

**EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS PROYECTOS PILOTOS
DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL DE LOS YACIMIENTOS NO
CONVENCIONALES EN LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA**

CERGIO ANDRES ROJAS CUADRO

RONAL STEVEN PEÑA GARCIA

Proyecto integral de grado para optar título de

INGENIERO DE PETRÓLEOS

ORIENTADOR

ARNUL DAVID PAZ ARANGUREN

INGENIERO DE PETROLEOS

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERA DE PETROLEOS

BOGOTA D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

⋮

Nombre
Presidente Jurado

Nombre
Jurado 1

Nombre
Jurado 2

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro.

Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA – PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dr. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decana de la Facultad

Dra. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director de Programa

Dr. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ESPARZA.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

DEDICATORIA

Que viva Dios, gracias mi viejo; esto es de mis padres **Apolinar Rojas Y Yennis Cuadro** que con sudor y lágrimas me sacaron adelante y me permiten hoy en día ser un hombre de bien y verdaderamente que sin ustedes esto no habría sido posible, no me alcanzarán los días en este mundo para pagarles todo lo que han hecho por mí.

a mis amigos, mi novia que fue siempre una estrella en la oscuridad y además la que me ha impulsado tanto, mi familia entera que me ha acobijado para lograr todo lo que me propongo y son unos pilares fundamentales en mi vida.

A mi pueblo querido la jagua de ibirico que esto también es de ellos, el conocimiento y la entereza de querer llegar a donde te propongas nos hará seres humanos excelentes.

Agradecer a la universidad y a los grandes profesores que a lo largo de la carrera generaron en mi un carácter crítico y una gran persona.

Deberás que no tengo como pagarles, no merezco tanto. Soy un afortunado de la vida.

“cuando tenemos el privilegio de tener conocimiento nuestro deber es enseñar a los demás, para poder construir una sociedad con carácter y con fundamentos para seguir desarrollando futuro”

Cergio Andrés Rojas Cuadro

DEDICATORIA

A Dios y la vida por darme esta increíble oportunidad de estar como practicante en el Ministerio de Minas y Energía, a la Fundación Universidad de América por brindarme todo el apoyo y el cariño, a mis profesores que siempre estuvieron dispuestos en esos momentos difíciles que tuve, deseándoles muchos éxitos para su futuro, y a mis padres que me han brindado todo el apoyo. Decanatura, coordinación de prácticas y el Ministerio del Trabajo. Gracias a todos.

Ronal Steven Peña Garcia

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos	12
2. YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES Y SUS PRINCIPALES DIFERENCIAS CON LOS YACIMIENTOS CONVENCIONALES	13
2.1 Crudo Asociado a Lutitas o Shale Oil y Shale Gas	14
2.2 Yacimientos de Crudo o Gas Apretado	14
2.3 Arenas Bituminosas	14
2.4 Coal Bed Methane	14
2.5 Hidratos de Metano	15
3. GENERACIÓN DE LA CUENCA	18
3.1 Columna Estratigráfica	18
3.2 Yacimiento no Convencional de Shale	20
3.2.1 <i>Shales apretados (Tight Shales)</i>	22
3.2.2 <i>Shales fracturados (fractured shales)</i>	22
3.2.3 <i>Shales híbridos (hybrid shales)</i>	22
4. FORMACIÓN LA LUNA	24
4.1 Descripción de los miembros	25
4.1.1 <i>Miembro Salada</i>	25
4.1.2 <i>Miembro Pujamana</i>	26
4.1.3 <i>Miembro Galembo</i>	26
5. POTENCIAL DE RESERVA DE LA CUENCA VALLE MEDIO DEL MAGDALENA	32

6. IMPACTOS AMBIENTALES	35
6.1 Contaminación de Agua y Atmósfera	36
6.2 Actividad Sísmica y Sismicidad Inducida	40
6.2.1 <i>Actividad Sísmica En El Valle Medio Del Magdalena</i>	40
7. IMPACTOS SOCIALES	42
8. MARCO METODOLÓGICO	44
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
9.1 Solución al Objetivo Específico n° 1	46
9.2 Solución al Objetivo Específico n° 2	56
9.2.1 <i>Uso de Redes Sociales para Difundir la Información</i>	58
9.3 Solución al Objetivo Específico n°3	60
10. CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA	65
GLOSARIO	69
ANEXOS	72

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1 <i>Comparación entre yacimientos convencionales (YC) y yacimientos no convencionales (YNC)</i>	13
Figura 2 <i>Principales diferencias entre yacimientos no convencionales y convencionales</i>	15
Figura 3 <i>Localización de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena en Colombia</i>	17
Figura 4 <i>Columna estratigráfica de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena</i>	20
Figura 5 <i>Clasificación de los principales tipos de yacimientos de sale</i>	23
Figura 6 <i>Clasificación de rocas carbonáticas según Dunham</i>	25
Figura 7 <i>Distribución de litofacies para cada miembro de la Formación La Luna</i>	27
Figura 8 <i>Valores de propiedades petrofísicas para los tres miembros de la Formación La Luna</i>	28
Figura 9 <i>Distribución del contenido orgánico total (TOC) de la Formación La Luna en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena</i>	30
Figura 10 <i>Mapa de isovalores promedio de la reflectancia de la vitrinita para la Formación La Luna en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena</i>	31
Figura 11 <i>Demanda de agua y huella hídrica azul nacional multisectorial</i>	37
Figura 12 <i>Demanda de agua por sectores usuarios del recurso (millones de m³ /año)</i>	38
Figura 13 <i>Demanda hídrica ENA2010, 2014 y 2018. Comparación de la participación por sectores (%)</i>	39
Figura 14 <i>Distribución de demanda hídrica sectorial por Áreas Hidrográficas</i>	40
Figura 15 <i>Efectos típicos de los sismos de diversas magnitudes</i>	41
Figura 16 <i>Diagrama de tareas en el proyecto</i>	45
Figura 17 <i>Normatividad en Colombia para yacimientos no convencionales</i>	47
Figura 18 <i>Normativa en Colombia para los yacimientos no convencionales</i>	49
Figura 19 <i>Encuesta de aspectos sociales para el éxito de los YNC en Colombia</i>	50
Figura 20 <i>Barómetro petrolero, exploración y producción de YNC</i>	54
Figura 21 <i>Encuesta mitos del fracturamiento hidráulico</i>	55
Figura 22 <i>Esquema de soluciones a problemáticas sociales</i>	57
Figura 23 <i>Principales fuentes de información veraz de la industria energética</i>	59
Figura 24 <i>Evaluación de soluciones propuestas en el VMM</i>	61

RESUMEN

El proyecto de investigación que se llevó a cabo iniciando desde la investigación de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena para posteriormente poder determinar las características o propiedades de los yacimientos de petróleo y gas no convencionales. En la parte siguiente del proyecto se logra describir su ubicación geográfica, historia evolutiva y estratigrafía esto se logró obtener gracias a la columna estratigráfica que ayuda a establecer marcos geológicos.

Seguido a esto, se planteó las definiciones importantes de los diferentes tipos de yacimientos no convencionales, a partir de esta definición se logró describir las características geológicas, características petrofísicas y geoquímicas de la formación La Luna y sus diversas formaciones y miembros, se analizarán las diferentes encuestas a nivel nacional realizadas por los organismos que competen a la industria y al tema de YNC, serán propuestas ideas y soluciones para la falta del conocimiento de estos temas que no permiten contar con la aprobación social necesaria para la ejecución de estos proyectos pilotos en el valle medio del magdalena.

Palabras Clave: Yacimientos no convencionales, Recurso no convencional, Economía, Sociedad, Proyectos piloto

INTRODUCCIÓN

La industria petrolera colombiana ha impulsado por más de 100 años el crecimiento de la economía del país y el progreso de sus habitantes. Lo ha logrado privilegiando la sostenibilidad ambiental, la inclusión social, así como el desarrollo territorial sostenible. [1]

El sector petrolero es una fuente de ingresos fiscales, tanto para el gobierno nacional como para las regiones y así mismo, es un sector generador de divisas por medio de las exportaciones y de la inversión extranjera directa. El sector de los hidrocarburos es un importante impulsor del valor social por los aspectos que estimula, los cuales se reflejan en la generación de empleo y en la oferta de bienes y servicios, en especial en las regiones productoras de hidrocarburos. [1]. Sin embargo, las perspectivas para el sector en el corto y en el mediano plazo no son tan favorables. Una mezcla de incertidumbre en los mercados internacionales, junto con condiciones internas adversas propiciadas por un creciente rechazo a la actividad petrolera, el cual ha incrementado el conflicto social [2]. La evaluación de la percepción social en una parte de la región de la cuenca del Valle Medio del Magdalena, permitirá conocer de mano propia, analizar, valorar, evaluar y mejorar la incertidumbre en el aspecto social, y así poder establecer estrategias oportunas y eficaces, que ayuden a que, en el futuro, la posible ejecución de proyectos pilotos en yacimientos no convencionales, que vayan en beneficio de la sociedad y sus diferentes áreas.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Evaluar la Percepción Social de los proyectos pilotos de Investigación integral de los yacimientos no convencionales en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

1.2 Objetivos Específicos

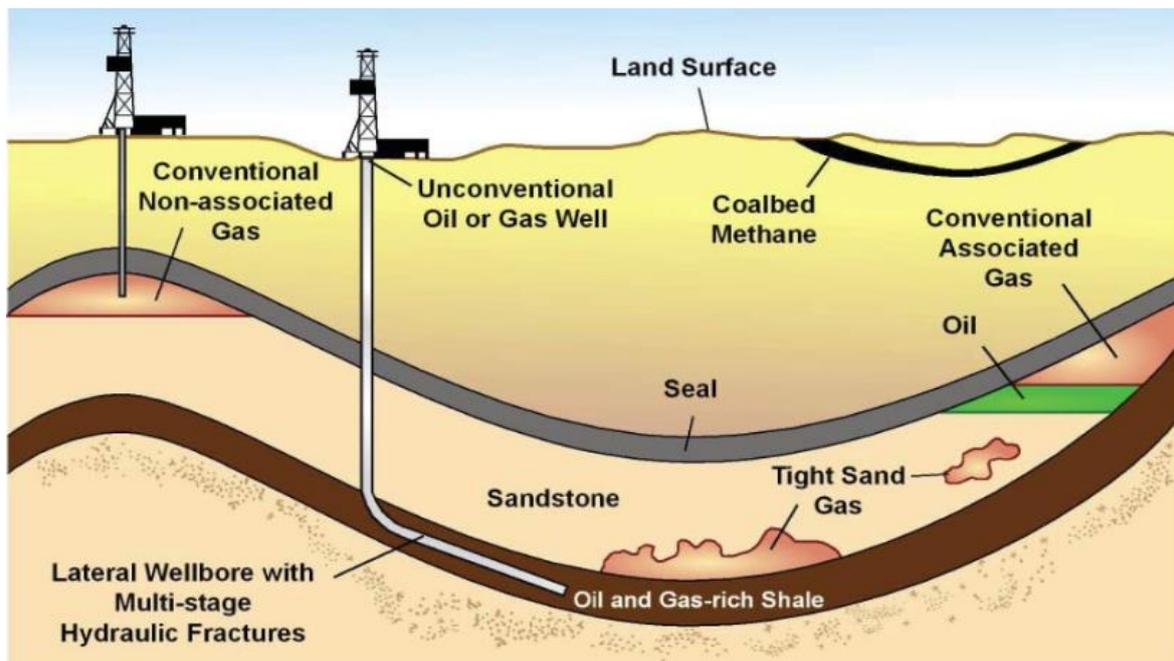
- Evaluar las encuestas actuales respecto a la percepción social que se tiene en la investigación de los proyectos pilotos de yacimientos no convencionales de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.
- Plantear estrategias para mitigar la brecha de conocimiento de las técnicas de los yacimientos no convencionales en roca generadora o roca madre.
- Evaluar el impacto de las estrategias establecidas en el desarrollo de los pilotos de investigación integral en los yacimientos de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

2. YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES Y SUS PRINCIPALES DIFERENCIAS CON LOS YACIMIENTOS CONVENCIONALES

En un primer momento es importante aclarar qué es un yacimiento convencional, puesto que se pueden tejer diferentes conceptos alrededor de este término, para comenzar un acercamiento a esta definición, resulta primordial recordar que: un yacimiento es un “Sitio donde se halla naturalmente una roca, un mineral o un fósil” (RAE 2019) y que esté contiene una serie de elementos en una línea de tiempo. Estos son: la roca madre (roca generadora), la roca reservorio (yacimiento), la roca sello (trampa), la columna de roca que ejerce presión sobre el sistema, los procesos de generación, migración, acumulación, y la preservación del hidrocarburo generado, migrado y acumulado en la roca reservorio, cuando se carece de alguno de estos elementos se habla de un Yacimiento No Convencional (YNC)

Figura 1

Comparación entre yacimientos convencionales (YC) y yacimientos no convencionales (YNC)



Nota. Comparación de yacimientos convencionales y no convencionales, además de su ubicación en el subsuelo. Tomado de "La técnica de la fracturación hidráulica (fracking)". HombreGeológico. <https://geologicalmanblog.wordpress.com/2016/06/01/fracking-fracturacion-hidraulica/>

2.1 Crudo Asociado a Lutitas o Shale Oil y Shale Gas

petróleo o gas que se produce de formaciones densas de lutitas, donde la formación cumple la función de roca generadora y roca almacén. En estos yacimientos, el gas y el petróleo se encuentra normalmente en los espacios porosos o en fracturas formadas de manera natural. Adicionalmente a la baja porosidad, estas formaciones tienen muy baja permeabilidad, que va de 0.1 a 0.0001 md o incluso menos. Estos son yacimientos no convencionales y la única forma de producirlos rentablemente es mediante pozos horizontales y a través de fracturas creadas, de forma común, con fracturamiento hidráulico.

2.2 Yacimientos de Crudo o Gas Apretado

Crudo o gas, encontrado en formaciones de areniscas (o calizas) de baja porosidad y baja permeabilidad. La definición estándar para un yacimiento de arenas compactas es aquel que tiene una roca matriz con:

- Porosidad < 10%
- Permeabilidad < 0,1 millidarcy.

2.3 Arenas Bituminosas

Yacimientos maduros cuya permeabilidad es menor de 0.1 md y son altamente viscosos. Una característica de la explotación de este tipo de yacimientos es una declinación significativa durante los primeros tiempos de la producción de los pozos en estos yacimientos, es por esto por lo que se recomienda tomar muestras de la producción de estos pozos después de pasados 90 días de su inicio. Esto para permitir que se lleve a cabo de mejor manera el diseño de las instalaciones de transporte de este recurso (Schneider, 2008).

2.4 Coal Bed Methane

Gas con alto contenido en metano que procede de yacimientos subterráneos de carbón, el gas queda absorbido en la superficie granulada del carbón por la presión del agua que lo rodea.

Para producir el metano en capas de carbón primero debe extraerse el agua, reduciendo la presión para que el metano del carbón se libere y fluya hacia el núcleo del pozo; A medida que la cantidad de agua en el carbón disminuye, la producción de gas aumenta. Las capas de carbón suelen tener baja permeabilidad, por lo que los

fluidos no circulan fácilmente a su través a menos que el yacimiento sea estimulado, por ejemplo, con fracturación hidráulica.

2.5 Hidratos de Metano

Los hidratos de metano son sólidos cristalinos que se forman de manera natural y su composición es principalmente agua y metano, que se congela debido a bajas temperaturas y se encuentran en varias regiones del mundo en forma de hielo, esto sucede principalmente en plataformas continentales en regiones polares y se conoce como "permafrost", y en los sedimentos marinos en aguas profundas.

