fracking* es una actividad potencialmente contaminante por su capacidad “de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de particulares”, lo cual podría conllevar la responsabilidad civil del Estado y de los particulares que lo apliquen ocasionando contaminación.
2. La aplicación de esta técnica pone en jaque la obligación estatal de garantizar la calidad del agua para consumo humano y de reducir las pérdidas y derroche de la misma asegurando su mejor aprovechamiento, debido al potencial contaminante de la técnica en las aguas superficiales y subterráneas, así como el uso intensivo de estas que lo relaciona con lugares con altos niveles de estrés hídrico y sequías.
3. De cara a los principios de prevención y precaución, así como el de desarrollo sostenible, esta técnica resulta incompatible, debido a los indicios científicos de la ocurrencia de daño grave e irreversible sobre los recursos naturales (como el agua, el aire, los suelos), la biodiversidad y la salud pública.

Así lo ha advertido también la Procuraduría General de la Nación, que en concepto por el cual solicitó al Consejo de Estado que declare como nulos el Decreto 3004 de 2013 y la

Resolución 90341 de 2014<sup>19</sup> – normas mediante las que se fijan los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en YNC-, concluyó que:

En razón de todo lo expuesto, considera el Ministerio Público que teniendo abundante evidencia científica e información con múltiples aristas de los riesgos y daños irreversibles al recurso hídrico y, en general, al medio ambiente que pueda verse comprometido con la práctica de la exploración y explotación de yacimientos no convencionales, es claro que las normas demandadas permiten desarrollar una actividad que puede traer graves e irreversibles consecuencias para la salud del ser humano y que causa daño a las aguas subterráneas y superficiales y, por consiguiente los ecosistemas que dependan de éstas, razón por la cual la práctica que pretende implementarse no es compatible con el principio de desarrollo sostenible previsto en la Constitución Política. (p. 65).

(...) En esta línea de pensamiento, a juicio de esta Delegada, en el caso que nos ocupa debe aplicarse el principio de precaución, pues ha de priorizarse la protección al medio ambiente, en especial, el recurso hidrográfico que se compromete con este tipo de práctica, y que puede verse afectado de manera grave e irreversible, dañando así ecosistemas, afectando la flora y la fauna colindante, así como también genera un potencial daño a la salud del ser humano. (p. 66).

En particular frente al principio de precaución y a la luz de la definición que de éste trae la Declaración de Río-previamente referenciada- se sustrae que el mismo posee tres elementos constitutivos, a saber: 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, y c) la pronta implementación

---

<sup>19</sup> En el marco de la acción de nulidad simple que cursa en dicha Corporación bajo el radicado 11001-03-26-000-2016-00140-00 y a la cual se hará referencia más adelante.

de medidas efectivas para evitar la consumación del daño grave o irreversible. (AIDA, 2016, p. 27).

Poniendo al fracking frente a la aplicación de cada elemento del principio de precaución tenemos que: i) tal como quedó descrito antes, esta técnica puede causar daños graves e irreparables en la salud y al ambiente (aguas, aire, suelo); ii) también de lo ya señalado se observa que hay incertidumbre en varios aspectos relacionados con la técnica, entre ellos, los químicos utilizados en el fluido de fracturamiento y sus efectos en la salud y el ambiente, así como el grado de riesgo y daño sobre estas dos variables; y iii) en cuanto a evitar la consumación del daño grave o irreversible, varios países han declarado moratorias o prohibiciones frente al fracking en aplicación del principio de precaución.

4. En términos generales esta técnica aleja a Colombia del cumplimiento de compromisos internacionales de mitigación y adaptación ante el cambio climático (Convenio Marco de la ONU, Protocolo de Kioto, Acuerdo de París, entre otros), particularmente por las emisiones fugitivas de metano durante y después de la extracción del hidrocarburo.

En ese orden de ideas, es esencial que la norma trascienda el papel en el que está escrita para que tenga aplicabilidad al momento de evaluar la puesta en marcha de actividades que, como el fracking en YNC, potencialmente puedan causar deterioro ambiental y en la salud pública, de manera pues que exista una protección efectiva de los bienes comunes naturales que garantice la supervivencia humana en condiciones dignas, sostenibles y equitativas.

#### **4. Aspectos económicos del fracking**

Una de las banderas de los defensores del fracking como técnica para la exploración y explotación de YNC, es que la misma constituye la solución en el mediano plazo para garantizar



la autosuficiencia energética de petróleo y gas en el país. En ese sentido, señalan que siempre que las actividades se realicen de acuerdo con la normativa vigente y se ejecuten con responsabilidad, pueden tener un impacto positivo en la economía nacional y de la región. (La República, 2020).

Según la Asociación Colombiana del Petróleo-ACP (s.f.), la producción de los YNC es fundamental para seguir soportando las finanzas públicas del país y de ahí que se avale la importancia de la aplicación del fracking, que según dicha entidad permitirá aprovechar estos yacimientos y, además, asegurar la autosostenibilidad energética del país.

En este punto también ha insistido el Gobierno Nacional, que argumenta que el país debe aprovechar las reservas en YNC para mantener el suministro de combustibles y sus derivados a la economía y evitar un desbordamiento de las importaciones, que traería graves consecuencias sobre la economía, así como continuar con el recaudo de recursos fiscales para financiar los programas sociales y generar regalías para las entidades territoriales. (Semana, 2019).

Es por ello que uno de los objetivos generales planteados en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo-PND 2018-2022 “*Pacto por Colombia, pacto por la equidad*”, es fortalecer el sector energético para potenciar la producción actual e impulsar el aumento de la exploración, a través de objetivos específicos como: i) Aumentar las reservas y producción de los hidrocarburos (meta de 2 mil millones de barriles) y ii) la Planeación para seguridad energética y abastecimiento y confiabilidad.

Al respecto se contempla en el PND que:

La seguridad energética representa para Colombia una oportunidad irrepetible de fortalecer la competitividad nacional y propiciar el desarrollo regional y de otros sectores. Para lograr este objetivo, se requiere consolidar el sector como

dinamizador del desarrollo de territorios sostenibles y adelantar acciones que aseguren agilidad, oportunidad y coordinación en la toma de decisiones de las entidades gubernamentales nacionales y territoriales, para garantizar su aprovechamiento ordenado y responsable. (Bases PND, 2019).

Así pues, frente al reto de incrementar las reservas para preservar la autosuficiencia de hidrocarburos en el mediano y largo plazo, se señala que, adicional al incremento de los factores de recobro en campos de producción, existen dos grandes oportunidades: (1) proyectos costa afuera y (2) yacimientos no convencionales (YNC). (Ibíd., p. 792).

Respecto a los segundos, los YNC, el PND plantea evaluar a partir de las recomendaciones del Informe de la Comisión de expertos, el futuro de la exploración y explotación de este tipo de yacimientos de hidrocarburos en Colombia, informe en el que, como ya vimos en capítulos anteriores, se definió la posibilidad de realizar Proyectos Piloto de Investigación Integral-PPII, cuyos lineamientos de aplicación fueron fijados por el Gobierno Nacional mediante el Decreto 328 de 2020.

Retomando entonces lo antes dicho, los argumentos que desde el punto de vista económico avalan la aplicación del fracking en YNC giran en torno a no perder la condición de autoabastecimiento actual del país y evitar la importación de crudo para proveer la economía nacional, así como mantener los recaudos de recursos provenientes de la explotación de hidrocarburos. Esto teniendo en cuenta que, como quedó señalado en el primer capítulo, sin nuevas incorporaciones (que el Gobierno planea que vengan de la explotación de YNC y de proyectos costa afuera), el país acabaría con sus reservas de petróleo entre el año 2025 y el 2026 y de gas entre el año 2027 y 2028.