Figura 2

Principales diferencias entre yacimientos no convencionales y convencionales

Yacimientos Convencionales	Yacimientos No Convencionales
Requiere de una roca almacenadora (reservorio) porosa y permeable para la acumulación de hidrocarburos.	Existencia de una roca reservorio de muy baja porosidad y permeabilidad.
La acumulación de hidrocarburos requiere de una trampa o sello con una roca impermeable que no permita la migración de fluidos	No requiere de una roca sello o impermeable ya que el petróleo y gas se sitúan en la roca madre.
La porosidad referencia para este tipo de yacimientos es >10%	Yacimientos con porosidades <10%.
Permeabilidades >100 md (mildarcy)	Por lo general la permeabilidad puede llegar a ser mucho menor de 0,1 md (mildarcy).
Este tipo de yacimientos normalmente presentan dentro del yacimiento un límite definido entre los hidrocarburos y el agua	No existen límites definidos entre los hidrocarburos y el agua en la roca que los aloja
No requieren de estimulación alguna para mejorar su permeabilidad, de llegar a necesitarse los trabajos son en menor escala que los no convencionales	Al presentar una baja permeabilidad se requiere de estimulaciones artificiales para producir (fracking).
Predominan los pozos verticales sobre los horizontales	Producción óptima en pozos horizontales.
Su desarrollo no requiere del uso de tecnología de punta.	Su desarrollo requiere el uso de altas tecnologías.
Reservas limitadas las cuales pueden ser explotadas en pocos años.	Son capaces de producir por varias décadas
Tienen varios estados de recobro: Primario, secundario y terciario.	No hay fases de recobro, estos yacimientos no producen a menos que se les estimule y fracturen hidráulicamente (Fracking) para mejorar la permeabilidad

Nota: diferencias más comunes entre los dos tipos de yacimientos de hidrocarburos.

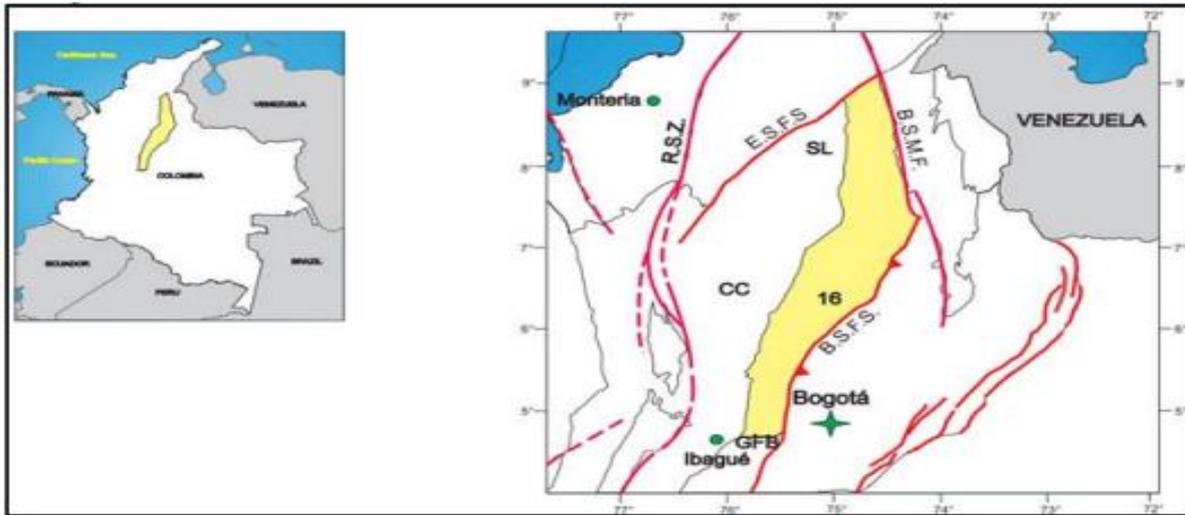
Por otro lado, los yacimientos convencionales y no convencionales son lo mismo, si de materia prima se trata, presentan un origen igual tanto para el petróleo como para

el gas, sin embargo, existen algunas características que difieren el uno del otro. En el siguiente cuadro se relacionan las principales diferencias entre estos tipos de yacimientos.

En el capítulo a continuación se describen las características generales de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena mencionando la creación y evolución de ésta. Seguido de esto, se realiza una descripción geológica, geoquímica y petrofísica de cada uno de los miembros de la formación sobre la cual se trabajará; con esto se podrá distinguir las zonas con mayor prospectividad para la generación y acumulación de hidrocarburos. Según L. Sarmiento la cuenca del Valle Medio del Magdalena es una cuenca de tipo intramontana ya que se encuentra a lo largo de la zona central del país, comprendida entre la cordillera Central al occidente y la Cordillera Oriental colombiana al este. Obtiene su nombre debido a que es el lugar por donde fluye el río Magdalena de sur a norte. Cuenta con una extensión de 32.000 km² y se encuentra comprendida entre los departamentos de Boyacá, Santander, Cundinamarca, Antioquia, Tolima, Caldas, Norte de Santander, Bolívar y Cesar. Según el reporte realizado por Sarmiento, a la cuenca se le han asignado límites que corresponden a rasgos geológicos importantes como lo son el sistema de fallas de Bituima y La Salina al suroriente, el sistema de fallas de Espíritu Santo al norte, el levantamiento de sedimentos del Neógeno sobre la serranía de San Lucas y el basamento de la Cordillera Central al occidente, el Cinturón de Plegamiento de Girardot al sur y por el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta al nororiente.

Figura 3

Localización de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena en Colombia



Nota: localización de la cuenca del valle medio del magdalena en Colombia para su estudio previo. D. Barrero, et al., *Colombian Sedimentary Basins*, Bogotá, editorial, 2007. p. 54.

3. GENERACIÓN DE LA CUENCA

De acuerdo con J. Mojica [5] y L. Sarmiento, la generación de la cuenca se encuentra intensamente ligada a la formación andina colombiana. Durante el periodo jurásico tardío al cretácico temprano se dio un proceso distensivo en respuesta a un rifting lo que ocasionó que se formaran grabens y horsts, aunado a esto debido a la separación de la placa suramericana y norteamericana se formó un aulacógeno en dirección noroeste-sureste. Con la creación de estos grabens el mar cretácico, nombrado así por el tiempo geológico, procedió a ingresar e inundar parte de la esquina noroccidental de Suramérica iniciándose el desarrollo de un proceso de depositación de sedimentos calcáreos de origen fluvial en los grabens.

Después, conforme transcurría el Berriasiano-Valanginiano (Cretáceo temprano), se produjo una depositación de sedimentos marinos someros en las dos subcuencas de rift formadas previamente como resultado de los esfuerzos tectónicos, estas estaban separadas por el alto del paleomacizo de Foresta Santander. Luego, empieza un periodo de alta subsidencia con alta depositación hasta que cesa en el Aptiano (Cretáceo temprano); las dos cuencas (los dos grabens generados al inicio) se unen formando una macrocuenca.

Según el reporte de integración geológica realizado por La ANH [6] La cuenca presentó una sedimentación post-rift desde el Turoniano-Coniaciano hasta finales del Cretáceo, momento en el cual se generan esfuerzos compresivos con respuesta al emplazamiento de la Cordillera Occidental provocando un cambio en los patrones sedimentarios por lo que se generan pantanos y llanuras de inundación. A partir del Paleoceno tardío hasta el Oligoceno se produjo una sedimentación ocasionada principalmente por el levantamiento de la cordillera central generando el desarrollo de facies clásticas arenosas en el oeste de la cuenca. Según Valentín et al⁷, desde el Oligoceno medio hasta el presente se está llevando a cabo el levantamiento de la cuenca.

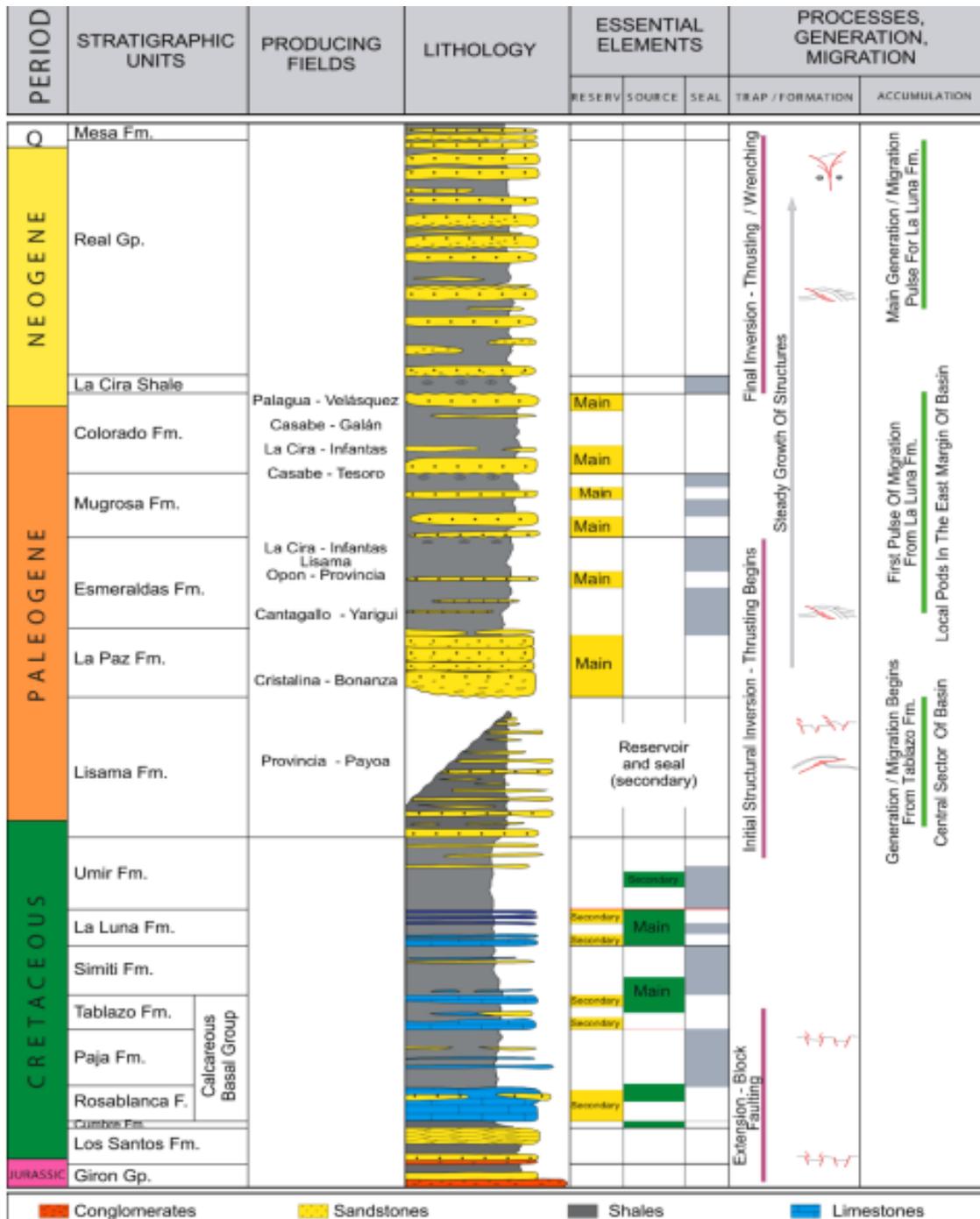
3.1 Columna Estratigráfica

Según ECOPEPETROL S.A, la columna estratigráfica está conformada de la siguiente manera (de base a tope) por la Formación Tablazo compuesta por calizas negras fosilíferas; Formación Simití compuesta por lutitas negras calcáreas; Formación El Salto compuesta por calizas sin foraminíferos; Formación La Luna, la cual es una

secuencia compuesta por shales, calizas y chert según sea el miembro; Formación Umir compuesta por Lodolitas fósiles gris oscuro con limolita y en la parte superior por arenisca de grano fino; Formación La Paz compuesta por cuarzoarenitas con intercalaciones de limolita y shale; Formación Esmeralda compuesta por sublitoarenitas feldespáticas que se alternan con shales grises oscuros; Formación Mugrosa compuesta por cuarzo arenitas muy arcillosas las cuales contiene los yacimientos.

Figura 4

Columna estratigráfica de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena



Nota. Columna estratigráfica de la cuenca Del valle medio del magdalena donde se pueden visualizar todos sus miembros. D.Barrero, et al., *Colombian Sedimentary Basins*, Bogotá, editorial, 2007. p.126.

3.2 Yacimiento no Convencional de Shale

El término Yacimiento no convencional de shale al que se hace referencia comúnmente corresponde a aquella formación rocosa de muy baja permeabilidad, la

cual, haciendo analogía con en el sistema petrolífero convencional, actúa como roca generadora.

Esta formación rocosa posee ciertas propiedades favorables para la generación y existencia de hidrocarburos como lo son la cantidad de materia orgánica total presente y el índice de reflectancia a la vitrinita. Sin embargo Y. Zee⁸ indica que el término “yacimiento no convencional” se ha usado de manera ambigua y errónea ya que existen formaciones lutíticas con alto contenido de materia orgánica que, debido a su composición mineralógica y a la presencia de fracturas naturales, no deberían tratarse como yacimientos no convencionales; es por esto que Zee propone cambiarles el nombre a “yacimientos con recursos no convencionales de roca generadora”. Cabe aclarar que el autor al decir “no convencionales” se refiere a que alguna de sus condiciones sobrepasa los límites técnicos o económicos convencionales.

Según Ahmed, U. [9] un shale es una roca clástica sedimentaria laminada y fisible cementada por lodo la cual está mayormente conformada por cuarzo, calcita, limos y minerales de arcilla. Geológicamente está definido según su tamaño de grano (grano menor a 1/126 mm de diámetro) y su composición hace que este tipo de roca sea catalogada como un tipo de caliza lodoza (mudstone).

En la industria, se habla generalmente de yacimientos de shale oil los cuales son intercalaciones de capas laminadas continuas de lutitas y limolitas o carbonatos que ocupan grandes extensiones areales y que además, poseen acumulaciones importantes de petróleo entrampado en la matriz de la roca. Sin lugar a duda, uno de los mayores desafíos al momento de desarrollar este tipo de yacimientos no es el hecho de encontrar recursos fácilmente explotables como sucede con los yacimientos convencionales sino el de encontrar los “sweet spots” o puntos en los cuales se presentan las mejores condiciones para obtener la mejor producción y recobro con una menor inversión.

Según la clasificación de yacimientos de petróleo presentes en formaciones lutíticas (shale oil) dada por Jarvie, D10 y mostrada en la Figura 3, los yacimientos de shale pueden ser divididos en tres grandes categorías según su litología y contenido de materia orgánica; a continuación, se detallan cada uno de los tipos.

3.2.1 Shales apretados (*Tight Shales*)

Son calizas lodosas ricas en materia orgánica de muy baja permeabilidad que contienen fracturas selladas por minerales de calcio y cuya composición consta de alto contenido de arcilla y bajo contenido de carbonato; para la explotación de este tipo se requiere la aplicación obligatoria de tecnologías avanzadas como lo son la perforación de pozos horizontales y el fracturamiento hidráulico, esto con el fin de aumentar al máximo el contacto areal entre el pozo y la formación y aumentar el recobro de fluidos de yacimiento.

3.2.2 Shales fracturados (*fractured shales*)

Son formaciones rocosas de calizas lodosas ricas en materia orgánica con contenido alto de fracturas naturales abiertas. Son consideradas de excelente potencial productivo debido a que no se requiere obligatoriamente la ejecución de un fracturamiento hidráulico ya que para la explotación de estos yacimientos se basta con conocer el azimuth del sistema de fracturas para de esta forma poder perforar el pozo horizontal orientado a estas y así contactar la mayor cantidad de fracturas.

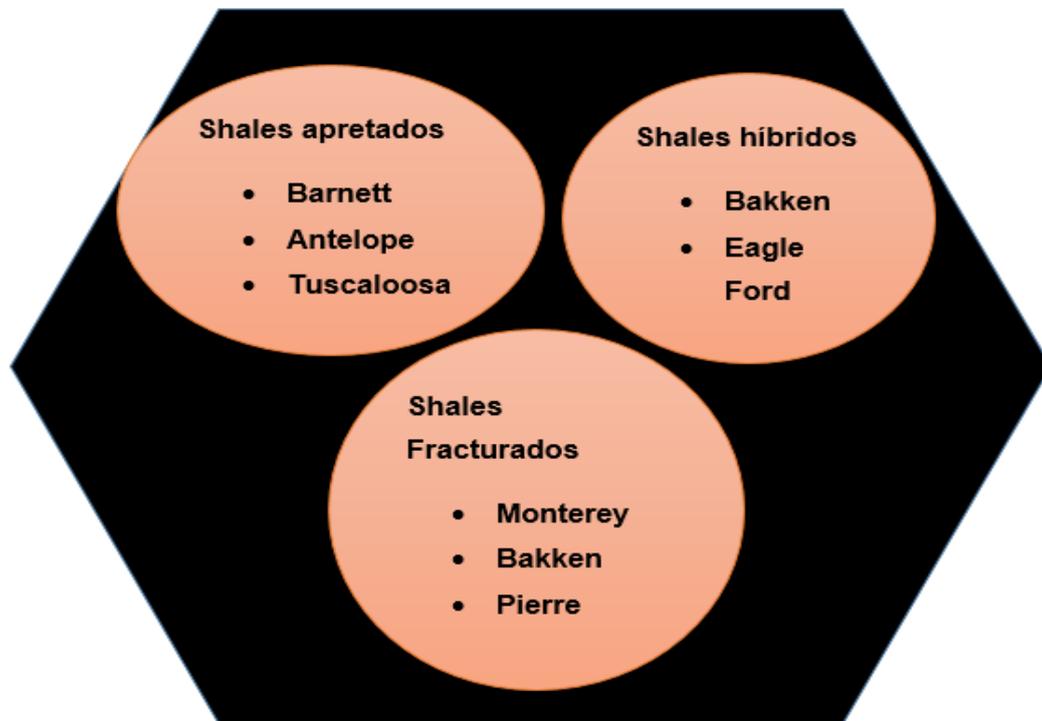
3.2.3 Shales híbridos (*hybrid shales*)

Según Welte, [11] los shales híbridos son aquellos yacimientos de petróleo en roca generadora que tienen intercalaciones de intervalos de roca con alto contenido de materia orgánica (calizas lodosas) e intervalos con pobre contenido de materia orgánica (rocas carbonatadas) haciendo parte de la misma formación. En este tipo de yacimiento de roca generadora se puede hablar de dos tipos de migración: migración primaria y secundaria. Como primer objetivo la extracción de hidrocarburo se realiza a partir del intervalo de materia orgánica pobre debido a que reduce los efectos de adsorción ligados al cuarzo aumentado así el factor de recobro, además, permite un mejor desempeño en las operaciones de fracturamiento al poseer una mayor fragilidad.

Es válido aclarar que una formación puede estar en dos categorías a la vez debido a la heterogeneidad que se presenta en la extensión areal de la misma. A causa de esto, los campos que explotan una formación de shale requerirán técnicas y análisis diferentes.

Figura 5

Clasificación de los principales tipos de yacimientos de shale



Nota. Clasificación de todos los yacimientos de shale que se pueden encontrar en los YNC. tomado de Complete JARVIE, Daniel Shale Resource Systems for Oil and Gas: Part 2—Shale-Oil Resource Systems. En: BREYER, J. ed. Shale Reservoirs—Giant Resources for the 21st Century. Tulsa, OK: AAPG, 2012. 89-93 p.

4. FORMACIÓN LA LUNA

La Formación La Luna, acuñada originalmente como “La Luna Limestone” por Morales [13] es la principal roca generadora de hidrocarburos de la cuenca del Valle Medio del Magdalena y data del Cretácico tardío. Esta formación ha despertado gran interés recientemente debido a los resultados obtenidos a partir de análisis geológicos, mineralógicos, geoquímicos y petrofísicos realizados los cuales posibilitan la explotación de esta formación como yacimiento no convencional de shale típico.

Spickert¹³ sugiere considerar la Formación La Luna como un yacimiento híbrido en vez de un yacimiento de roca generadora netamente no convencional ya que se ha detectado la presencia de calizas naturalmente fracturadas dentro del miembro Pujamana la cual actúa como yacimiento secundario convencional en los campos Buturama, Totumal y Tisquirama, situados al norte de la cuenca ; [14] esta característica permitiría realizar trabajos de extracción utilizando procesos convencionales. Es por esto, que para efectos del presente trabajo se llamará a los recursos existentes en la formación y al yacimiento de estudio como recursos no convencionales de roca generadora y yacimiento de roca generadora, respectivamente.

La historia geológica y sedimentológica de la cuenca inicia en el periodo Cretáceo en el cual se presentaron ciclos de transgresión-regresión donde hubo primeramente un aumento relativo del nivel tectono-eustático del mar durante el Aptiano, seguido de una caída relativa del nivel tectono-eustático comprendida entre el Albiano al Cenomaniano temprano. Después, en las edades del Cenomaniano, Turoniano y hasta el Coniaciano ocurrió el aumento máximo del nivel del mar (HST: highstand system tract) de toda la Era Mesozoica, por ende, el mar inundó toda la esquina noroccidental de Suramérica, depositando durante este tiempo los sedimentos que conforman las rocas generadoras desde Venezuela hasta Perú

Durante el Cenomaniano tardío hubo un periodo de aumento relativo del nivel tectono-eustático del mar lo que ocasionó que se desarrollara una depositación que favoreció los ambientes donde se depositaron los shales calcáreos negros laminados y las calizas micríticas en facies pelágicas ricas en materia orgánica con contenido fosilífero; esto constituye estratigráficamente a la Formación La Luna.

4.1 Descripción de los miembros

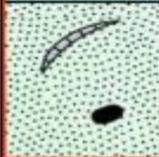
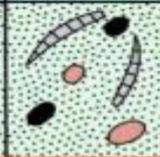
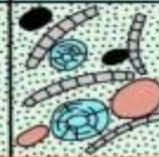
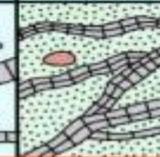
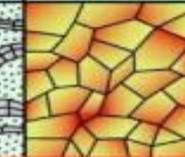
Se considera a la Formación La Luna como una unidad estratigráfica dividida en tres miembros, los cuales son, de base a tope: Salada, Pujamana y Galembo [17] Descripción Mineralógica

Los yacimientos de roca generadora poseen una clasificación según sus litofacies, la cual se divide en tres: calizas lodosas silíceas (siliceous mudstone), calizas lodosas calcáreas (calcareous mudstone) y calizas lodosas con contenido orgánico (organic mudstone).

Para la descripción mineralógica de cada uno de los miembros se utilizarán los términos de la clasificación de Dunham, la cual se puede observar en la Figura 5.

Figura 6

Clasificación de rocas carbonáticas según Dunham

Textura deposicional reconocible				Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción	Textura deposicional no reconocible
Componentes originales no unidos durante la sedimentación					
Con barro micrítico		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico			
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado				
< 10 % granos	> 10 % granos				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina
					

Nota. Clasificación de rocas carbonáticas para su estudio previo en los yacimientos no convencionales. tomado de DUNHAM, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks (Ed. W.E. Ham), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1. p.108–121

4.1.1 Miembro Salada

Este miembro es rico en materia orgánica, se compone principalmente de calizas lodosas y laminaciones de calizas de color gris a negro con intercalaciones de wackestones y packestones con contenido de foraminíferos (Globigerinas) y pellets

fecales [18]. Una característica importante de este miembro es el contenido de laminaciones de ceniza volcánica y de nódulos de pirita que presenta.

Según la ANH [20], el miembro Salada está compuesto principalmente por calizas de color marrón a negro con intercalaciones lutíticas y calcáreas y abundantes trazas de pirita. Hacia el tope de la secuencia se compone de intervalos de lutitas duras, que varían de calcárea a muy calcárea.

4.1.2 Miembro Pujamana

Según Torres y la ANH [21] el Miembro Pujamana se compone de arcillolitas, calizas calcáreas y lutitas grises físciles con concreciones y nódulos. En cuanto a la composición mineralógica del miembro,

Pacheco-Sintura [22] comprobaron que en éste se encuentran principalmente calcita y cuarzo en un 80%, con predominio de calcita.

Según Galvis [24] el miembro Pujamana se caracteriza por su baja cantidad de materia orgánica y alto contenido de minerales de arcilla (15- 45%) en comparación con los otros miembros. Está formado por lutitas delgadas de color gris a negro calcáreas, lodolitas no calcáreas y laminaciones grises a negras de material silíceo y arcilloso. En ciertas partes de este miembro se puede encontrar limolitas y areniscas de grano muy fino con glauconie e intercalaciones muy finas de calizas lodosas fosilíferas (Wackestones).

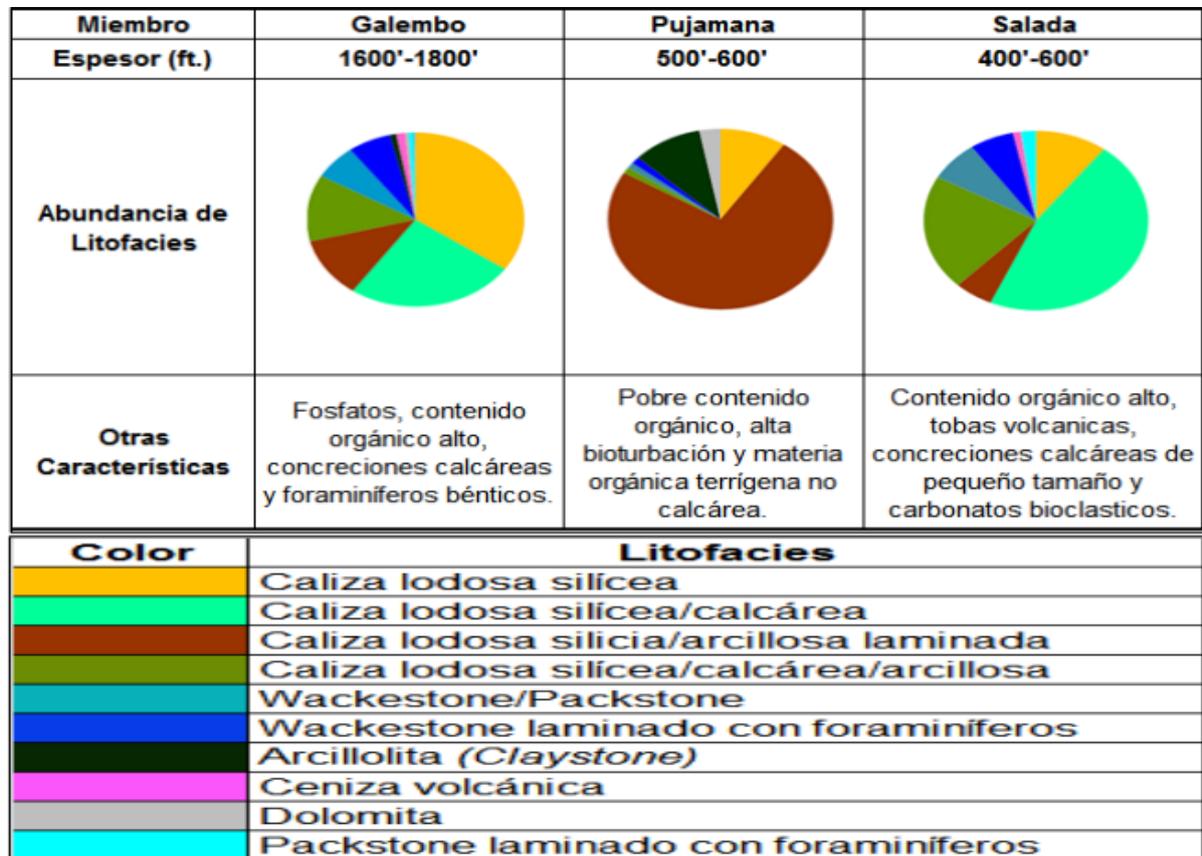
4.1.3 Miembro Galembo

Es un miembro con contenido de materia orgánica que consiste en lodolitas cuarzosas laminadas con coloraciones que van del gris al negro. También posee algunas intercalaciones de calizas lodosas (mudstones) y silíceas con wackestones y packstones con alto contenido de material foraminífero. Estas rocas son duras, densas y cristalinas. Pacheco-Sintura [26] comprobaron que el contenido de cuarzo y carbonato para este miembro representa más del 80% del contenido mineral total.

En la Figura 7, se puede observar la composición mineralógica para cada miembro

Figura 7

Distribución de litofacies para cada miembro de la Formación La Luna



Nota. Distribución de cada fascie presente en la formación la luna, la cual es la estudiada por ser de carácter no convencional. Modificado de GALVIS-PORTILLA, H., et al. Regional Sequence Stratigraphy of the Upper Cretaceous La Luna Formation in the Magdalena Valley Basin, Colombia. Unconventional Resources Technology Conference, 2014. ISBN 9781-613993606. p.152.

- **Propiedades Petrofísicas.**

Para la recopilación de las propiedades petrofísicas se tendrá en cuenta el informe realizado por la ANH titulado Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos realizado en el año 2012 para el pozo Infantas-1613 en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Este estudio fue realizado gracias al suministro por parte de la ANH a INGRAIN de núcleos de diferentes longitudes y diámetros, los cuales fueron digitalizados mediante un tomógrafo de energía dual de rayos-X a una resolución de 625 micras/voxel. Adicional a las imágenes tridimensionales obtenidas, se produjeron registros de densidad (RHOB) y número atómico (Zeff) a lo largo de los núcleos.

Estas medidas directas de las propiedades físicas de las rocas fueron hechas gracias a las tecnologías propias de la compañía INGRAIN.

En el Cuadro 1 se muestra los valores hallados para las propiedades petrofísicas de cada uno de los miembros de la Formación La Luna. Es importante mencionar que se consideró un corte de SW<30%, PHIE>2%, VS<30% Para estimar los espesores netos (NET PAY).

Figura 8

Valores de propiedades petrofísicas para los tres miembros de la Formación La Luna

MIEMBRO	GROSS (ft)	NET RES (ft)	NET/GROSS	NET PAY (ft)	PHIE (dec)	SW (dec)	VSH (dec)	K (mD)
Galembó	918	379	0.413	0	0.042	0.988	0.17	0.117
Pujamana	688	13	0.019	0	0.045	1	0.59	0.074
Salada	467	310	0.664	150	0.048	0.215	0.14	0.058

Nota. La figura representa los datos más recientes de los valores petrofísicos de los tres miembros de la formación la luna. Tomado de. ANH. Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos Pozo: Infantas-1613: Colombia: 2012. p.82

Dónde:

PHIE: Porosidad efectiva.

SW: Saturación de agua.

VSH: Volumen shale.

K: Permeabilidad

²⁵ANH. Op.cit., p.55

- **Propiedades Geoquímicas.**

En la Cuenca del Valle Medio del Magdalena, se ha encontrado que la Formación La Luna se caracteriza por valores relativamente altos de %TOC (Total Organic Carbon) (Contenido orgánico total), madurez moderada y adecuada profundidad y espesor²⁸. Se ha encontrado que la Formación La Luna tiene kerógeno tipo II (lo que la hace ser una roca generadora de hidrocarburos).

El contenido de %TOC varia de miembro a miembro. Según Zumberge y Rangel [28] se tiene que los valores en porcentaje para los tres miembros son:

- Miembro Salada: 4.5% wt
- Miembro Pujamana: 3.5% wt
- Miembro Galembo: 2.4% wt

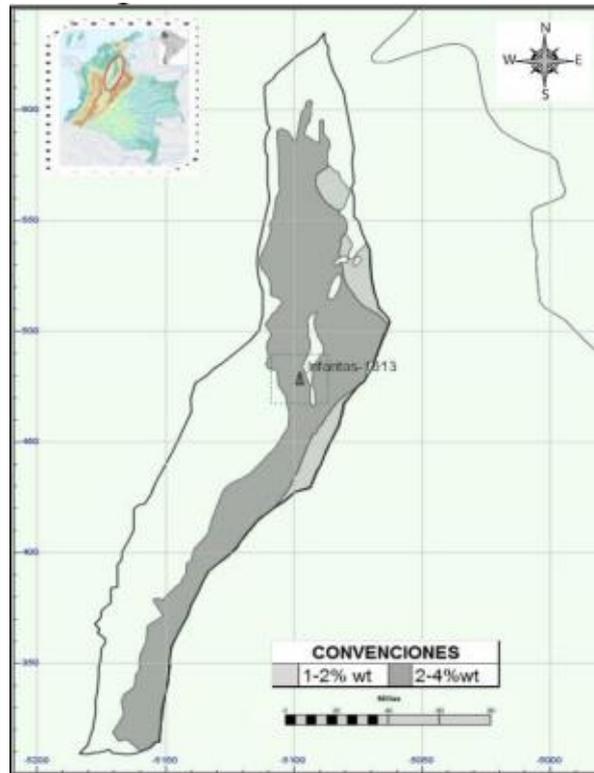
Por otro lado, la ANH³¹ reporta los siguientes valores para el contenido orgánico total:

- Miembro Salada: 6.5% wt
- Miembro Pujamana: 2.7% wt
- Miembro Galembo: 2.7% wt

Sarmiento [30] reportó valores de contenido orgánico total que varían entre 0.3 a 12.25% pero la mayoría de los valores se encuentran entre 1.0 y 6.4%. Asimismo, reportó un promedio de 2.6% TOC lo cual corresponde a una roca generadora muy buena o excelente. Gráficamente, se puede ver cómo es la distribución del contenido orgánico total en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena en la Figura 9.