En ese orden de ideas, nos referiremos a continuación a i) la contribución del sector extractivista de hidrocarburos al crecimiento y desarrollo de la economía colombiana, desde los siguientes aspectos: a) aporte al Producto Interno Bruto-PIB, b) aporte a las finanzas públicas, c) aporte a la inversión extranjera, y d) aporte al empleo; y por último, ii) algunas consideraciones sobre la autosuficiencia energética del país.

#### **4.1. Aporte del sector hidrocarburos al producto interno bruto-PIB**

Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE- del año 2020, el sector de minas y canteras, (que incluye extracción de petróleo crudo y gas natural) no es el que más contribuye al PIB en el país<sup>20</sup>. En porcentaje, este sector representó cerca del 4% del PIB (frente al 4,8% del mismo período del año 2019<sup>21</sup>), mientras que el sector agropecuario alcanza un 6,5% y las actividades inmobiliarias un 9,5%. Ahora, de ese 4% que representó el sector de minas y canteras en el PIB del año 2020, el peso del petróleo y el gas es mayor al de la minería, pues el primer sector aporta el 3%, mientras que el segundo el 1%. (Ver gráfica 5).

En lo que respecta al período 2015-2019, la contribución al PIB del sector minas y canteras ha venido disminuyendo paulatinamente del 5,8% en 2015 a 4,8 en 2019<sup>22</sup>, con una caída abrupta de 0,8% para 2020 y concretamente el petróleo y gas pasó del 4,04% en 2015 al 3,3% en 2019 y 3,0% en 2020<sup>23</sup>. (Consolidado DANE, 2020).

En ese sentido, resulta paradójico para el país que a un sector con tan poco peso en el PIB, se le de tanta importancia en el engranaje de la economía nacional, lo cual parece explicarse por la vocación extractivista de los últimos gobiernos, las presiones de organismos multilaterales

---

<sup>20</sup> Cifras consolidadas al IV trimestre de 2020. DANE

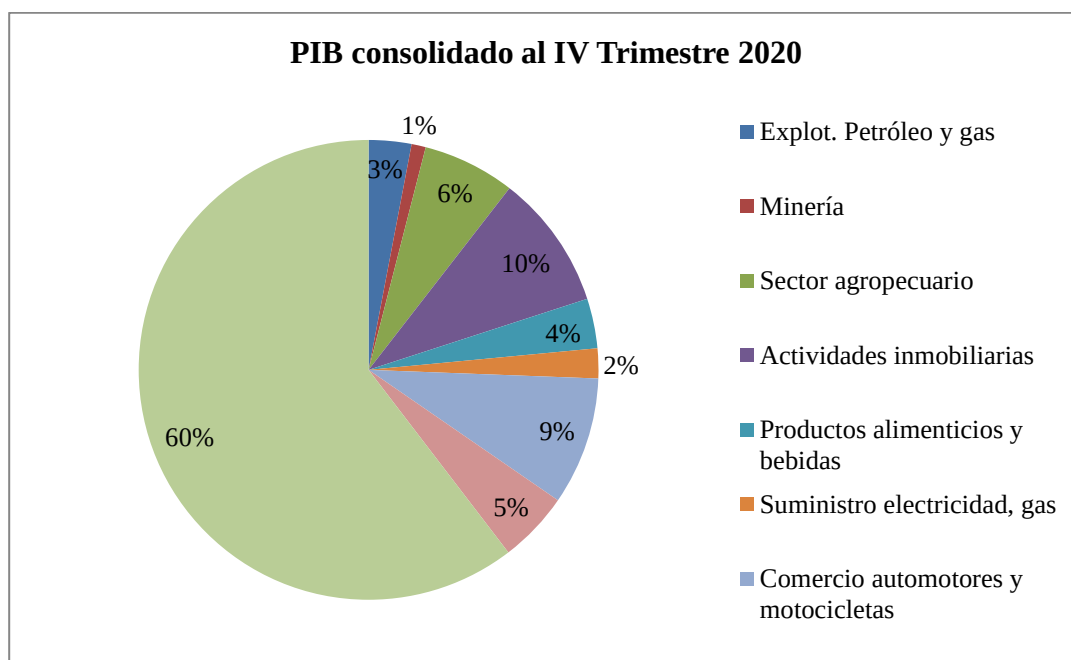
<sup>21</sup> Cifras consolidadas al IV trimestre de 2019. DANE

<sup>22</sup> 5,8% en 2015; 5,4% en 2016; 5,1% en 2017; 5,0% en 2018 y 4,8% en 2019

<sup>23</sup> 4,04% en 2015; 3,42% en 2016; 3,41% en 2017 y 2018 y 3,3% en 2019

y de las mismas multinacionales petroleras. En todo caso, no es menos cierto que el desabastecimiento de hidrocarburos provocaría enormes dificultades económicas, no solo en lo que a combustibles se refiere, sino de insumos para la industria y la agricultura y para la generación de energía<sup>24</sup>.

**Figura 5.** PIB consolidado al IV Trimestre de 2020



Adaptado de Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020)

#### 4.2 Aporte del sector hidrocarburos a las finanzas públicas

De acuerdo con los análisis de la Cámara Colombiana de Bienes y Servicios Petroleros - CAMPETROL (2019, p.35), el sector petrolero en Colombia ha sido una fuente importante de recursos tanto para el Gobierno Nacional como para los entes regionales, que constituye además fuente de desarrollo de otros sectores por demanda y oferta de insumos y que ha generado

<sup>24</sup> Los derivados del petróleo y otros hidrocarburos, además de tener una gran importancia en el sector transporte, también lo tiene para otros sectores por ser fuente de insumos como plásticos, jabones, detergentes, etc. (Gutierrez, 2018).

recursos tanto fiscales como por medio del Sistema General de Regalías (SGR), con los cuales el Gobierno Nacional y las regiones han implementado programas enfocados en la reducción de la pobreza y las desigualdades, políticas de salud, educación, vivienda, transporte, entre otros.

Según el *Informe de comportamiento del recaudo del SGR 2019-2020* emitido por el Departamento Nacional de Planeación, el recaudo acumulado durante el bienio 2019-2020 se situó en \$14,87 billones (\$10.68 billones de ingresos por hidrocarburos más \$4.19 billones de ingresos por minería), que corresponden solo al 80,1% de los ingresos que habían sido proyectados en el Plan Bienal de Caja, lo cual fue consecuencia del bajo recaudo durante la vigencia 2020.

En cuanto al recaudo acumulado durante el bienio 2017-2018 se situó en \$15,61 billones, superando la proyección de ingresos del SGR establecida en El Plan Bienal de Caja que correspondía a \$11,76 billones. (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

Acorde a lo que esta Entidad promulga los recursos del SGR posibilitan a las entidades territoriales para financiar proyectos que atiendan las necesidades específicas de su territorio, constituyendo así un motor para el desarrollo local y regional e impulsando el crecimiento económico y social del país.

Difiriendo de esta posición, en el estudio adelantado por la Fundación Heinrich Boll (2018), se señala que los aportes del sector de hidrocarburos a las finanzas públicas pasaron de 10,4 billones de pesos en 2012, a 1,2 billones de pesos en 2016, lo cual se debió no solo a la caída de los precios del crudo, sino también al uso exacerbado de los beneficios tributarios<sup>25</sup>, con lo cual arriban a la conclusión de que los aportes de este sector a la estabilidad fiscal y a la inversión social no son tan grandes como se afirma.

---

<sup>25</sup> Acorde con el informe de ponencia del representante César Ortiz al proyecto de ley número 126 de 2020, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), reconoce la existencia de 229 beneficios tributarios contenidos en el Estatuto Tributario.

En esta misma línea, la Contraloría General de la República afirma en su documento *Grandes Hallazgos* (2018), basado en una serie de auditorías y evaluaciones micro y macro económicas a los recursos y funcionamiento del Sistema General de Regalías, que los recursos se han dispersado o atomizado en miles de pequeñas obras (del 2012 al 2018 se aprobaron 12.420 proyectos a los que se les destinó 30,5 billones de pesos del SGR) y no se han realizado grandes proyectos regionales en vías, educación, fomento de la ciencia y la tecnología, como lo afirma el Gobierno sino que millonarias partidas se han dilapidado.

Añade la Entidad que entre 2012 y 2017 se destinaron más de 3 billones de pesos del SGR a la construcción de escenarios deportivos, culturales y obras decorativas, a costa de desatender los servicios básicos que demandan los habitantes de municipios y departamentos, tales como acueducto y alcantarillado, vías terciarias para facilitar la movilidad de personas y mercancías, hospitales y colegios. En suma, si bien las regalías pagadas por el sector de hidrocarburos constituyen una importante fuente de ingreso para las entidades territoriales, lo cierto es que las mismas se han malgastado en obras innecesarias, o han estado relacionadas con casos de corrupción (en su informe de *Grandes Hallazgos* la Contraloría ha reportado más de 800 mil millones de pesos en posibles detrimentos patrimoniales de las regalías), dejando de lado o desfinanciando proyectos y programas sociales.

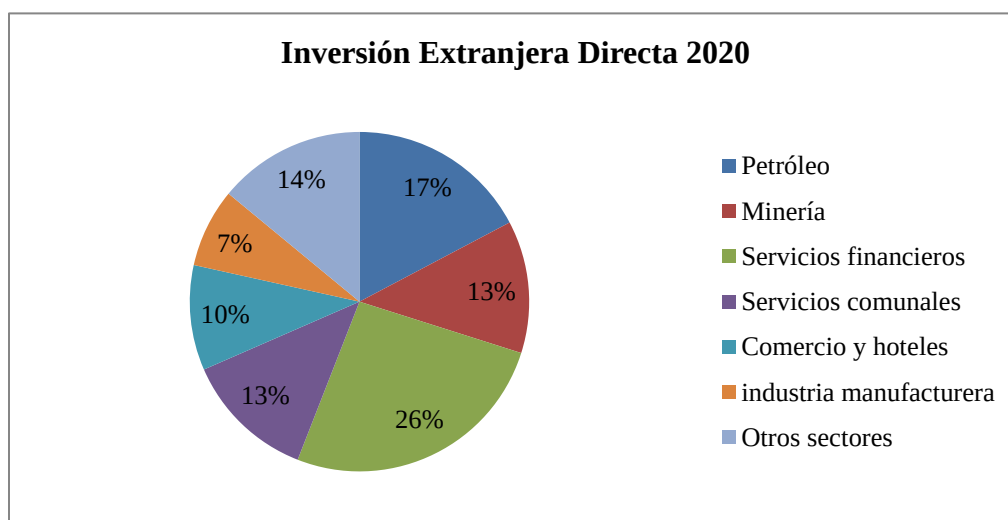
#### **4.3 Aporte del sector hidrocarburos a la inversión extranjera**

De acuerdo con el reporte provisional del Banco de la República (2021), el sector de los hidrocarburos fue la segunda área (después de los Servicios financieros y empresariales) que más

inversión extranjera directa-IED-<sup>26</sup> atrajo en el año 2020, con una cifra de US\$ 1.398 millones, es decir, el 17,25% del total de la IED y en el primer trimestre de 2021 ha atraído US\$ 263 millones.

Según dicho reporte, el sector minero energético (petróleo, minas y canteras) representó el mayor ámbito en la IED, así: minería y petróleo (30%), servicios financieros y empresariales (26%), servicios comunales (12,5%), comercio y hoteles (10%), industria manufacturera (7,5%) y el resto de sectores (14%).

**Figura 6.** *Inversión extranjera Directa 2020*



Adaptado de Banco de la República (2021)

#### 4.4 Aporte del sector hidrocarburos al empleo

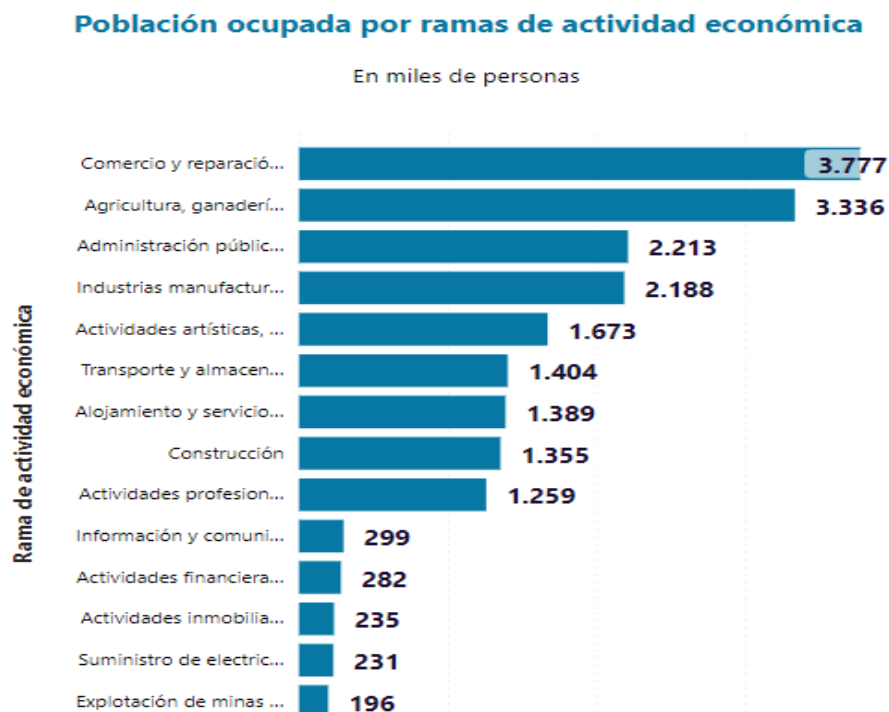
Otro de los beneficios que se argumenta tiene el sector de los hidrocarburos es su capacidad de generación de empleos e ingresos para numerosas familias alrededor del territorio

<sup>26</sup> Inversión extranjera directa en Colombia (IED): Es la inversión directa realizada por inversionistas residentes en el exterior en empresas residentes en Colombia. También se denomina inversión directa pasiva. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>

nacional, derivados de toda la cadena de valor alrededor de dicho sector. (CAMPETROL, 2019, p.23).