Figura 9

Distribución del contenido orgánico total (TOC) de la Formación La Luna en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena

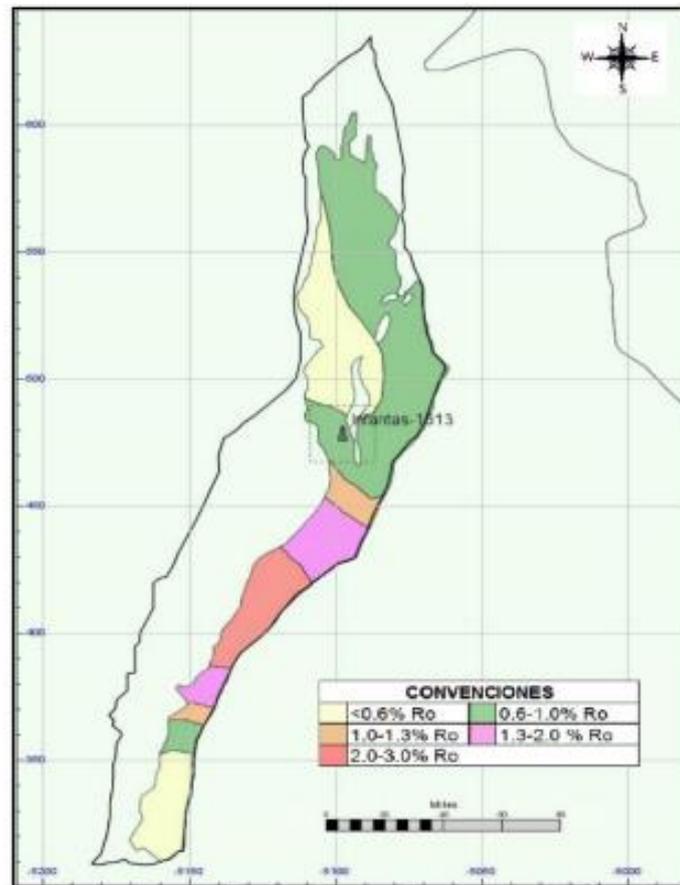


Nota. La figura representa el mapa de la distribución de TOC en la formación la luna, Cuenca del valle medio del Magdalena. SPICKERT, A. Petroleum System Analysis: Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, South America.: Seattle, USA: University of Washington, 2014. p.64.

En cuanto a la madurez termal se reportan valores promedio para la Formación La Luna entre 0.5 y 1.3 % Ro. En la Figura 8 se puede observar la distribución de la madurez que tiene esta formación dentro de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. Según la figura 8 las secciones de color verde y naranjas serían las zonas con mayor prospectividad en cuanto a este indicador pues se encuentra en la ventana de generación de petróleo.

Figura 10

Mapa de isovalores promedio de la reflectancia de la vitrinita para la Formación La Luna en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena



Nota. la imagen representa la posibilidad de que exista hidrocarburo en la formación la luna en la Cuenca del valle medio del Magdalena. SPICKERT, A. Petroleum System Analysis : Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, South America. Seattle, USA: University of Washington, 2014. p.65.

Según la ANH[32], con la información obtenida a partir de los estudios realizados con los núcleos del pozo Infantas-1613, se ubica a la Formación La Luna como potencial generador de aceite debido a que se encontró en ella Kerógeno tipo II.

5. POTENCIAL DE RESERVA DE LA CUENCA VALLE MEDIO DEL MAGDALENA

La Cuenca Valle Medio del Magdalena es la más explorada de Colombia y es aún una de las áreas más prolíficas. 51 campos de petróleo han sido descubiertos en sedimentos cenozoicos. Sin embargo, quedan aún por explorar los objetivos cretácicos en carbonatos. Así mismo, las trampas de carácter estratigráfico del Mioceno superior-Eoceno como son los sobrelapamientos, los valles de incisión y las truncaciones podrían representar un importante objetivo exploratorio.

El potencial exploratorio de la Cuenca Valle Medio del Magdalena se estima entre 8000 MBP (alto) y 600 MBP (bajo).

Los distintos pilotos de investigación de yacimientos no convencionales en el país, en este caso los de la cuenca del valle medio del Magdalena siendo la cual corresponde estudiar no han tenido inicio debido a diferentes factores, los cuales se mencionará más adelante.

El gobierno central en su momento dio vía libre a la reglamentación de los pilotos de no convencionales, los cuales por medio del ministerio de minas y energía expidieron la resolución técnica que fijó los requerimientos del proceso, además el ministerio de ambiente expidió los términos de referencia para el proceso de licenciamiento ambiental los cuales son cruciales a la hora de intentar llevar a cabo este tipo de proyectos.

[33] La inversión para los cuatro pilotos que se tienen pensado llevar a cabo superaría los 650US\$ millones, en su etapa de producción se requerirían inversiones alrededor de 5000US\$millones, la exploración está sujeta en este caso a expedición de la licencia ambiental, pero que proyecciones tendríamos con el fracturamiento hidráulico en Colombia.

El total de reservas de Yacimientos no convencionales en millones de barriles se estima en:

- 7500MBP

El recaudo fiscal total y el recaudo fiscal tributario que obtendría el país de estos proyectos serían de:

- \$323,7 billones para el primero
- \$231,2 billones para el segundo en mención

Las empresas implicadas en los pilotos son:

- ConocoPhillips
- Ecopetrol
- Drummond
- ExxonMobil

Ecopetrol siendo la empresa más importante del estado, tiene listos cerca de US\$140 millones para los proyectos pilotos, de parte de ConocoPhillips aseguro en 2019 que tenían alrededor de US\$100 millones para 2 pilotos.

Las controversias sobre los yacimientos no convencionales principalmente la técnica de fracturamiento hidráulico generalmente generan un enfoque hacia los derechos ambientales, pero de igual manera se deslumbra una injerencia en los derechos relacionados con la participación ciudadana, especialmente cuando consideramos la participación ciudadana como herramienta de balance entre los intereses empresariales y la protección de los derechos sociales, En general, se percibe una comunicación altamente polarizada. Por ejemplo, las compañías de la industria de hidrocarburos se centran en los aspectos económicos positivos de los proyectos y desconocen el impacto negativo social y cultural en la vocación del territorio.

Por otro lado, las comunidades antifracking se centran en impactos negativos, con ejemplos catastróficos sin identificar posibles mecanismos de control.

También se aprecia que las comunidades asentadas en las regiones manifiestan falta de conocimiento sobre la tecnología de exploración de yacimientos en roca generadora, pero están ampliamente informadas sobre las consecuencias no deseadas de la explotación de hidrocarburos en Yacimientos en roca generadora mediante la estimulación hidráulica multietapa. Es así como se evidencia una gran confusión entre las consecuencias de la exploración y la producción de hidrocarburos, tanto de rocas almacenadoras como de generadoras, las operaciones de servicios petroleros, la gestión ambiental, el cambio climático y el fracking mismo.

Los países que han decidido permitir la producción con FHPH en roca generadora, han logrado también ganar la confianza de las comunidades cercanas a las áreas de

operación y han asegurado que participen en las utilidades del negocio. Se considera que la participación de las comunidades como “socias” del proyecto es una alternativa para minimizar estos riesgos. En Inglaterra, la relación con las comunidades y su participación en las utilidades tiene metas y procedimientos muy claros, y son parte fundamental del argumento en la aproximación a las comunidades y en las propuestas de explotación de hidrocarburos en los diversos territorios. Es necesario diseñar, junto a las comunidades que habitan las áreas donde hay potencial de explotación de yacimientos no convencionales, la forma en que las comunidades se harán “socias” en las actividades de exploración y explotación. Esto no solo significa definir un porcentaje de participación en las utilidades del negocio, sino entrar a formar parte de los órganos directivos que toman determinaciones sobre el devenir y supervisión del negocio.

6. IMPACTOS AMBIENTALES

Se evidencia un gran rechazo a las actividades de la industria por la presencia de hidrocarburos en el ambiente y en los ecosistemas, justificado principalmente en la amenaza de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, que hoy tienen en la región un acumulado de impactos ambientales no identificados ni dimensionados en su totalidad.

En la actualidad, las instituciones colombianas se encuentran en discusión sobre la conceptualización de los pasivos ambientales y sus responsabilidades, sin tener aún una definición formal. En consecuencia, este concepto centrará sus análisis en lo que llamaremos “impactos ambientales no resueltos”.

Con base en las definiciones de la literatura especializada, se puede evidenciar que tanto los pasivos ambientales como los impactos, no resueltos ni diferenciados, causados por los hidrocarburos en el territorio, tienen dos orígenes: uno natural, debido a la emisión natural de hidrocarburos del subsuelo, y otro causado por fallas en los procesos de producción de hidrocarburos.

La primera se manifiesta como rezumaderos naturales presentes en el territorio, de los cuales se tiene referencia desde tiempos pre coloniales. Los rezumaderos activos presentan flujo de petróleo, gas y agua, y son una manifestación de la migración de petróleo desde las formaciones o rocas generadoras en profundidad hasta la superficie. La ANH publicó en el año 2010 el mapa de rezumaderos de Colombia el cual contiene un registro parcial de los rezumaderos de petróleo o gas georreferenciados, donde se aprecia una alta ocurrencia de este fenómeno en el territorio nacional.

La segunda causa está relacionada con impactos negativos de la operación de la industria petrolera por más de 100 años en el VMM, de los cuales 75 años se desarrollaron sin normatividad ambiental explícita. Posteriormente, dichos impactos negativos se debieron a las fallas en las operaciones, que han ocasionado contaminación de acuíferos, suelos, etc. En 2008, un estudio realizado por Molina y Camacho en el año 2008 en el campo La Cira-Infantas identificó que el 48% de las instalaciones estudiadas presentaban problemas ambientales [35]. Esto ayuda a entender, en cierta medida, las percepciones del impacto histórico negativo de la industria de hidrocarburos en cuanto a exploración, perforación, cierre y abandono de

instalaciones. Escenarios como este refuerzan la prevención de la comunidad a nuevos.

527 pozos de 1.863 presentes en 80 km², correspondientes al 28% de las instalaciones del campo La Cira-Infantas.

6.1 Contaminación de Agua y Atmósfera

Los impactos ambientales identificados en la producción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales pueden ser clasificados, según su ocurrencia, como de corto o largo plazo.

Los impactos de corto plazo se refieren al período de construcción de los pozos. Dentro de estos se han identificado:

1) descenso en los niveles de agua.

2) la disposición del agua de producción. Estos impactos desaparecen una vez los pozos están construidos.

Los impactos a largo plazo se refieren a contaminación de acuíferos por causa de fugas, derrames o lixiviados. En consecuencia, realizar una adecuada evaluación de estos posibles riesgos es fundamental para un adecuado licenciamiento ambiental.

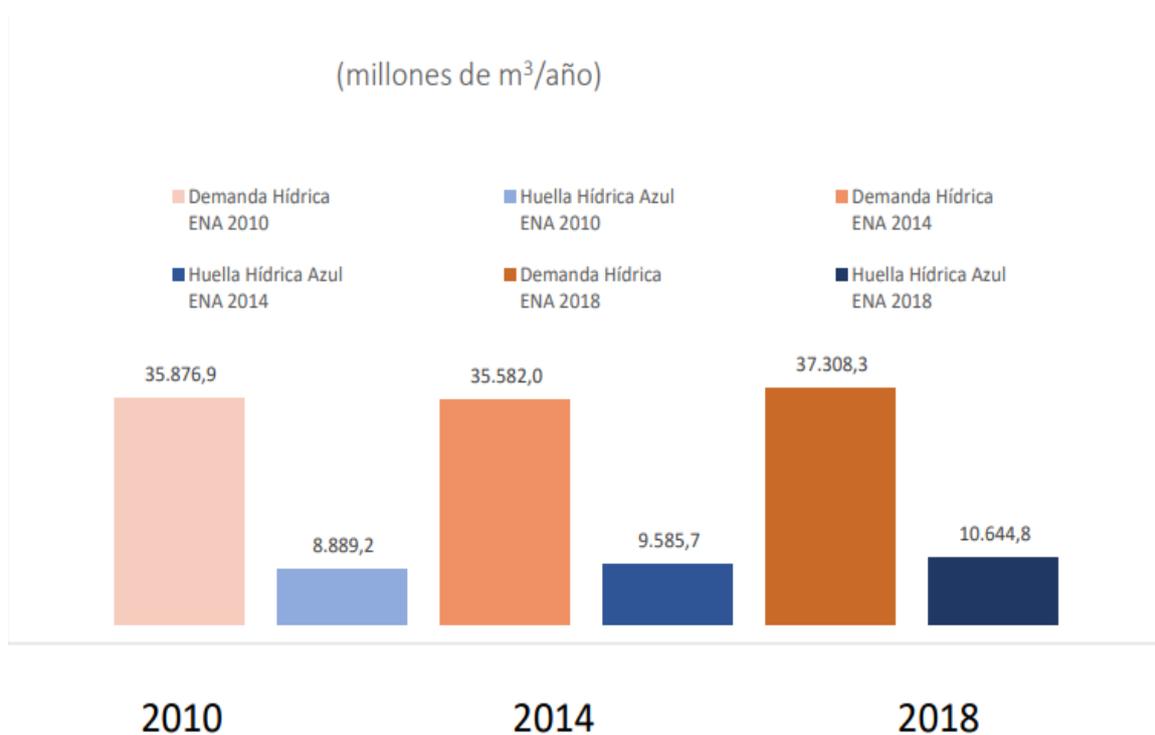
Las amenazas de largo plazo respecto al agua han sido clasificadas en cinco grupos, así:

- Competencia en la demanda del agua con otros actores y sectores.
- Amenaza a cuerpos superficiales de agua y acuíferos libres por posibles vertimientos accidentales en las zonas de mezcla y preparación de los fluidos de fractura.
- Amenaza de la contaminación de acuíferos debido a la falla de la cementación de los pozos verticales.
- La amenaza por posible contaminación de agua superficial o acuíferos libres por vertimientos accidentales en superficie de fluidos de retorno, los cuales pueden contener los químicos inyectados en la fractura, sales pesadas y en algunos casos elementos radioactivos.
- Amenaza de contaminación de cuerpos de agua superficial por vertimiento y disposición de agua residual sin el adecuado tratamiento.

Debemos entender y poner en contexto real también cuanta demanda del recurso hídrico en comparación a otros sectores, para desmitificar que la industria petrolera es la que más consume agua. En el siguiente apartado evidenciará con datos lo antes mencionado.

Figura 11

Demanda de agua y huella hídrica azul nacional multisectorial

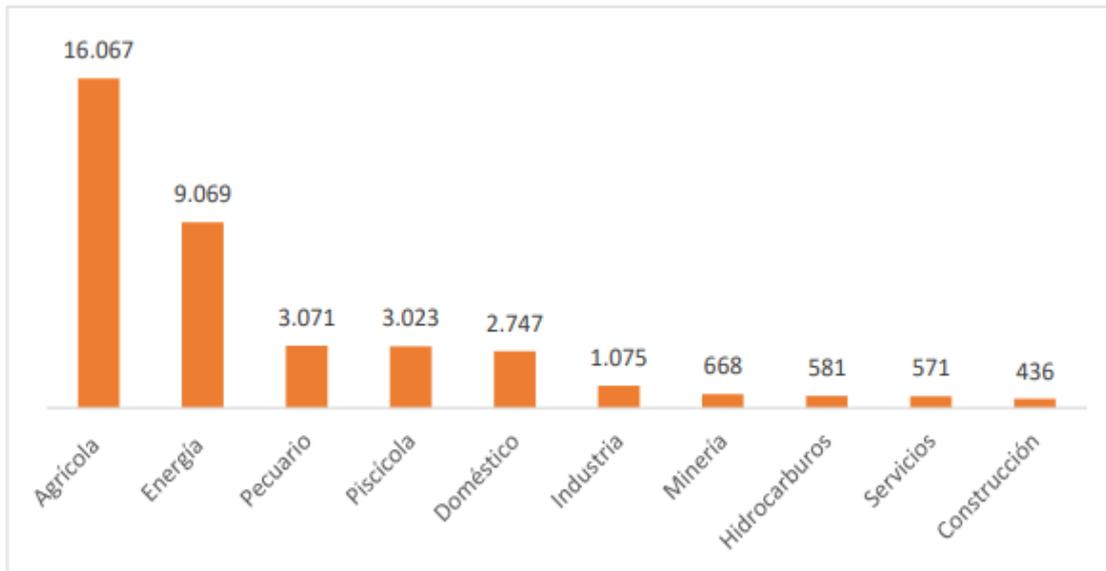


Nota. Demanda de agua en Colombia desde el 2010 hasta el 2018. Tomado de. "Uso y Aprovechamiento - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible". Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-y-aprovechamiento/> (accedido el 22 de enero de 2023).

Año a año la demanda del recurso hídrico va aumentando, pero observaremos en las siguientes ilustraciones que el área de hidrocarburos no es el que más demanda ni por cerca de otros sectores, estas ilustraciones son importantes para poder entender las que se van a mostrar después, a demás entender que la huella hídrica azul se refiere al consumo de los recursos hídricos azules (agua dulce), superficial o subterránea, a lo largo de toda la cadena de producción de un producto.

Figura 12

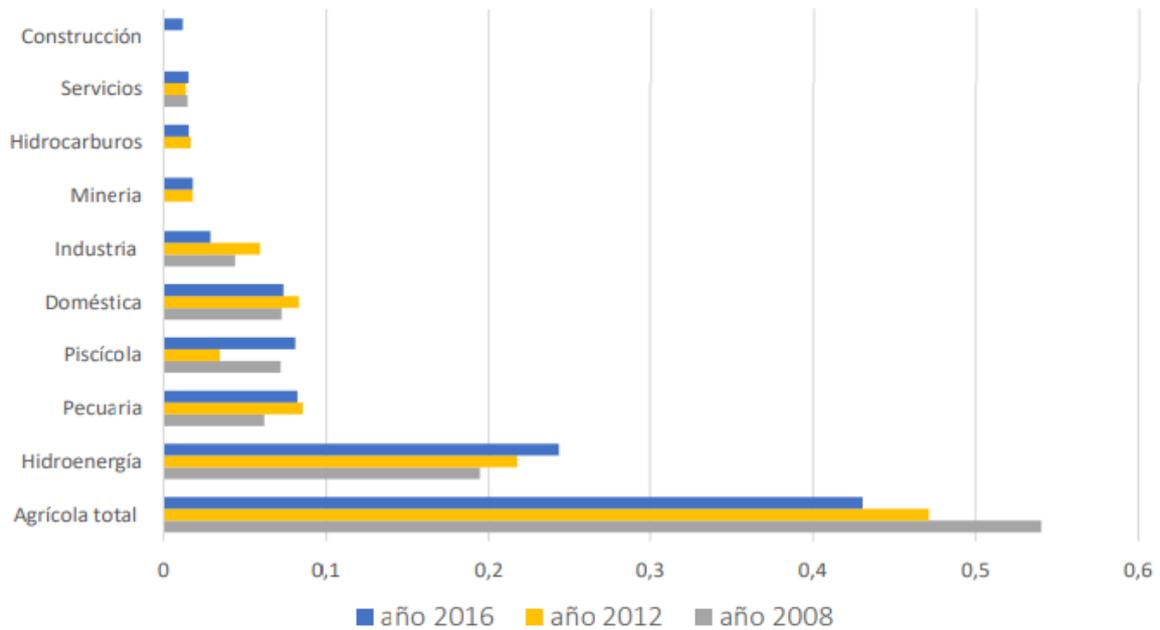
Demanda de agua por sectores usuarios del recurso (millones de m³ /año)



Nota. Demanda de agua por sectores para evidenciar el impacto que tienen en ello. Tomado de. "Sistema de información Ambiental de Colombia". EAP 6. <http://cifras.siac.gov.co/Portal-SIAC-web/faces/Dashboard/Agua/Demanda/demandaHidrica.xhtml?id=304> (accedido el 22 de enero de 2023).

Figura 13

Demanda hídrica ENA2010, 2014 y 2018. Comparación de la participación por sectores (%)

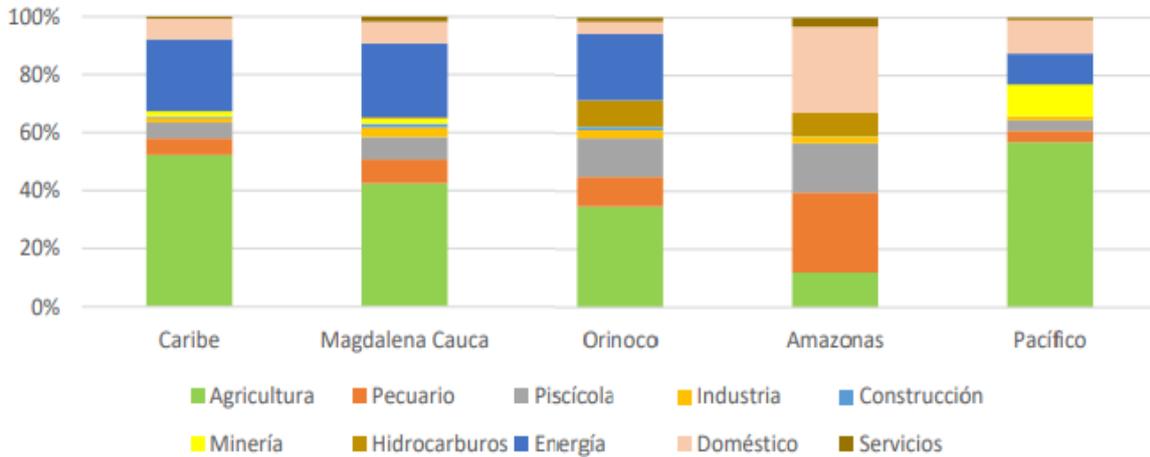


Nota. Demanda hídrica por sectores año a año comparando el uso de cada industria. Tomado de. ENA (2018) Encuesta Nacional Agropecuaria - Ena: Datos Abiertos Colombia, la plataforma de datos abiertos del gobierno colombiano. Disponible en: <https://www.datos.gov.co/Estad-sticas-Nacionales/Encuesta-Nacional-Agropecuaria-ENA/fe3a-d2we/data> (consultado enero 22, 2023).

Se puede demostrar en la siguiente figura y evidenciar con datos reales que el sector de los hidrocarburos ha aumentado menos del 5% en 8 años la demanda del recurso hídrico del país, esto desmiente rotundamente que no es el sector con mayor aportación a demandar el agua para sus operaciones.

Figura 14

Distribución de demanda hídrica sectorial por Áreas Hidrográficas



Nota. Distribución del recurso hídrico por zonas del país y por áreas, además de las industrias que más consumen dicho recurso. Tomado de. Encuesta nacional agropecuaria (ENA)2018, disponible en. https://www.andi.com.co/Uploads/Presentacion_ENA2018_22maz-2019%20-%20revANDI_pptx.pdf.

El sector de los hidrocarburos en cada región estudiada y demostrada por la siguiente gráfica es un sector mínimo a utilizar recursos hídricos para sus operaciones, vemos que la agricultura, como el sector de generación de energía son aquellos que más consumen agua,

6.2 Actividad Sísmica y Sismicidad Inducida

6.2.1 Actividad Sísmica En El Valle Medio Del Magdalena

Hay reportes de casos de aumento de la actividad sísmica en otros países en donde se realiza la producción de hidrocarburos en Yacimientos no convencionales. Estos reportes han producido temor en las comunidades por la eventual afectación en las regiones sujetas a exploración de rocas generadoras de hidrocarburo, pero en realidad los estudios con mejores bases científicas evidencian distintas cosas.

De acuerdo con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el fracturamiento hidráulico **NO** es el principal causante de sismos inducidos. La disposición de aguas residuales es la principal causa del incremento reciente de sismos en el centro de los Estados Unidos.

Los pozos de disposición de aguas residuales normalmente operan por periodos más largos e inyectan más fluidos que el fracturamiento hidráulico, haciendo más probable que estos induzcan sismos. (USGS, 2017)

El fracturamiento hidráulico se realiza para fracturar las rocas, de ahí su nombre, y por lo tanto causa intencionalmente sismos denominados microsismos por su baja magnitud que se encuentran entre $3.0 < M < 0$.

Los sismos inducidos por fracturamiento hidráulico más grandes registrados hasta el momento son dos de Magnitud 4.4 en la escala de Richter, en la parte centro-oeste de Alberta y noreste de British Columbia.

Para poner en contexto los efectos de los sismos inducidos por fracturamiento hidráulico se presenta la siguiente tabla de efectos de la escala de Richter, como se puede evidenciar sus efectos no son tan dañinos o tan alarmantes como la población cree.

Figura 15

Efectos típicos de los sismos de diversas magnitudes

Menos de 3.9	Generalmente no se percibe.
De 4 a 4.9	Perceptibles a menudo, pero con daños poco probables.
De 5 a 5.9	Se percibe, pero solo causa daños menores; en edificios antiguos sí pueden ser daños graves.
De 6.0 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas pobladas en 160 kilómetros a la redonda.
De 7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Puede causar serios daños en muchas zonas y suele haber unos 18 por año.
De 8.0 a 8.9	Se trata de un gran terremoto que puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros. Se producen de 1 a 3 por año.
De 9 a 9.9	Son terremotos devastadores en varios miles de kilómetros. Se producen 1 o 2 cada 20 años.

Nota. Efectos típicos de los sismos en diversas magnitudes, imagen que ayuda a desmentir que el fracking causa terremotos.

7. IMPACTOS SOCIALES

- Con la exploración de Yacimientos no convencionales el país se beneficiará con mayores recursos provenientes de regalías para apoyar el desarrollo económico y social de las regiones.
- Generación de empleo para mano de obra no calificada y calificada en las áreas de influencia del proyecto.
- Estimulación de la actividad comercial local en las regiones del Magdalena Medio y de la Cordillera Oriental.
- Incremento de la inversión extranjera directa.
- Desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura.
- Incremento de las reservas y aumento en la producción de barriles por día, para la consolidación de una autosuficiencia energética.
- Mayor inversión social e inclusión de comunidades

La participación del sector de petróleo y gas en el PIB es importante (cerca de 5%), al aumentar el valor de la producción de hidrocarburos en \$1 se jalona la producción de actividades que le proveen insumos. Aquí hay efectos de primera ronda o directos, pero también indirectos que resultan de que los sectores que proveen insumos a la actividad de hidrocarburos también jalonan a su vez insumos de otros sectores, y así en sucesivas etapas. También hay un efecto inducido que se genera al pagar salarios a los hogares en todas las rondas que a su vez demandan productos de la economía. El ejercicio cuantifica el valor total que se crea al generar un peso más de producción de hidrocarburos. En el caso de los encadenamientos hacia adelante, se busca cuantificar el efecto que la producción de hidrocarburos tiene en la de otros bienes y servicios en la economía.

Es necesario construir confianza entre las comunidades, las instituciones y las empresas para avanzar en la exploración y los proyectos piloto. Esto exige iniciar cuanto antes los diálogos regionales y establecer los compromisos de las diversas partes involucradas. Es indispensable lograr un “diálogo de saberes” entre el Estado, las comunidades y el sector privado, que permita lograr acuerdos de convivencia entre las diversas culturas e intereses.

A mediano plazo, la sostenibilidad fiscal y económica del Gobierno central no está garantizada: con la caída en la producción de petróleo proyectada por el propio

Gobierno, será difícil obtener los ingresos requeridos para cumplir los objetivos del Marco Fiscal de Mediano Plazo. En ese contexto, los YNC serían aliados estratégicos para la financiación del Estado, teniendo en cuenta que un proyecto tipo podría generar más de 10.000 millones de dólares durante su vida útil en impuestos, derechos económicos contractuales, dividendos y regalías (aproximadamente 500 millones de dólares por año, es decir, 1,5 billones de pesos anuales).

³⁵De manera ilustrativa, al comparar el aporte anual en impuesto a la renta de un proyecto tipo de YNC, con respecto a las actividades de otros sectores en el país, encontramos que:

- Equivale a 2 veces el pago del impuesto a la renta de la fabricación de cemento en un año.
- Representa 6 veces el aporte anual de todos los cultivos de flores.
- Es equivalente a 15 veces el impuesto que pagan todos los cultivos de palma.
- Se asemeja a 55 veces el aporte anual del sector arrocero.

Cabe resaltar que el Estado es quien recibe la mayor parte de la renta que genera un proyecto de YNC, pues le corresponde aproximadamente el 55% de la renta líquida del proyecto, y el inversionista obtiene el 45% restante. Lo anterior, aún con un régimen fiscal más atractivo que los yacimientos convencionales, principalmente en materia de derecho por precios altos y tarifas de regalías.

*Nota Con una tasa de cambio de 3.000 pesos por dólar

* Nota Cálculos ACP con base en información DIAN (2016)

8. MARCO METODOLÓGICO

Toda metodología para desarrollo de proyectos puede responder distintas preguntas elementales ¿Qué queremos? ¿Cómo lo queremos? ¿Cuándo lo queremos? ¿Por qué lo queremos?

Lo consiguiente es desarrollar punto a punto el porqué de estas preguntas.

Se recopilará la información ya existente de la percepción de los proyectos piloto de investigación integral, obtenida de estudios previos ya realizados en la zona del departamento de Santander, en puerto Wilches donde se tiene la información social de la comunidad y demostrar cómo estos proyectos pilotos de las cuales dos se están llevando a cabo como lo son kale y platero pueden traer a la comunidad bienestar, oportunidades y desarrollo.

Se han estudiado los yacimientos convencionales y no convencionales explicando su contexto en que consiste y como esta se pueda abordar para solucionar las inquietudes que se tengan respecto a esta técnica.

Se evaluará cómo desde las mesas territoriales se conforman los equipos para darle desarrollo a este tipo de proyectos, y esta información llega a los técnicos y a las personas en general, para llevarlo a cabo en el área de estudio.

En las temáticas de estudio se centrarán en la opinión pública respecto a los aportes económicos que compete la producción de petróleo, en el valle medio del Magdalena. La confianza en las instituciones, entidades y organizaciones sociales, que tan de acuerdo están con la investigación y la percepción de la industria, a donde están o creen que van destinados los recursos de las regalías provenientes del sector de los hidrocarburos.

Análisis de resultados obtenidos en las encuestas realizadas por los distintos organismos de control del país, para lograr unificar las principales incógnitas de la sociedad con estos métodos de extracción.

Si las empresas de hidrocarburos dejarán de operar las economías del país serían una buena alternativa o mala en ese punto de vista, percepción psicológica de las empresas respecto a sus alternativas.

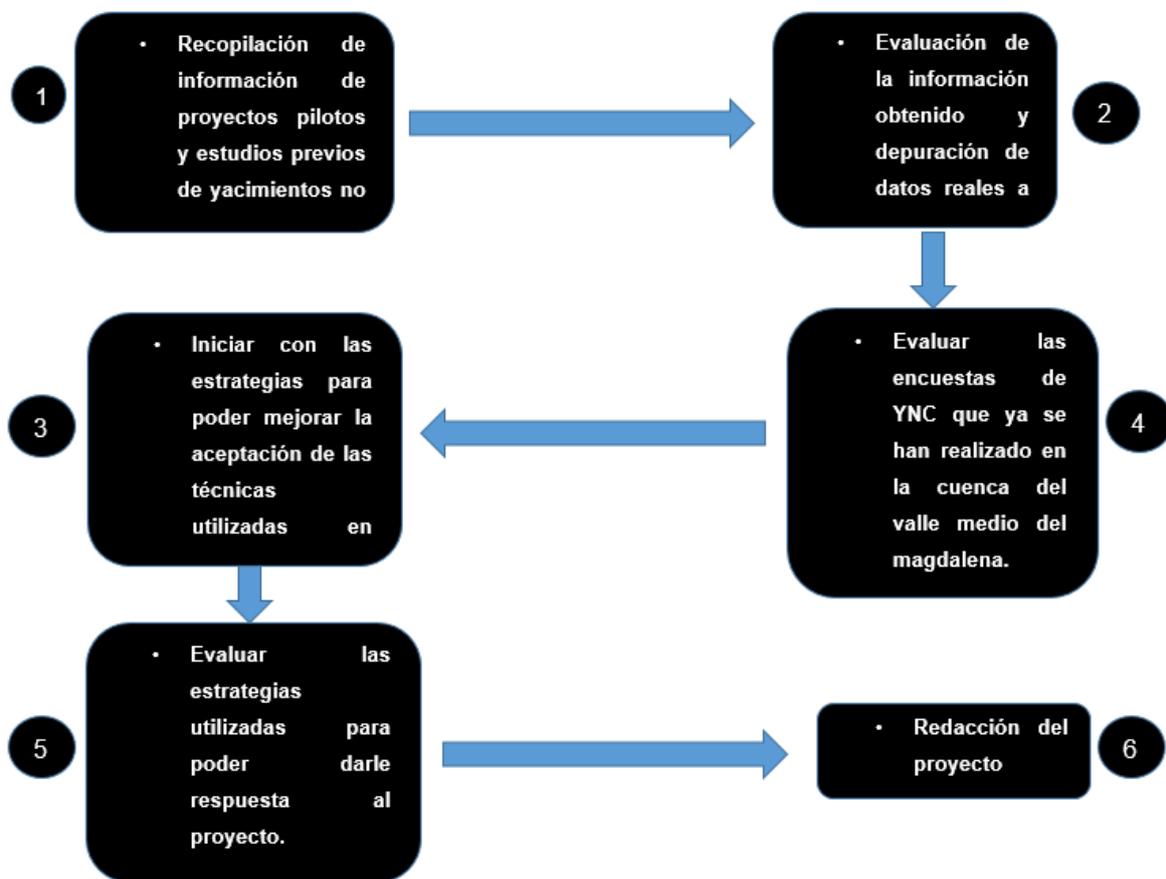
Se deberán evaluar las principales razones para no querer la industria petrolera, conocimiento de las empresas de petróleo y gas, opinión de las empresas de petróleo y gas.