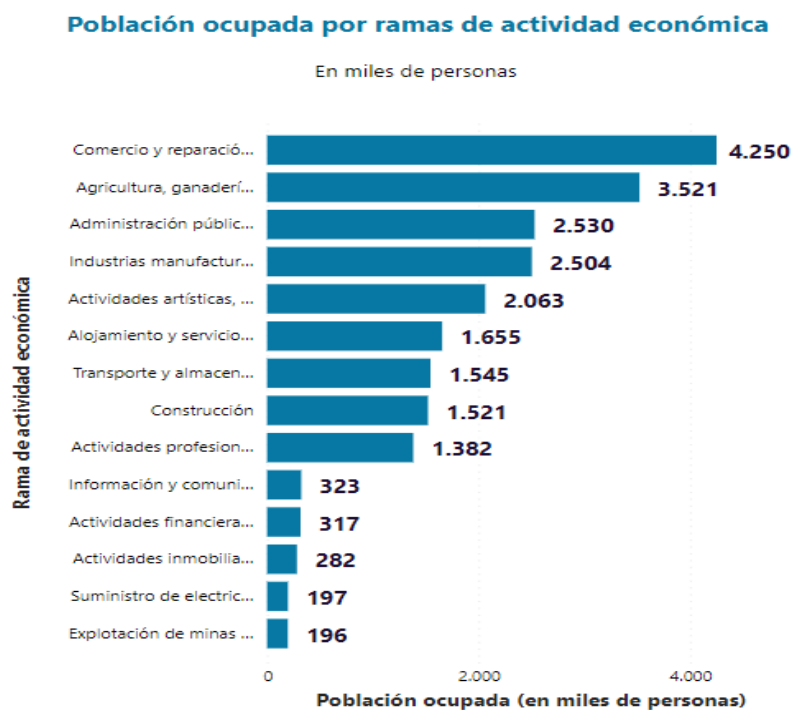
Sin embargo, según las cifras publicadas por el DANE, el sector de los hidrocarburos es uno de los que menos capacidad de generación de empleo tiene (ver gráficas 7, 8 y 9-ítem *Explotación de minas*) y la razón es porque dicho sector es reconocido por ser intensivo en capital, es decir, contribuye de manera importante a la inversión más no al empleo. (Comisión de expertos, 2019).

**Figura 7.** Población ocupada por ramas de actividad económica 2020



Adaptado de Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020)



**Figura 8.** *Población ocupada por ramas de actividad económica 2019*

Adaptado de Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2019)

**Figura 9.** *Población ocupada por ramas de actividad económica 2018*

Adaptado de Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018)

Ahora, concretamente en cuanto a la aplicación del fracking, y de acuerdo con la ACP (2018), un “proyecto tipo”<sup>27</sup>, podría generar 5.000 empleos, concentrados en las zonas productoras. Sus estimaciones indican que por cada empleo directo se apalancarían entre 2,5 a 3 empleos indirectos e inducidos.

En todo caso, a partir de los datos de las actividades extractivas en yacimientos convencionales, podría señalarse que las actividades de fracking en YNC, no jugarían un papel crucial en la generación de empleo, pues las cifras indican que el empleo en Colombia se genera mayoritariamente en los demás sectores de la economía.

#### **4.5 Consideraciones sobre la autosuficiencia energética del país**

Teniendo en cuenta lo antes dicho, surge una pregunta importante en cuanto a las fuentes de energía del país: ¿qué ha pasado con la aplicación de alternativas energéticas sostenibles y limpias, y por qué los YNC y el fracking aparecen como la más urgente opción de autoabastecimiento, si a la luz de las experiencias en otros países puede resultar la opción menos respetuosa de producción de energía frente al medio ambiente y la salud humana?

Al respecto, es importante partir señalando que bajo el marco de los compromisos en materia de medio ambiente contenidos en los pactos, convenios o tratados internacionales ya suscritos por Colombia (Acuerdo de París, metas del milenio en desarrollo sostenible, etc.), y la propia normativa interna, hoy por hoy el papel del Gobierno debería estar centrado en diseñar e implementar un plan para la transición hacia formas limpias de energía como la solar, la eólica y la geotérmica, con el objeto de reemplazar a futuro el uso de combustibles fósiles, lo cual resulta

---

<sup>27</sup> La ACP (2018) hace estimaciones sobre la base de un “proyecto tipo”, cuya inversión estaría entre los US\$10.000 y US\$15.000 millones con una perforación de 800 a 1.400 pozos en etapa de producción.

cada vez más urgente y relevante de cara a mitigar y disminuir el calentamiento global y a proporcionar salud y bienestar a las generaciones futuras.

La misma Comisión de expertos convocada por el Gobierno Nacional exhortó a éste en su Informe de 2019 para que avance en el cumplimiento de los compromisos internacionales frente a la acción conjunta para el cambio climático, haga realidad su plan de fomento de energías alternativas y renovables, controle las emisiones de gases de efecto invernadero y establezca metas nacionales con parámetros de referencia definidos en el tiempo. (p. 36).

Así pues, en lugar de continuar su campaña para la explotación de los YNC mediante fracking, el Gobierno colombiano debería impulsar decididamente la transición hacia las energías limpias, donde el país tiene grandes posibilidades y de esa forma cumplir con sus compromisos internacionales en materia de cambio climático y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Esto siguiendo el ejemplo no solo de potencias mundiales en fuentes energéticas limpias (China, Alemania y Dinamarca), sino de países vecinos como Chile, que mediante la Ley de Energía Renovable No Convencional, obliga a las empresas generadoras eléctricas con una capacidad instalada de más de 200 megavatios (MW) a generar el 20% de la energía del país a partir de energías renovables como meta para 202; Uruguay, que se ha convertido en un líder en la producción de energía renovable dentro de la región (energía solar, eólica y biocombustibles) o Brasil, que es actualmente el principal productor de energía eólica de América del Sur y que para 2025 se pronostica generará el 69% de la capacidad eólica instalada total de América Latina y se convertirá en el líder para la fabricación de turbinas eólicas y el ensamblaje de la cadena de suministro en la región. (World Energy Trade, 2020).

Ahora, sobre el potencial de Colombia en energías renovables, indican los informes de la Asociación de Energías Renovables Colombia –SER-, que la capacidad del país en materia de

energía solar y eólica es de talla mundial, con lo cual es vital evaluar proyectos a partir de estas fuentes, que son una alternativa de inversión para las empresas interesadas en la diversificación de la matriz energética. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2017).

Por su parte PROCOLOMBIA afirma a partir de sus análisis que por su posición geográfica, Colombia cuenta con una radiación solar constante durante todo el año y una calidad excepcional de los vientos, que la puede llevar a convertirse en un importante generador de energía solar y a ofrecer importantes oportunidades para las empresas interesadas en proyectos de energía eólica, pues *gracias a la riqueza natural y su ubicación privilegiada, el país tiene el potencial para ser un actor clave en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas que solucionen la crisis energética mundial y al mismo tiempo contribuyan en la protección del medio ambiente.* (2018).

Sin embargo, la Asociación de Energías Renovables Colombia –SER afirma que el país está rezagado en la aplicación de estas fuentes energéticas, principalmente, por falta de claridad y complementación en la regulación que permita a las nuevas tecnologías competir en igualdad de condiciones con las fuentes tradicionales.

Recientemente fue expedida la Ley de Transición energética (Ley 2099 de 2021 “*por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones*”) que reconoce al hidrógeno verde y azul como una fuente no convencional de energía renovable, que podrá acceder a los beneficios tributarios de la Ley 1715 de 2014 sobre deducción de renta, exclusión de IVA, cero aranceles y depreciación acelerada. (Congreso de la República, 2021)

Adicionalmente, y en cuanto a movilidad sostenible, se destaca de esta Ley la adopción de programas que deberá realizar el Gobierno Nacional para promover el uso de hidrógeno y gas

combustible en el transporte terrestre de carga y público de pasajeros y los incentivos tributarios al uso de energía eléctrica en los sistemas de transporte masivo de pasajeros. (Ibídem).