Percepción general, de acuerdo con que se realice fracturamiento hidráulico en el valle medio del Magdalena, todo esto mediante el informe del barómetro petrolero.

Redacción del trabajo de grado.

Figura 16

Diagrama de tareas en el proyecto



Nota. Diagrama utilizado para llevar a cabo el presente trabajo de grado.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 Solución al Objetivo Específico n° 1

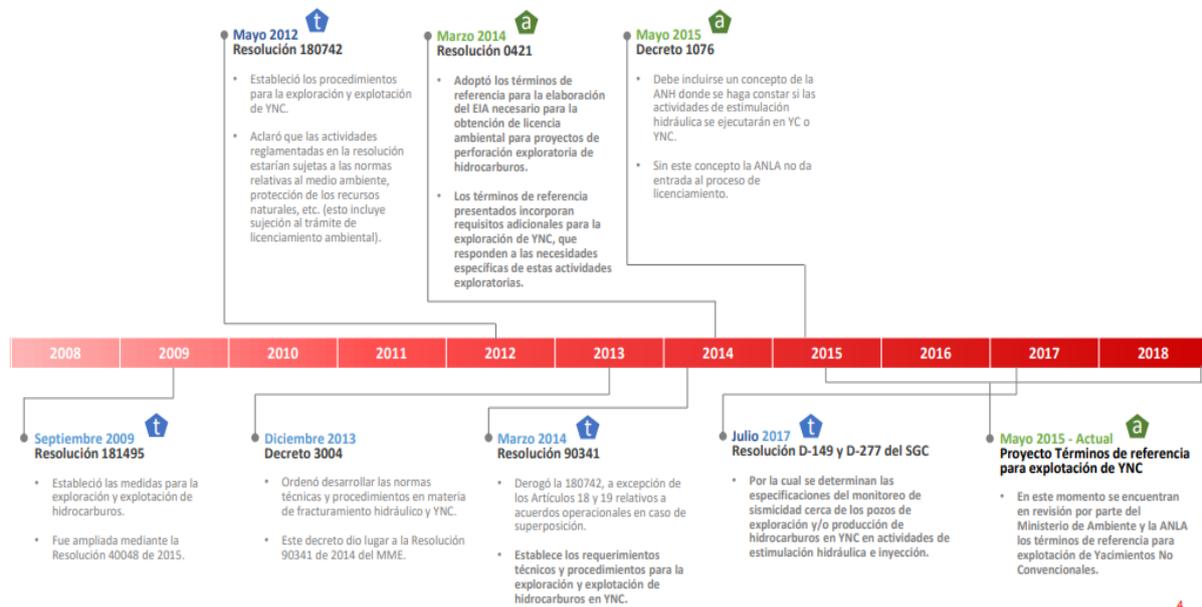
Evaluar las encuestas actuales respecto a la percepción social que se tiene en la investigación de los proyectos pilotos de yacimientos no convencionales de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

En los capítulos anteriores se ha venido definiendo el panorama del proyecto y como se le dará una mejor perspectiva a tratar de este tema de yacimientos no convencionales en la cuenca ya especificada, pero para ello debemos evaluar las encuestas sociales que se han realizado para encontrar las falencias de estas mismas, se analizarán distintos tipos de encuestas realizadas de varios organismos nacionales y empresas del sector para poder dar el criterio necesario que necesitamos para abordar esta problemática.

Para iniciar hay que explicar y entender que existen diferentes normativas para los yacimientos no convencionales en el país, además de ello que es un proceso robusto y bien enfocado con distintos ítems que ayudan a que las prácticas sean más transparentes y que tengan menos margen de errores.

Figura 17

Normatividad en Colombia para yacimientos no convencionales



Nota. Regulación en Colombia para poder llevar a cabo la técnica de fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales. Tomado de., <https://www.andi.com.co/Uploads/Expectativas%20del%20Fracking%20en%20Colombia.%20Octubre%20201%202019.pdf>.

Podemos evidenciar que el proceso para obtener una licencia ambiental es lento, eso nos demuestra que la industria tiene toda la transparencia y objetividad posible, el consejo de estado dio el aval de estos proyectos pilotos de yacimientos no convencionales en el valle medio del magdalena, nos permite pensar entonces que se ha hecho bien el paso a paso para conseguir las licencias la realidad es que si y veremos a continuación los pasos claves para poder obtener un permiso en Colombia para explorar con este tipo de técnicas.

- Consultas técnicas con minorías étnicas.
- Licencia ambiental y planes de manejo.
- Aval de monitoreo sísmico con el SGC.
- Permisos para perforar.
- Avales de integridad.
- Presentación del programa de estimulación del pozo.

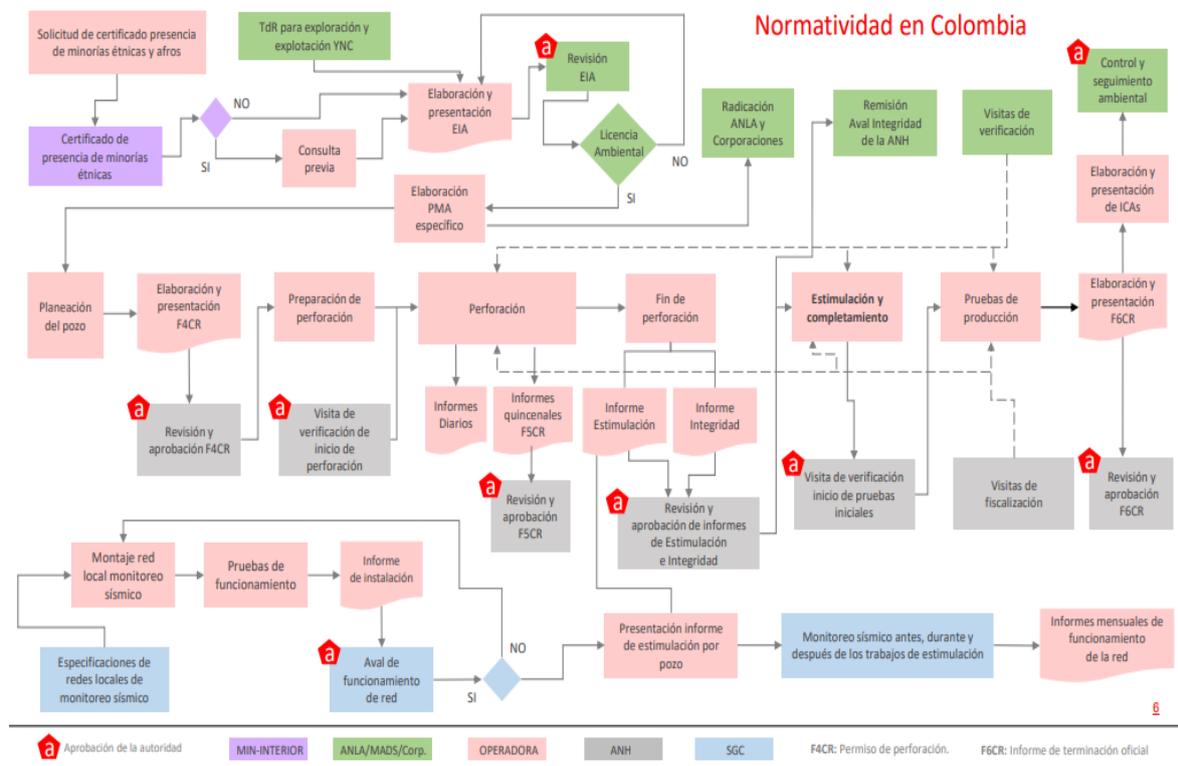
Además de ello las autoridades nacionales tienen un contacto directo y es de carácter obligatorio pasar reportes de avances diario y quincenales y además de ello visitas de operación de los proyectos para no incurrir en fallas, las autoridades que están relacionadas en este tipo de proyectos son:

- ANH
- ANLA
- MADS
- Corporaciones autónomas regionales
- MinInterior
- SGC

Es importante conocer el proceso paso a paso de la normativa en Colombia porque esto nos ayuda a tener una noción alejada de las falacias que se dicen de la industria a la hora de presentar estos proyectos beneficiosos para la sociedad y para el país en distintos sectores, se verá a continuación el paso a paso de cómo se elabora la normativa para poder llevar a cabo los proyectos de yacimientos no convencionales en el país.

Figura 18

Normativa en Colombia para los yacimientos no convencionales



Nota. Normativa completa para el manejo de los yacimientos no convencionales en Colombia. Extraído del informe ANDI, yacimientos no convencionales 2019. Disponible en, <https://www.andi.com.co/Uploads/Expectativas%20del%20Fracking%20en%20Colombia.%20Octubre%202019.pdf>

Las medidas que se toman con la industria son de las más robustas a nivel mundial, además se garantiza que las comunidades tomen decisiones en la ejecución de los proyectos pilotos debido a que ellas son las que se verán afectadas de buena o mala manera, en el caso puntual vemos que se cumple con toda la normativa exigida para poder llevar a cabo los distintos proyectos de integración en el valle medio del Magdalena. La regulación para la exploración y producción de yacimientos no convencionales en Colombia es un conjunto de normas técnicas y ambientales, que constituyen un marco regulatorio suficiente para hacer actividades de YNC sosteniblemente desde el punto de vista técnico, ambiental y social.

La regulación está construida sobre la base de más de diez años de lecciones aprendidas en actividades similares en el mundo, nada es improvisado porque conocemos los riesgos existentes y tratamos de minimizarlos en todo sentido.

La UPME realizó un documento donde genera una serie de encuestas que evaluaremos para poder determinar qué tan buenas fueron y además de ello generar una serie de recomendaciones para poder mejorar lo antes ya realizado.

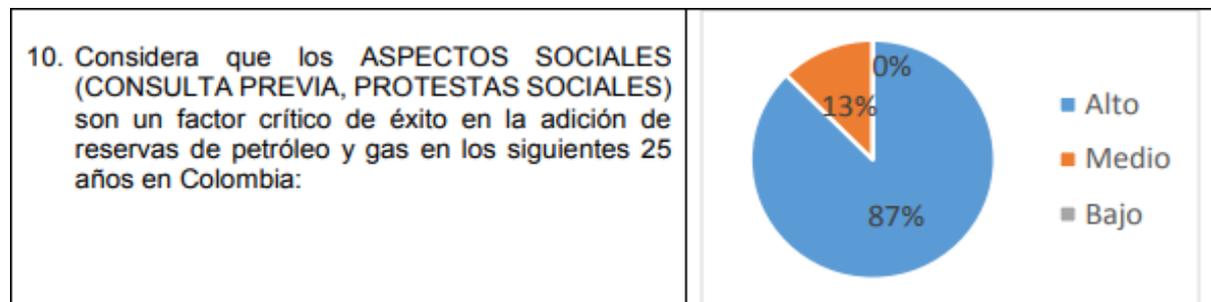
Las encuestas fueron realizadas a 56 actores entre entidades de gobierno, operadores, gremios y consultores.

Cada encuesta consta de 16 preguntas compuestas por una sección de calificación del nivel de criticidad en “ALTO”, “MEDIO”, “BAJO” y una sección para desarrollar la opinión en caso de considerar que el factor es de relevancia “ALTO”. Adicionalmente, se preguntó a cada encuestado si identifica otros factores críticos no presentes en el listado.

Pero exactamente nos interesa el aspecto social debido al caso estudio que se está desarrollando; se hizo una pregunta bastante interesante debido al impacto que suele tener en este tipo de proyectos, se puede ver en la siguiente imagen.

Figura 19

Encuesta de aspectos sociales para el éxito de los YNC en Colombia



Nota. Encuesta de los aspectos sociales más importantes a la hora de llevar a cabo los yacimientos no convencionales. Tomado de <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/1340/Anexo%201.%20Encuestas%20Factores%20Cr%EDticos.pdf;jsessionid=C0EB0B3F9097DE18A7FA8AE1C9CBB761?sequence=5>

Podemos observar que el impacto social para este tipo de proyectos es altísimo casi el 90%, eso nos deja ver que el éxito está en que las comunidades estén o no de acuerdos para poder llevar a cabo este tipo de proyectos a nivel nacional, además de ello se generaron distintos comentarios que podremos observar y analizar más detalladamente.

- Ha afectado la certidumbre sobre poder trabajar en el sector en Colombia.

- Si las operaciones de exploración y producción no son viables ni ejecutables, la actividad no sucede y el capital migra a jurisdicciones donde la viabilidad y estabilidad jurídica se garantice por el estado.
- Al igual que el ambiental, el tema de las comunidades es igualmente influyente, tanto así que el uno está íntimamente ligado al otro.
- *Es el tema de mayor relevancia hoy para el país y sobre todo pensando en los escenarios de corto y mediano plazo. Se requiere un pronunciamiento claro de la Corte Constitucional en los temas de consultas populares, una buena regulación en los mecanismos de concertación entre industria, territorio y gobierno y una regulación clara en los temas de consultas previas, sin poderes de veto ilimitados y con términos claramente definidos.*
- *Con una alta conflictividad social no son viables las operaciones.*
- Muy importante. Consideramos que la base de este factor crítico es la legalidad de las diferentes protestas, es la imagen de cómo se comporta la sociedad. Las protestas sociales han afectado la celeridad de los proyectos de Ecopetrol y sus resultados. Han progresado intereses particulares y no de desarrollo sostenible para las regiones. *Las protestas son selectivas con la industria petrolera, y no les exigen lo mismo a otros actores económicos de las regiones, es la mayor afectación a resultados de corto plazo.* El mensaje que no se ha entendido es de la prosperidad compartida que lleva una empresa responsable a las comunidades donde trabaja, genera empleo, regalías y desarrollo. Hay muchos ejemplos de colombianos de escasos recursos que iniciaron en empresas petroleras desde niveles del menor nivel organizacional y hoy son profesionales destacados, igualmente empresas que han invertido en escuelas o programas educativos superiores y se han formado profesionales que aportan en diversas disciplinas al beneficio del país, y no hay una correspondencia entre protestas agresivas a quienes aportan desarrollo. Quizás ha fallado la comunicación con algunos sectores de la comunidad, se considera que el programa ETH Estrategia en Territorios de Hidrocarburos de la ANH es acertada y Ecopetrol ha ido de la mano, otros actores del estado no están integrados y no se logran resultados completamente integrados. Se debe separar de alguna forma la discusión política en las regiones de la conversación para trabajar en línea con el desarrollo regional.
- *Cada día es un factor de mayor impacto y se evidencia en que el relacionamiento con las comunidades es muy complicado generando que algunos proyectos se*

paren o se demoren mucho tiempo, evitando así la pronta incorporación de reservas y de recursos contingentes.

- Definitivamente impacta, pero se puede y debe manejar de manera correcta.
- *Se desbordaron las protestas sociales en las áreas de operaciones petroleras, muchas de ellas motivadas por la reducción de recursos de las regalías. No hay una legislación clara y estricta para mantener el orden.*

se han resaltado varios comentarios debido a que existe una frase común en ello que nos lleva a estudiar y generar una respuesta a eso, la palabra en cuestión es protesta social, un indicativo que los sectores a los cuales se le hicieron las preguntas detectan que el factor social es el que no ayuda mucho a que este tipo de proyectos se logren, más adelante se creó un plan para que la comunidad pueda ser más crítica, crítico en el sentido de dejar el sesgo que se tienen con la industria de los hidrocarburos a lo largo de la historia, entendiendo los beneficios que esta ha traído al país a lo largo de la historia y más aun a estas comunidades, al valle medio del magdalena que es el caso base.