Sin embargo, es claro que a pesar de estos pequeños pero significativos pasos normativos que son resultado de la Ley 1715 de 2014 -que dio lineamientos para eliminar las barreras económicas, técnicas y de mercado que las nuevas tecnologías enfrentan- o el mismo Plan Nacional de Desarrollo (Ley 1955 de 2019, que estableció que los paneles solares y sus controladores e inversores se encuentran excluidos automáticamente del IVA, y señaló que entre el 8% y el 10% de las compras de los comercializadores del Mercado de Energía Mayorista deben provenir de contratos de largo plazo con plantas de fuentes no convencionales de energía renovable), hace falta mayor gestión gubernamental para que la implementación de las energías limpias en el país sea viable y se acelere el proceso hacia una matriz de generación energética sostenible.

Lo contrario, es decir, enfocarse en los YNC y el fracking es ofrecer apenas una solución en el corto plazo para el problema de la autosuficiencia o autoabastecimiento energético, con el agravante de que en el futuro, además de ser necesario buscar otras fuentes de energía deberá hacerse en unas condiciones de mayor degradación ambiental con los costos a la salud pública que ello conlleva.

En cambio, lo aconsejable sería continuar aprovechando los combustibles fósiles tradicionales (no los YNC a través de fracking) pero de la mano y de forma inmediata empezar a recorrer el camino de la transición energética y así asegurar, en el mediano y largo plazo, la autosuficiencia energética y sobre todo la conservación de recursos como el agua y la biodiversidad.

## 5. Conclusiones

Como quedó señalado en la introducción de este documento, el objetivo principal del análisis realizado en páginas anteriores es determinar las ventajas y desventajas de la implementación del *Fracking* en nuestro país, de cara a su aplicación o prohibición como técnica de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

En ese sentido a continuación se sintetizarán tales ventajas y desventajas, con fundamento en los aspectos técnicos, económicos y principalmente jurídicos estudiados en los cuatro capítulos anteriores, para posteriormente sentar una posición en cuanto a la aplicación de esta técnica extractiva en Colombia y la necesidad de realizar en el país una transición a fuentes energéticas renovables, rompiendo el paradigma actual que se ha implantado en la sociedad desde la institucionalidad: el de desarrollo ligado al extractivismo de bienes comunes naturales.

En lo que respecta a las ventajas de aplicación de la referida técnica tenemos de una parte, que la exploración y explotación de Yacimientos No Convencionales mediante la implementación del fracking puede asegurar la autosuficiencia energética tradicional del país por varios años más, tomando en consideración que sin nuevas incorporaciones el país acabaría con sus reservas de petróleo entre el año 2025 y el 2026 y de gas entre el año 2027 y 2028 y que el potencial en YNC podría aumentar las reservas en gas de 4.6 veces a 30,5 veces las reservas actuales y en el caso del crudo se aumentarían de 2.8 veces a 4.72 veces con relación a las reservas existentes, acorde a los estimativos de su potencial.

Adicionalmente, los análisis de expertos señalan que las operaciones con hidrocarburos incentivan la inversión extranjera directa –IED- en el país, lo que repercute positivamente en la dinámica de crecimiento económico, factor importante bajo el contexto que ha atravesado el país

en el último año y medio tanto por la pandemia de COVID-19 como por la coyuntura reciente de movilizaciones y paro nacional.

Por último vale añadir que si bien las actividades de fracking en YNC no jugarían un papel crucial en la generación de empleo, su implementación podría representar 5.000 nuevos empleos, concentrados en las zonas productoras (2,5 a 3 empleos indirectos e inducidos por cada empleo directo).

Ahora bien, en lo que respecta a las desventajas de aplicación del fracking en nuestro país, el principal y más contundente argumento se refiere a los posibles efectos negativos que la mencionada técnica puede ocasionar en el medio ambiente, en la existencia y salud humanas, los cuales han sido ampliamente documentados en la literatura científica y se resumen así:

- Uso intensivo del agua asociado a altos niveles de estrés hídrico y sequías.
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas para el consumo humano por derrames accidentales de productos químicos, así como por el almacenamiento, tratamiento o eliminación inadecuados del fluido de retorno.
- Sismicidad inducida por la fracturación hidráulica y/o a través de la eliminación de fluidos residuales en el subsuelo en regiones con tectónicas activas.
- Contaminación del aire por el escape de compuestos volátiles tóxicos con un fuerte potencial sobre el calentamiento global y la salud.
- Contaminación auditiva por altos niveles de ruido, asociados a la perforación de pozos, al proceso de estimulación hidráulica y al intenso tráfico de camiones.
- Problemas de salud en humanos tales como enfermedades de las vías respiratorias, cambios degenerativos en el cerebro, cáncer, entre otras.

Es decir, la aplicación del fracking en Colombia representaría una grave amenaza para un medio ambiente sano, entendido éste como un factor insustituible que permite la existencia y salud humana, ya que en palabras de nuestro tribunal constitucional “*desconocer la importancia que tiene el medio ambiente sano para la humanidad es renunciar a la vida misma, a la supervivencia presente y futura de las generaciones*”. (Corte Constitucional colombiana, 2010).

Ahora, como se advirtió en el capítulo segundo, no existe consenso en el mundo sobre los riesgos y potenciales peligros de la técnica de fracturación hidráulica aplicada en YNC, pero la discusión alrededor de los mismos tampoco proviene de meras conjeturas sino de soportes científicos o datos que han hecho notorios los posibles riesgos; de manera que la constante en el mundo sobre esta técnica ha sido principalmente la incertidumbre y la permanente tensión entre la política económica y la protección ambiental.

En consecuencia, un horizonte objetivo de aplicación del fracking para exploración y explotación de YNC en Colombia pasa, necesariamente, por sopesar o ponderar los beneficios económicos que podría tener su implementación frente a sus respectivos costos ambientales y demás asociados.

Como vimos en páginas anteriores, si bien el potencial de recursos en YNC puede ser abundante, lo cierto es que la industria de los hidrocarburos no representa para el país grandes beneficios económicos que se traduzcan o se hayan visto reflejados en una mejor calidad de vida de la población pero por el contrario sí ha dejado tras de sí graves daños ambientales: según el Ministerio de Ambiente el sector de hidrocarburos es junto al sector minero el que más pasivos ambientales ha generado en Colombia.

Ahora, el ejercicio de ponderación respecto a la aplicación del fracking en YNC supone de entrada la observancia del principio de precaución, así como el de desarrollo sostenible, frente



a los cuales esta técnica resulta incompatible, debido a los indicios científicos de la ocurrencia de daño grave e irreversible sobre los recursos naturales, la biodiversidad, la salud pública, etc.

En particular frente al principio de precaución se tiene que i) el fracking puede causar daños graves e irreversibles en la salud y en el ambiente, de lo cual hay indicios múltiples, documentados y serios; ii) hay incertidumbre en varios aspectos relacionados con la técnica, así como el grado de riesgo y daño sobre estas dos variables; y iii) el Estado tiene la facultad de limitar/prohibir la implementación de esta técnica cuyos efectos son desconocidos pero pueden generar riesgos a la población y al medio ambiente.

Sumado a lo anterior se debe señalar que, en términos jurídicos, el *fracking* es una actividad potencialmente contaminante que podría conllevar la responsabilidad civil del Estado y de los particulares que lo apliquen ocasionando contaminación.

Su aplicación pone en jaque la obligación estatal de garantizar la calidad del agua para consumo humano y de reducir las pérdidas y derroche de la misma asegurando su mejor aprovechamiento, así como el deber de asegurar un ambiente sano y condiciones de vida digna. Igualmente, la implementación de esta técnica aleja a Colombia del cumplimiento de compromisos internacionales de mitigación y adaptación ante el cambio climático (Convenio Marco de la ONU, Protocolo de Kioto, Acuerdo de París, entre otros), particularmente por las emisiones fugitivas de metano durante y después de la extracción del hidrocarburo.

Es oportuno aquí referirnos a lo que Boaventura de Sousa Santos (2011) ha descrito como los costos sociales de la acumulación capitalista dominada por el individualismo (versus comunidad). De acuerdo a su teoría de las Epistemologías del Sur, de Sousa Santos advierte que “las locomotoras de la minería, del petróleo, del gas natural, de la frontera agrícola son cada vez más potentes. (...) Por su atractivo, estas locomotoras son eximias para transformar las señales

cada vez más perturbadoras de la inmensa deuda ambiental y social que generan en un costo inevitable del ‘progreso’”.

Al respecto resulta vital en nuestro país romper con la idea que erróneamente nos han vendido de una economía próspera y un territorio desarrollado basados en la actividad extractiva, pues seguir enfocando la política energética en el extractivismo de bienes comunes naturales lo que conlleva es ahondar la generación de pasivos ambientales, la conflictividad social y la continua precarización de la salud pública.

En ese orden de ideas y frente a la implementación del fracking en YNC, como potencial contaminante del medio ambiente, el país cuenta con principios jurídicos socioambientales del orden internacional y nacional como el de precaución, que como hemos dicho es posible aplicar cuando una actividad pueda generar daños graves e irreversibles, aunque no se tenga certidumbre exacta de la magnitud de los daños ni su probabilidad y así proteger el medio ambiente y la salud pública decidiendo la prohibición de su implementación.

Lo anterior máxime cuando el análisis objetivo que se ha hecho a lo largo de este documento sobre la aplicación de esta técnica desde las perspectivas técnica, jurídica y económica da como resultado que los perjuicios de su implementación sobrepasan en mucho los beneficios, y además, teniendo en cuenta que lo que está en juego si se ignoran los imperativos del cambio climático y la transición energética no es solo el bienestar del presente, sino el de las generaciones futuras y la sostenibilidad del planeta.

De ahí la importancia de prohibir en nuestro territorio nacional la exploración y explotación de Yacimientos No Convencionales de hidrocarburos como medida de protección del medio ambiente y la salud, a efectos de prevenir conflictos socioambientales asociados a esta actividad y para contribuir al cumplimiento efectivo de los compromisos mundiales de

preservación y recuperación ambiental, aprovechando en su lugar el importante potencial energético que tiene el país en energías solar, eólica, de biomasa y geotérmica que pueden ser producidas a menor costo económico, pero también ambiental y social.

### Referencias

- AIDA (2016). Principio de Precaución: Herramienta jurídica ante los impactos del Fracking.  
<https://aida-americas.org/es/principio-de-precaucion-herramienta-juridica-ante-los-impactos-del-fracking>.
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2014). ABC De los Yacimientos No Convencionales.  
<https://issuu.com/anhcolombia/docs/abcnoconvencionalesbaja>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2020). Sector Hidrocarburos. Visión inicial-Sector 2020.  
[https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24193919/04\\_30\\_20\\_Minenerg%C3%ADa\\_Reservas+y+perspectivas+petr%C3%B3leo+2020.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24193919/04_30_20_Minenerg%C3%ADa_Reservas+y+perspectivas+petr%C3%B3leo+2020.pdf)
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2021). Oficio 20213020582901 del 4 de mayo de 2021.
- Agencia Nacional de Licencias Ambientales. (2021). Oficio 2021084412-2-001 del 25 de mayo de 2021.
- Arnedo, A y Yunes, K. (2015). Fracking: Extracción de gas y petróleo no convencional, y su impacto ambiental.  
[http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2858/1/Fracking%20Extracci%C3%B3n%20gas\\_Arnedo\\_2015.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2858/1/Fracking%20Extracci%C3%B3n%20gas_Arnedo_2015.pdf)
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (1982). Carta Mundial de la Naturaleza.
- Asamblea Nacional de la República de Bulgaria. (2012). Decisión sobre la prohibición de la aplicación de tecnología de roturas hidráulicas durante la exploración y / o extracción de gas y petróleo en el territorio de la República de Bulgaria.  
<https://www.parliament.bg/en/desision/ID/13824>
- Asamblea Nacional de Francia. (2011). Ley 2011-835 del 13 de julio de 2011.  
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000024361355/>

Asociación argentina de geólogos y geofísicos del petróleo. (2013). Hidrocarburos convencionales y no convencionales.

[https://www.researchgate.net/publication/282859103\\_Hidrocarburos\\_convencionales\\_y\\_no\\_convencionales](https://www.researchgate.net/publication/282859103_Hidrocarburos_convencionales_y_no_convencionales)

Asociación colombiana del Petróleo y gas-ACP. (s.f.). Todo sobre el fracking.

<https://acp.com.co/web2017/es/todo-sobre-el-fracking/826-cuales-son-los-beneficios-del-fracking>

Asociación colombiana del Petróleo y gas-ACP. (2016). Fracking: una oportunidad para el futuro

energético del país. <https://acp.com.co/web2017/es/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/764-fracking-una-oportunidad-para-el-futuro-energetico-del-pais>

Asociación colombiana del Petróleo y gas-ACP. (2018). Yacimientos No Convencionales:

oportunidad de ingresos fiscales futuros por \$1,5 billones anuales. <https://acp.com.co/web2017/es/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/988-yacimientos-no-convencionales-oportunidad-de-ingresos-fiscales-futuros-por-1-5-billones-anuales>

Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos. (s.f.). El petróleo. Fichas didácticas.

[https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps\\_todos/AOP%20FICHAS%20DIDACTICAS.pdf](https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps_todos/AOP%20FICHAS%20DIDACTICAS.pdf)

Asociación Nacional de Industriales-ANDI. (2019). Expectativas del Fracking en Colombia.