Para poder resolver la frase común del descontento social acerca de esta técnica y del tipo de yacimiento en donde se emplea se ha generado un esquema para ponerlo en práctica en la sociedad para poder mitigar esa brecha.

Todas estas problemáticas radican en que realmente la población general desconoce que son los yacimientos no convencionales, que es la estimulación hidráulica mal llamada (fracking), la población expone que los recursos que producen estos proyectos en el valle medio del magdalena no se quedan en la zona, pero es falso tomando como referencia lo que comunica exactamente en su página principal la contraloría general de la nación, que las³⁹ regalías son el pago que hacen las compañías petroleras y mineras al Estado Colombiano, por explotar yacimientos de un recurso natural no renovable. Las compañías petroleras entregan al estado entre el 8% y el 25 % del valor de la producción de petróleo crudo. Se destinan a solucionar las necesidades básicas insatisfechas de los departamentos y municipios como la educación básica, salud, agua potable y alcantarillado entre otros y a financiar grandes proyectos que traigan progreso a la región.

Es decir, la problemática de que los recursos nos los perciba la población del valle medio no es culpa de las empresas que están actuando ahí, depende del estado y de

que el mismo sea garante de que estos recursos sean destinados realmente a como la norma lo dicta.

[34] Un proceso de extracción incluyente exige fomentar una participación ciudadana efectiva, amplia, libre e informada, en condiciones de respeto por los derechos de la población local y en armonía con el territorio y las culturas existentes. Por esta razón, una primera condición para la participación ciudadana debe ser conocer con claridad los derechos de las partes sobre el territorio y las normas que rigen su comportamiento. Lograr un diálogo intercultural efectivo requiere una condición básica que no está presente en la actualidad, y es que el Estado (particularmente el Poder Ejecutivo) sea capaz de liderar y contribuir al diálogo intercultural, reafirmando el reconocimiento de Colombia como país multicultural e inmensamente rico en biodiversidad.

Podríamos entonces evaluar una encuesta provechosa que se hizo y fueron develados resultados como lo fue el último barómetro petrolero, por el centro nacional de consultoría. El universo de estudio fue.

- Mujeres y hombres mayores de 18 años de la zona urbana de los municipios de Colombia.
- El universo en estudio se dividió en 17 estratos estadísticos, 12 de ellos son territorios petroleros (Arauca, Bolívar, Casanare, Cesar, Córdoba, Huila, Meta, Oriental, Putumayo, Santander, Sucre y Tolima) y 5 no petroleros (región atlántica, Bogotá, región central, región oriental, región pacífica).

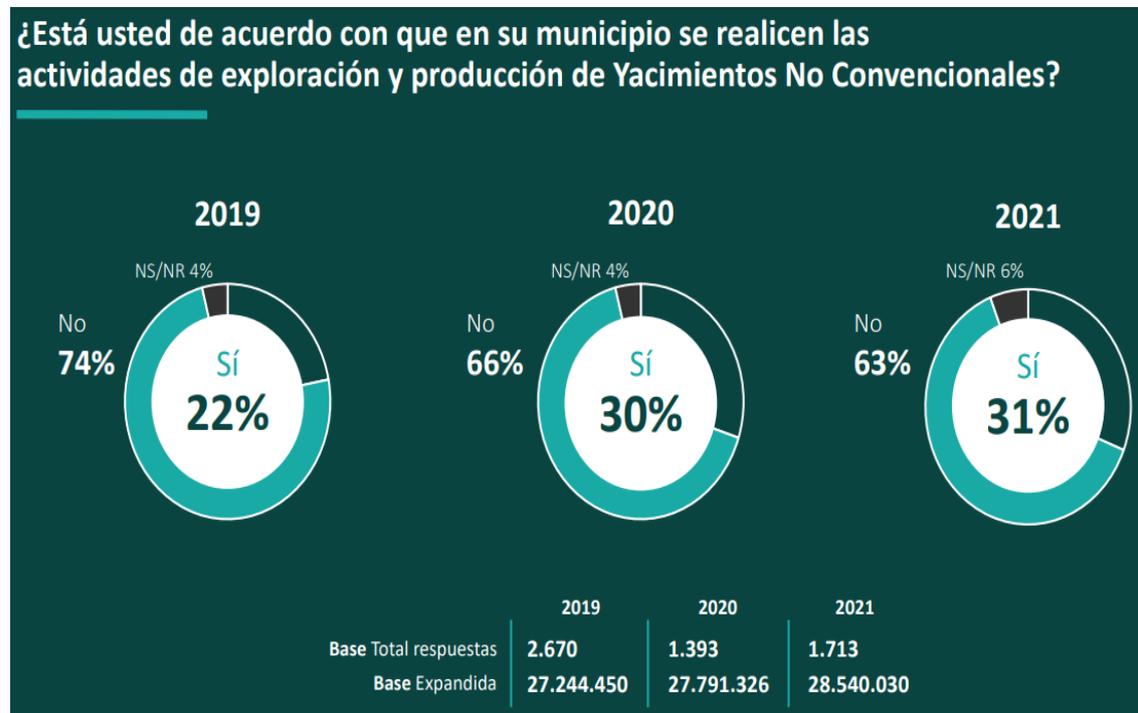
El marco de muestreo utilizado fue la base maestra (un mega directorio telefónico) del Centro Nacional de Consulta

Donde el tamaño de la muestra fue de 1.713 encuestas, con un margen de error del 2.37% que es un valor excelente teniendo en cuenta que para una consulta rigurosa y confiable el margen de error deberá ser menor al 5%, el nivel de confianza que se tuvo fue del 95% además fueron formuladas 29 preguntas y el tema central fue el cómo la sociedad percibía la actividad petrolera en los territorios.

Nos vamos a basar en lo que nos corresponde que son los proyectos pilotos de no convencionales y la percepción de la sociedad hacia ellos para poder sacar conclusiones que ayuden a mejorar para luego poderlo implementar.

Figura 20

Barómetro petrolero, exploración y producción de YNC



Nota. Encuesta social para actividades de exploración y producción de YNC en zonas de Colombia. Tomado de. Barómetro petrolero 2021, disponible. <https://ja-a.co/wp-content/uploads/2021/09/Baro%CC%81metro-Petrolero-2021-Compartir.pdf>.

Podemos ver cómo va aumentando la aceptación de la sociedad a partir de estar de acuerdo o permitir que en las zonas en este caso el valle medio del Magdalena se realicen las actividades de explorar y producir en yacimientos no convencionales, 3 años antes la negatividad rondaba casi el 75%, en el 2021 ha disminuido drásticamente a 63%, con los distintos problemas de autosuficiencia que tendría el país si no le damos paso a estas técnicas podríamos decir que la población se está volcando por el sí a este tipo de técnicas.

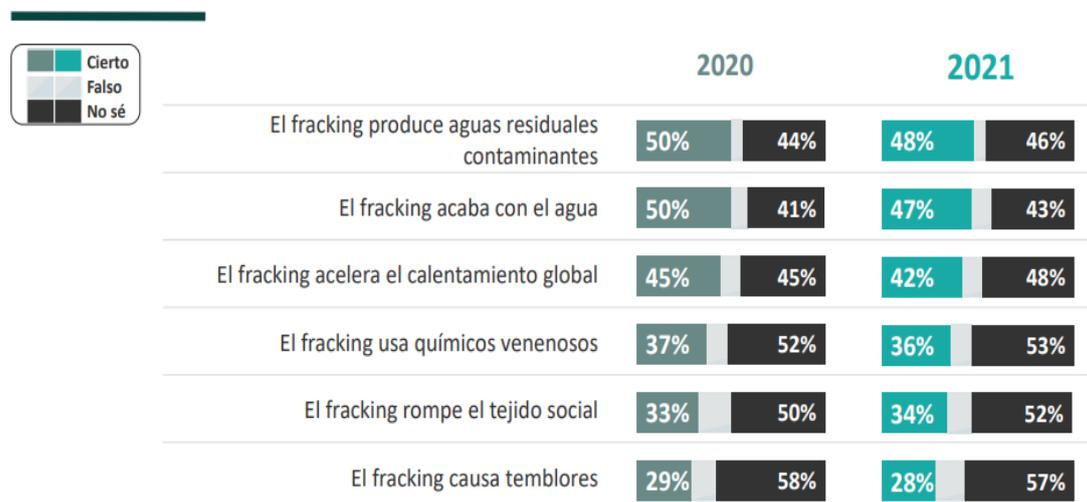
Podemos observar también que en esta encuesta se hizo una pregunta muy buena, la cual nos podrá dar a entender el porqué del rechazo social de esta técnica.

Además de ello una cantidad de mitos que hemos visto en los capítulos anteriores que no son realidad y que el sector petrolero es uno de los más seguros del mundo.

Figura 21

Encuesta mitos del fracturamiento hidráulico

Dígame si para usted las siguientes afirmaciones son ciertas, falsas o no lo sabe.



	2020	2021
Base Total respuestas	1.393	1.713
Base Expandida	27.791.326	28.540.030

Nota. La imagen representa los mitos más comunes que se tienen de los YNC en las comunidades. Tomado de. Barómetro petrolero 2021, disponible. <https://ja-a.co/wp-content/uploads/2021/09/Baro%CC%81metro-Petrolero-2021-Compartir.pdf>.

Se ha observado claramente cómo la población tiene un desconocimiento gigante de esto, no se pide que sean expertos porque para eso existimos los ingenieros, pero si se pide un criterio para no creer en todo lo que se escucha, como observamos en la figura en el año 2020 a cada incógnita que se pregunta en la figura existe un desconocimiento de la población enorme, en el 2021 ha aumentado aún más y quizás a cierto grupo de la población el tema le parece indiferente.

Los mitos que podemos observar en la imagen ya se han desmentido en este mismo documento, por ende, no entraremos nuevamente en esos temas; lo que sí se quiere resaltar es que no estamos teniendo las estrategias exactas para poder llevarle la información real y de calidad a la población.

Otros organismos nacionales han realizado encuestas provechosas acerca de los yacimientos no convencionales, además de ello el aspecto social es el aspecto con mayor peso en ellas, el centro de transparencia en su página permite aún más que

cada persona formule una pregunta en cuestión a cerca de estos yacimientos para poder ser respondidas con el mayor criterio posible, lo que nos indica que tanto los organismos como las empresas del sector que están interesadas en realizar estos proyectos en la cuenca del valle medio del magdalena están poniendo todo de sí para que la sociedad se beneficie y confié en la rigurosidad de estas.

Estudiando todas estas encuestas en torno al factor social que causan estos proyectos pilotos en yacimientos no convencionales encontramos que son buenas, debido a la rigurosidad con la que se ha hecho además de ello a la participación que se le ha dado a la población, concertando mesas de diálogo con las poblaciones que están en el valle medio del magdalena y las falencias que pudimos encontrar como ya las expusimos es la falta de claridad acerca de lo que realmente se va a realizar con estos proyectos pilotos.

9.2 Solución al Objetivo Específico n° 2

Plantear estrategias para mitigar la brecha de conocimiento de las técnicas de los yacimientos no convencionales en roca generadora o roca madre.

Figura 22

Esquema de soluciones a problemáticas sociales



Nota. Esquema de soluciones a las problemáticas sociales encontradas en el proyecto para su respectiva ejecución.

este esquema viene dado para dar respuesta inmediata a las problemáticas que radica cada proyecto de YNC en Colombia, se puede ver el paso a paso que se debe realizar para poder tener éxito en ello.

Anteriormente se venía resaltando como debemos seguir enfilando el proyecto, además en tratar de mitigar la brecha social de desconocimiento y desmitificación de varios factores que afectan la ejecución de los proyectos pilotos en el valle medio del magdalena; para poder contar con la aceptación social de las poblaciones y poder generar tanto autosuficiencia energética para el país como seguir desarrollando los proyectos que atraen la inversión social y extranjera y además de ello genera un sinnúmero de ítems beneficiosos para las poblaciones en cuestión, daremos una serie de recomendaciones para que mejoren todas estas incógnitas que se vienen dando y que radican en problemáticas para la industria además se expondrán ejemplos de países que ya lo han hecho para tomar como base las causas sociales y el cómo se ha creado un buen ambiente entre las poblaciones y las empresas que desarrollan este tipo de técnicas.

Es necesario construir confianza entre las comunidades, las instituciones y las empresas para avanzar en la exploración y los proyectos piloto. Esto exige iniciar cuanto antes los diálogos regionales y establecer los compromisos de las diversas partes involucradas. Es indispensable lograr un “diálogo de saberes” entre el Estado, las comunidades y el sector privado, que permita lograr acuerdos de convivencia entre las diversas culturas e intereses. Para ello, es necesario fortalecer la institucionalidad en el sector público, con el fin de que lidere procesos de diálogo de carácter preventivo, y no solo cuando hay urgencia frente a conflictos ya generados con las comunidades y empresas extractivas. Crear espacios para la búsqueda permanente de consensos, conduce a la creación de valor compartido para las partes involucradas.

Un aspecto indispensable para la gestión y sostenibilidad de la licencia social es la fluidez de la información a todos los niveles y de todos los contenidos requeridos. Esta debe ser puesta de manera oportuna a disposición de las comunidades en un formato completo y pedagógico y, en algunos casos, debe ser generada con participación de las comunidades locales. La información técnica siempre debe ser avalada por una entidad científica de orden nacional.

9.2.1 Uso de Redes Sociales para Difundir la Información

Otra estrategia es usando las cadenas más importantes de medios del país para hacer llevar lo que realmente son estas técnicas de extracción utilizadas en el sector, la población por lo general cree lo que ve, afirma fervientemente lo que escucha así sea falso, debemos marcar una estrategia de marketing en la industria que nos ayude a construir confianza, mediante Facebook, twitter, Instagram, no puede sonar descabellado esta estrategia debido a que esas mismas estrategias son las que permitieron ganar elecciones presidenciales en otros países, como avanza la tecnología la industria debe avanzar y las fuentes de conocimiento las tenemos a la mano.

A continuación, se verá en una imagen los portales a usar para consultar información veraz y continuación de ello distribuirla y tratar de que a la población que menos posibilidades tiene de aprender estos conceptos y a las distintas comunidades que se oponen a estos proyectos

Figura 23

Principales fuentes de información veraz de la industria energética



Nota. Imagen representativa de las fuentes de información más importantes de la industria petrolera. Tomado de editoriales más importantes de la industria, disponible en <https://onepetro.org.ezproxy.uamerica.edu.co/>

Como podemos observar estas son las colecciones digitales más importantes del sector de los hidrocarburos, donde se puede consultar la información sin sesgos, en base a experiencia que ya distintos países han tenido con las prácticas de fracking en yacimientos no convencionales y sus resultados a partir de ello.

Hemos resaltado y dejado muy claramente que se debe consultar información veraz antes de impartir el conocimiento, porque si se saca información de cualquier lugar se encontrara información contaminada sin ningún peso científico.

- **Estrategia #3**

Se propone realizar un programa conjunto para poder llevar el conocimiento a la población del valle medio del Magdalena donde los ejecutores del programa sean el ministerio de minas y energías, la agencia nacional de hidrocarburos, el ANLA, el ministerio de ambiente y las mesas regionales donde participen voceros de la región.

El fin de crear este programa es que mensualmente se entregue la información de lo que va ocurriendo en los proyectos pilotos.

Las personas encargadas de cada organismo nacional deben velar por la integridad de la información y además por la integridad del trabajo que se está realizando, exigiendo a las empresas que llevarán a cabo las investigaciones de los proyectos

pilotos para poder crear esa licencia social de la cual hemos hablado a lo largo de este capítulo.

Min. Minas. Encargado de ser el veedor principal de las buenas prácticas, de dirigir y coordinar la política que se llevará en estos proyectos pilotos además de la recolección de la información para suplir a la población.