<http://www.andi.com.co/Uploads/Expectativas%20del%20Fracking%20en%20Colombia.%20Octubre%201%202019.pdf>

Banco de la República. (2021). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>

- BBC News (2012). Bulgaria bans shale gas drilling with 'fracking' method.  
<https://www.bbc.com/news/world-europe-16626580>
- De Sousa Santos, B. (2011). ¿Extractivismo o ecología?  
<https://opsur.org.ar/2014/02/09/extractivismo-o-ecologia/>
- Bertinat, P., et al. (2014). 20 mitos y realidades del fracking. <http://www.opsur.org.ar/blog/wp-content/uploads/2015/06/2014-20-Mitos-Final.pdf>
- Brantley y Meyendorff. (2013). The facts on fracking, Artículo en New York Times [http://www.nytimes.com/2013/03/14/opinion/global/the-facts-on-fracking.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/03/14/opinion/global/the-facts-on-fracking.html?_r=0)
- Cámara Colombiana de Bienes y Servicios Petroleros – CAMPETROL. (2019). El Fracking: Una Decisión de País. [https://campetrol.org/wp-content/uploads/2019/03/CAMPETROL\\_El\\_Fracking\\_una\\_decision\\_de\\_Pais.pdf](https://campetrol.org/wp-content/uploads/2019/03/CAMPETROL_El_Fracking_una_decision_de_Pais.pdf)
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2017). Panorama de las energías renovables en Colombia. <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Electrica/Noticias/2017/Julio-2017/Panorama-de-las-energias-renovables-en-Colombia>
- CCB. (2017). Panorama de las energías renovables en Colombia. <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Electrica/Noticias/2017/Julio-2017/Panorama-de-las-energias-renovables-en-Colombia>
- Charry, O. y Perez, A. (2017). Efectos de la estimulación hidráulica (fracking) en el recurso hídrico: Implicaciones en el contexto colombiano. <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v28n1/0124-8170-cein-28-01-00135.pdf>
- Comisión Interdisciplinaria de Especialistas. (2019). Informe sobre efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante

- perforación horizontal. <https://censat.org/es/publicaciones/informe-sobre-efectos-ambientales-bioticos-fisicos-y-sociales-y-economicos-de-la-exploracion-de-hidrocarburos-en-areas-con>
- Comisión Nacional de Energía. (2010). La expansión de la producción de gas natural en yacimientos no convencionales. [https://fracturahidraulicano.files.wordpress.com/2011/07/alejandro\\_alonso-\\_cne.pdf](https://fracturahidraulicano.files.wordpress.com/2011/07/alejandro_alonso-_cne.pdf)
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. (1972). Declaración de Estocolmo de 1972.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20). (2018). Acuerdo Regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y El Caribe.
- Conferencia de las Partes firmantes de la Convención marco del cambio climático. (1997). Protocolo de Kioto.
- Congreso de Argentina. (2014). Ley 26.741 o Ley de Soberanía Hidrocarburífera de la República Argentina.
- Consejo de Estado. (2018). Radicación: 11001032600020160014000 (57.819). Medio de control: Nulidad simple. Actor: Esteban Antonio Lagos González. Demandado: Nación-Ministerio de Minas y Energía.
- Consejo de Academias Canadienses. (2014). Environmental Impacts of Shale Gas Extraction in Canada. <https://www.cca-reports.ca/reports/environmental-impacts-of-shale-gas-extraction-in-canada/>
- Constitución Política de la República de Colombia. Gaceta Constitucional No. 116 de 20 de julio de 1991.

- Contraloría General de la República. (2012). Función de advertencia. Principio de Precaución y desarrollo sostenible. Posibles Riesgos. Hidrocarburos no convencionales. <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2014/09/func-adv-hidrocarburos-nc2014.pdf>
- Contraloría General de la República. (2014). Informe de Actuación Especial n° 31- Seguimiento Función de advertencia. [https://www.anh.gov.co/la-anh/Control-y-Rendicion/Informes%20de%20Auditora%20de%20Gestin/Actuaci%C3%B3n%20Especial%20Funci%C3%B3n%20de%20Advertencia%202012%20Hidrocarburos%20No%20Convencionales%20\(noviembre%202014\).PDF](https://www.anh.gov.co/la-anh/Control-y-Rendicion/Informes%20de%20Auditora%20de%20Gestin/Actuaci%C3%B3n%20Especial%20Funci%C3%B3n%20de%20Advertencia%202012%20Hidrocarburos%20No%20Convencionales%20(noviembre%202014).PDF)
- Contraloría General de la República. (2018). Grandes Hallazgos. [https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/472298/Libro\\_grandes+hallazgos+CGR.pdf/6b2543f3-4faa-40c8-900d-5f47d08180ff](https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/472298/Libro_grandes+hallazgos+CGR.pdf/6b2543f3-4faa-40c8-900d-5f47d08180ff)
- Corte Constitucional Colombiana. (1993). Sentencia T-254 del 30 de junio de 1993. M.P. Antonio Barrera Carbonell. Expediente T- 10505.
- Corte Constitucional Colombiana. (2007). Sentencia T-760 del 25 de septiembre de 2007. M.P. Dra. Clara Inés Vargas Hernández. Expediente T-1398036.
- Corte Constitucional Colombiana. (2010). Sentencia C-703 del 6 de septiembre de 2010. M.P. Gabriel Eduardo Mendoza Martelo. Expediente D-8019.
- Corte Constitucional Colombiana. (2013). Sentencia T-154 del 21 de marzo de 2013. M.P. Nilson Pinilla Pinilla. Expediente T-2550727.
- Corte Constitucional Colombiana. (2015). Sentencia C-449 del 16 de julio de 2015. M.P. Jorge Iván Palacio Palacio. Expediente D-10547.



Corte Constitucional francesa. (2013). Sentencia n° 2013-346 QPC de 11 de Octubre de 2013.

<https://www.conseil-constitutionnel.fr/es/decision/2013/2013346QPC.htm>

Criado, J. (2015). Estudio de las tecnologías para la recuperación de shale gas.

<https://oa.upm.es/34190/1/Estudio%20de%20las%20tecnolog%C3%ADas%20de%20producci%C3%B3n%20del%20shale%20gas.pdf>

Cumbre de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1992). Declaración de Río de Janeiro.

Cumbre del Clima de París. (2015). Acuerdo de París

Decreto Ley 2811 de 1974 “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”. 18 de diciembre de 1974. D.O. No. 34243.

Decreto 727 de 2007 “por el cual se expiden normas relativas a la valoración y contabilización de reservas de hidrocarburos de propiedad de la Nación y se dictan otras disposiciones”. 7 de marzo de 2007. D.O. No. 46565.

Decreto 3004 de 2013 “por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales”. 26 de diciembre de 2013. D.O. No. 49015.

Decreto 328 de 2020 "Por el cual se fijan lineamientos para adelantar Proyectos Piloto de Investigación Integral -PPII sobre Yacimientos No Convencionales - YNC de hidrocarburos con la utilización de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH, y se dictan otras disposiciones". 28 de febrero de 2020.

Centro de Estudios de Derecho, Justicia y Sociedad- DeJusticia. (2014). Solicitud de moratoria al uso del fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales de hidrocarburos (o fracking).

[http://static.iris.net.co/sostenibilidad/upload/documents/Documento\\_31820\\_20140915.pdf](http://static.iris.net.co/sostenibilidad/upload/documents/Documento_31820_20140915.pdf)

Departamento de Salud – Estado de Nueva York. (2014). Revisión de la Salud Pública relacionada con la fractura hidráulica de altos volúmenes en el desarrollo del gas de lutitas, diciembre de 2014. [http://www.health.ny.gov/press/reports/docs/high\\_volume\\_hydraulic\\_fracturing.pdf](http://www.health.ny.gov/press/reports/docs/high_volume_hydraulic_fracturing.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2020) <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema>

Departamento Nacional de Planeación. (2011). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/Bases%20PND%202010-2014%20Versi%C3%B3n%205%2014-04-2011%20completo.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2019). Informe de comportamiento del recaudo del SGR 2017-2018. <https://www.dnp.gov.co/programas/inversiones-y-finanzas-publicas/Paginas/Sistema-General-de-Regal%C3%ADas---SGR.aspx>

Departamento Nacional de Planeación. (2021). Informe de comportamiento del recaudo del SGR 2019-2020. <https://www.dnp.gov.co/programas/inversiones-y-finanzas-publicas/Paginas/Sistema-General-de-Regal%C3%ADas---SGR.aspx>

- Fundación Heinrich Böll- Colombia. (2019). La inviabilidad del fracking frente a los retos del siglo XXI. [https://co.boell.org/sites/default/files/2019-11/20191114\\_hb%20fracking%202019\\_web.pdf](https://co.boell.org/sites/default/files/2019-11/20191114_hb%20fracking%202019_web.pdf)
- Fundación Heinrich Böll Ciudad de México. (2019). Compendio de hallazgos científicos, médicos y de medios de comunicación que demuestran los riesgos y daños del fracking. [https://mx.boell.org/sites/default/files/2019-11/Fracking\\_libro\\_2019.pdf](https://mx.boell.org/sites/default/files/2019-11/Fracking_libro_2019.pdf)
- Global Methane Initiative. (s.f.). Las emisiones globales de metano y oportunidades de mitigación. [https://www.globalmethane.org/documents/GMI\\_Mitigation-Factsheet\\_Spanish.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/GMI_Mitigation-Factsheet_Spanish.pdf)
- Heinberg, R. (2014). Fracking: el bálsamo milagroso. Barcelona: Icaria Editorial.
- Hughes, J. (2013). Drill, Baby, Drill: Can Unconventional Fuels Usher in a New Era of Energy Abundance. <https://www.postcarbon.org/publications/drill-baby-drill/>
- Instituto de Geociencias (CSIC-UCM). (s.f.). Clasificación de las rocas. [https://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA\\_CLASIFICACION%20DE%20ROCAS\\_CC.pdf](https://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA_CLASIFICACION%20DE%20ROCAS_CC.pdf)
- Ivars, J. (2013) ¿Recursos naturales o bienes comunes naturales?: Algunas reflexiones. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/1209>
- Jefatura del Estado Español. (2021). Ley 7/2021. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/05/21/pdfs/BOE-A-2021-8447.pdf>
- Kaplan, T. (2014). Citing Health Risks, Cuomo Bans Fracking in New York State; New York Times. <http://www.nytimes.com/2014/12/18/nyregion/cuomo-to-ban-fracking-in-new-york-state-citing-health-risks.html>
- King, G. (2012). Fracturamiento hidráulico. <https://www.spantip.com/wiki/Hydrofracking>

La República. (2020). Ecopetrol suscribirá el primer contrato de los piloto de fracking por alrededor de US\$76 millones. <https://www.larepublica.co/economia/ecopetrol-suscribira-el-primer-contrato-de-los-piloto-de-fracking-por-alrededor-de-us76-millones-3091937>

Langenbruck, C. y Zoback, M. (2016). How will induced seismicity in Oklahoma respond to decreased saltwater injection rates?. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1601542>

Legislatura de la Provincia de Entre Ríos (Argentina. (2017). Ley 10477 de 2017 “por la cual prohíbe en todo el territorio la prospección, exploración y explotación de hidrocarburos líquidos y gaseosos por métodos no convencionales, incluyendo la técnica de fractura hidráulica (Fracking)”

Ley 23 de 1973 “Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.” 19 de diciembre de 1973.

Ley 99 de 1993 “por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”. 22 de diciembre de 1993. D.O. No. 41146.

Ley 1523 de 2012 “por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”. 24 de abril de 2012. D.O. No. 48411.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia. (2019). Marco Fiscal de Mediano Plazo.

Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay. (2021) ¿Se puede hacer fracking en Uruguay?

<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/se-puede-hacer-fracking-uruguay>

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Resolución n° 180742 del 16 de mayo de 2012 “por la cual se establecen los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales”.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Resolución 181495 del 2 de septiembre de 2009 “Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos”.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Resolución 90341 de 2014 “Por la cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales”.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 421 de 2014 “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones”.

Montoya, M. (2015). Regulación comparada de yacimientos no convencionales.

Morton, M. (2013). Unlocking the Earth - A Short History of Hydraulic Fracturing.  
<https://www.geoexpro.com/articles/2014/02/unlocking-the-earth-a-short-history-of-hydraulic-fracturing>

Ordúz et al. (2018). La prohibición del fracking en Colombia como un asunto de política pública.  
[https://co.boell.org/sites/default/files/20190329\\_hb\\_publicacion\\_fracking\\_web.pdf](https://co.boell.org/sites/default/files/20190329_hb_publicacion_fracking_web.pdf)

Organización de las Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Orozco, et al. (2014). Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/44037/61361>

Palomo, M. (2016). Análisis y recomendaciones para aplicación de la técnica de fracturación hidráulica. [https://oa.upm.es/39678/1/TFM\\_MARIA\\_PALOMO\\_LOPEZ.pdf](https://oa.upm.es/39678/1/TFM_MARIA_PALOMO_LOPEZ.pdf)

ProColombia. (2018). Colombia y su potencial en fuentes de energía renovables.  
<https://investincolombia.com.co/es/articulos-y-herramientas/articulos/colombia-y-su-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables>

Procuraduría General de la Nación. Concepto dentro de la acción de nulidad simple que cursa en el Consejo de Estado bajo el radicado 11001-03-26-000-2016-00140-00.

República de Uruguay. Ley 19.585 de 2017. Prohibición uso del procedimiento de fractura hidráulica (fracking) para la explotación de hidrocarburos no convencionales. Creación de la Comisión Nacional de Evaluación Científica y Técnica.  
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19585-2017>

Revista Semana. (2019.). Pilotos de fracking le aportarían \$100 billones al país en los próximos 25 años. <https://www.semana.com/pais/articulo/impacto-de-los-proyectos-pilotos-de-fracking-en-colombia-segun-la-acp/268682/>

Revista Petroleum. (2013). Fracturamiento hidráulico y sus aplicaciones.  
[https://issuu.com/revistapetroleum/docs/web\\_pdf\\_febrero](https://issuu.com/revistapetroleum/docs/web_pdf_febrero)

Secretaría de Energía del Gobierno de México. (s.f.). ¿Qué es la Exploración de Hidrocarburos?

<https://www.gob.mx/sener/articulos/que-es-la-exploracion-de-hidrocarburos>

Suárez, M. (2013). El Fracturamiento Hidráulico y sus Implicaciones Normativas y Regulatorias para el Desarrollo de Yacimientos No Convencionales en Colombia.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/20034/u671880.pdf?s>

Unidad de Planeación Minero Energética-UPME. (2013). Cadena del Petróleo.

[http://www.upme.gov.co/Docs/CadenadelPetroleo\\_sp.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/CadenadelPetroleo_sp.pdf)

Universidad Nacional de Medellín. (s.f.). Rocas y yacimientos sedimentarios detríticos.

<https://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/yacimientos-higueras/ymdetríticos.htm>

Urresti, A. & Marsellesi, F. (2016). Fracking: una fractura que pasará factura.

<https://www.ecologiapolitica.info/?p=3684>

U. S. Department of Energy. (2018). Shale Research & Development.

<https://www.energy.gov/fe/science-innovation/oil-gas-research/shale-gas-rd>

World Energy Trade. (2020). Los 5 principales países productores de energía eólica de América

del Sur. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-eolica/los-5-principales-paises-productores-de-energia-eolica-de-america-del-sur>

World Resources Institute. (2014). Global Shale Gas Development: Water Availability &

Business Risks. <https://www.wri.org/research/global-shale-gas-development-water-availability-business-risks>