Min. Ambiente. Este ministerio deberá acompañar en la ejecución de estos proyectos y además diseñará y formulará la política que se llevará en relación con el ambiente para poder cumplir a cabalidad con todo, establecerá las reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio en el cual se llevará a cabo los proyectos pilotos

ANH. La Agencia nacional de hidrocarburos que está adscrita a Min minas, también trabajara en la fiscalización de los procesos exploratorios en conjunto con las empresas que harán esto y además en caso de ser exitoso, deberá generar un informe final para luego ser objeto de estudio y utilizarlo para tener ejemplos a futuros de esta técnica.

ANLA. Cómo debemos ser transparentes en todo momento, debe estar el ANLA que es el que otorga los permisos para que estos proyectos se lleven a cabo, debido a que las comunidades lo que más les importa es el tema ambiental el ANLA jugara un papel importante y será que al momento de iniciar estos proyectos pilotos se cumpla con la normativa ambiental, de tal manera que se contribuya al desarrollo sostenible del País.

Después de crear esa mesa de trabajo se deberá mes a mes informar a la mesa regional todo lo que suceda en las operaciones de los proyectos pilotos para ir creando el documento final y lograr una mejor captación de información hacia la población.

9.3 Solución al Objetivo Específico n°3

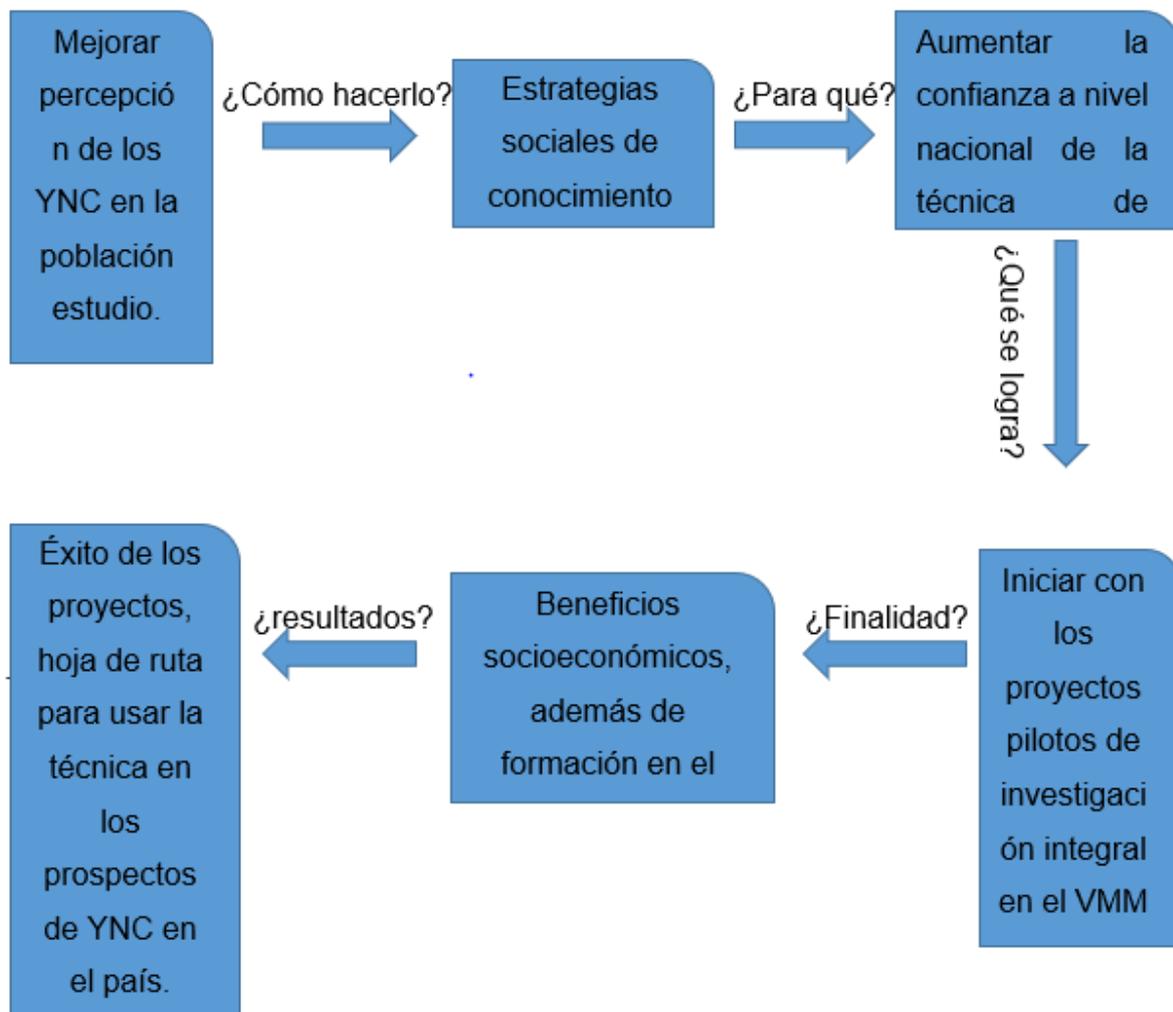
Evaluar el impacto de las estrategias establecidas en el desarrollo de los pilotos de investigación integral en los yacimientos de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Como ya hemos venido dando estrategias para que podamos llegar a tener un pacto social con las comunidades y además se logre digerir de mejor manera todo lo consiguiente a lo que hemos venido hablando de los YNC en el valle medio del magdalena vamos a visualizar en varios esquemas y detalladamente se dará una

explicación de cómo estas estrategias impactan en las comunidades para poder llevar a cabo los proyectos pilotos para el desarrollo de la estimulación hidráulica en dicha región.

Figura 24

Evaluación de soluciones propuestas en el VMM



Nota. Evaluación de las soluciones propuestas para el proyecto y sus impactos.

Se ha podido visualizar en el esquema anterior, una secuencia de pasos lógicos se ha establecido para poder darle éxito a estos proyectos, pero la gran pregunta es ¿si funcionarán estas estrategias para poder dar respuesta a las problemáticas que atañen las técnicas en YNC?

Se es optimista a la hora de responder esta pregunta porque como observamos en el momento de plantear las propuestas el desconocimiento de lo que realmente se hará

y lo que son los YNC es lo que a la población más le genera desconfianza y lo que realmente no deja que estos proyectos pilotos logren darse en el valle medio del Magdalena satisfactoriamente, además se estudió de manera concisa y precisa todos los factores externos que puedan preocupar tanto al estado colombiano como a la población estudio.

Se entiende además que el hecho de plantear una estrategia como el emplear la mayor cantidad de personas residentes y además originarias en el proyecto daría una consigna social inmensa, esto debido a que por lo general cuando las empresas llegan a comenzar operaciones en algún sector del país la materia prima como son los trabajadores los movilizan desde las grandes ciudades dejando olvidados al pueblo del cual van a generar sus actividades y además van a generar sus dividendos, pero posiblemente el hecho de generar socialmente beneficios con estos proyectos pilotos a toda la región sin impactar tanto como se cree el medio ambiente es lo que hará satisfactoria la exploración y posteriormente la producción de hidrocarburos mediante fracturamiento en el valle medio del Magdalena.

Que mejor que educar al pueblo, un pueblo educado, una región educada conocerá los retos que les atañe para poder salir adelante y además no se dejara llevar por nada ni nadie sin investigar antes, esto le sirve a las empresas por lo tanto el factor más importante a la hora de plantear estas estrategias fue la sensatez, fue entender que las comunidades se las manipula, que ellos no son culpables de rechazar los hidrocarburos, los culpables son los más poderosos, son aquellos que tienen la oportunidad de ser entes públicos de ser aquellos que generen empleo pero sobre todo una educación de calidad, vemos que esto va más allá de si se da o no el aval a los proyectos pilotos en el valle medio, esto realmente es ayudar a la población y como la industria más importante de este país debemos tener conciencia social debido a que hemos sido afortunados de tener el conocimiento y los mejores ejemplos en nuestras manos y por ende debemos ser nosotros los que tomemos esa iniciativa de poner en marcha todas estas estrategias para que después el mismo pueblo sea el que hable por nosotros, con buenas prácticas con honestidad podremos llegar a generar aún más riquezas pero sobre todo un mejor nombre en la industria petrolera internacional, tenemos materia para hacerlo solo falta la disposición del gobierno y empezar a impartir ese conocimiento para llegar a la meta que es bastante ambiciosa.

Otra de las estrategias fue la difusión de la información mediante las redes sociales y además de utilizar las mejores fuentes de información de la industria para poder ir mitigando la brecha de conocimiento acerca de los yacimientos no convencionales en la zona estudio, es muy provechosa y además muy innovadora estamos en la era tecnológica y debemos adecuarnos a ella y las empresas del sector deben utilizarla como su mayor arma para poder superar los distintos problemas que conlleva el que un pueblo no sepa de lo que se va a realizar en ello, utilizar las redes sociales más importantes nos genera que se cubra aún más la cobertura del saber y que todos los sectores sociales de la región puedan estar más enterados por medio de sus medios electrónicos de lo que sucede a la hora de realizar una fractura hidráulica para poder extraer el gas y el petróleo entrampado en el subsuelo

10. CONCLUSIONES

Se evaluó qué tan eficaz eran estas encuestas que hacían los diferentes entes gubernamentales en el país centrándose en el valle medio del Magdalena y se logró identificar que las encuestas realizadas cubrían los temas de una gran parte de las problemáticas que hoy en día existen en el entorno de la explotación de los yacimientos no convencionales en el valle medio del Magdalena.

Se evidencio que la base de las encuestas es confiable debido a que alrededor de 27 millones de encuestados participaban en ellas y se vio como desde el 2019 hasta el 2021 un 9% de la población ha aumentado su confianza en la técnica de fracturamiento hidráulico y la exploración de los yacimientos no convencionales.

Se evidencio que los YNC serían aliados estratégicos para la financiación del Estado, teniendo en cuenta que un proyecto tipo podría generar más de 10.000 millones de dólares durante su vida útil en impuestos, derechos económicos contractuales, dividendos y regalías (aproximadamente 500 millones de dólares por año, es decir, 1,5 billones de pesos anuales).

Se propuso impulsar la información de los yacimientos no convencionales en el valle medio del Magdalena por medio de las redes sociales debido a que esta información llegaría a mayor población también cubrir todos los sectores sociales teniendo en cuenta que casi el 95% de las personas hoy en día tienen las redes sociales más comúnmente usadas a nivel global.

Se realizó una exhausta revisión bibliográfica de experiencias externas, que señala como ejemplo importante, que en Estados Unidos el gas extraído con “*fracking*” ha generado condiciones competitivas para reemplazar al carbón por gas para la generación de energía eléctrica. Esta sustitución tiene claros impactos positivos en términos de emisión de gases y efecto invernadero debido a que cada barril que se extrae tiene entre ocho y nueve kilogramos de CO₂, que es alrededor de una tercera parte de lo que tienen los barriles tradicionales además es esta la transición energética que este gobierno le apuesta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ecopetrol. (2018). Presentación. Seguridad Energética para el país. Yacimientos No Convencionales. Bogotá D.C.
- [2] López, E., Montes, E.G., & Collazos, M. M. (2013). La economía petrolera en Colombia. (B. d. República, Ed.) Borradores de Economía No. 748.
- [3] <https://acp.com.co/web2017/es/todo-sobre-el-fracking/956-tipos-de-yacimientos-no-convencionales>.
- [4] <https://acp.com.co/web2017/es/todo-sobre-el-fracking/956-tipos-de-yacimientos-no-convencionales>.
- [5] Yacimientos no convencionales: Clasificación, características y técnicas de exploración y explotación, <https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2017/01/Mogollon.pdf>.
- [6] Y. Zee Ma and Stephen A. Holditch. (2015). Unconventional Oil and Gas Resources Handbook. En Unconventional Oil and Gas Resources Handbook. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802238-2.00001-8>.
- [7] MOJICA J et al. Estructura y Evolución Tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena, Colombia. p. 43.
- [8] ANH. Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos Pozo: Infantas-1613, Colombia: 2012. p.10.
- [9] MALAGON ROJAS, F.E., VALENTÍN NAVARRETE, D.A., CORDOBA ORTIZ, F. 2001. Evaluación del Potencial Generador de Hidrocarburos de las Formaciones Rosablanca, Paja y Tablazo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. Tesis Universidad Nacional de Colombia. p.74.
- [10] JARVIE, Daniel. Shale Resource Systems for Oil and Gas: Part 2—Shale-Oil Resource Systems. En: BREYER, J. ed. Shale Reservoirs—Giant Resources for the 21st Century. Tulsa, OK: AAPG, 2012. p. 89-93.
- [11] WELTE, D. H., and D. Leythaeuser, 1984, Geological and physicochemical conditions for primary migration of hydrocarbons: Naturwissenschaften, v. 70, p. 90.

- [12] SPICKERT, A. Petroleum System Analysis: Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, South America. : Seattle, USA: University of Washington, 2014. p. 240.
- [13] CÓRDOBA, F., et al. Proyecto evaluación regional del Valle Medio del Magdalena y Cordillera.: Bogotá, Colombia: Ecopetrol, 2001. p.
- [14] VEIGAL, R. and DZELALIJA, F. A Regional Overview of the La Luna Formation and the Villeta Group as Shale Gas/Shale Oil in the Catatumbo, Magdalena Valley and Eastern Cordillera Regions, Colombia, American Association of Petroleum Geologists, 2014. p.124
- [15] THÉRY, J. M. Constitution du Nord-Ouest du continent sud-américain avant les tectoniques andines. En: UNIV. BORDEAUX. p.42
- [16] REYES SANTOS, J.P., A.F. Díaz, M.M. Monsalve, and M. Barragán, M., 2000, Secuencia calcárea del Cretáceo del Valle Medio del Magdalena, Colombia, una nueva frontera exploratoria: VII Simposio Bolivariano-Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas: Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, Caracas, Venezuela, Memorias 1, p. 426-442.
- [17] GALVIS-PORTILLA, H., et al. Regional Sequence Stratigraphy of the Upper Cretaceous La Luna Formation in the Magdalena Valley Basin, Colombia.: Unconventional Resources Technology Conference, 2014. ISBN 9781-613993606. p.152.
- [18] TORRES, Emilio J., et al. Unconventional Resources Assessment of La Luna Formation in the Middle Magdalena Valley Basin, Colombia.: AAPG, 2015. p.18.
- [19] ANH.Op.cit, p.45
- [20] TORRES. Op. Cit., p. 20
- [21] ANH.Op.cit, p.46
- [22] PACHECO SINTURA, Paula Andrea; CARDONA MOLINA, Agustín and CORTÉS, Farid B. Compositional characterization and storage capacity of shale samples from La Luna and Conejo Formations (Middle Magdalena basin and the

Eastern Cordillera): Implications for evaluation of cretaceous shale gas in Colombia. En: BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA. May 8, no. 37, p. 45-53

- [23] GALVIS-PORTILLA. Op.cit., p25 26 PACHECO SINTURA, Op.cit., p. 45-53
- [24] VEIGAL, R. and DZELALIJA, F. A Regional Overview of the La Luna Formation and the Villeta Group as Shale Gas/Shale Oil in the Catatumbo, Magdalena Valley and Eastern Cordillera Regions, Colombia, American Association of Petroleum Geologists, 2014. p.21
- [25] ZUMBERGE, J.E., 1984. Source rocks of the La Luna Formation (Upper Cretaceous) in the Middle Magdalena Valley, Colombia, in J.G. Palacas, ed., Petroleum Geochemistry and Source Rock Potential of Carbonate Rocks: AAPG Studies in Geology no. 18, p. 127-133.
- [26] RANGEL. Op.cit., p. 207
- [27] AGUILERA, Roberto, et al. Organic Geochemistry Atlas of Colombia. En: EARTH SCIENCE RESEARCH JOURNAL. vol. 14, p. 114-122
- [28] SARMIENTO. Op. Cit., p 10
- [29] COMISION INTERDISCIPLINARIA INDEPENDIENTE. Informe sobre efectos Ambientales (Boíticos, Físicos y Sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidraulico de roca generadora mediante perforación horizontal. Disponible en; <https://observatorioambiental.contraloria.gov.co/InformesRelacionados/Informe-final%20fracking%20comite%20expertos.pdf>
- [30] University of Chicago, «Study suggests hydraulic fracturing boosts local economies,» 22 Diciembre 2016. [En línea]. <https://news.uchicago.edu/story/study-suggests-hydraulic-fracturing-boosts-localeconomies>.
- [31] contraloría general de la nación. Op.cit., <https://www.contraloria.gov.co/web/regalias#:~:text=Las%20regal%C3%ADas%20son%20el%20pago,la%20producci%C3%B3n%20de%20petr%C3%B3leo%20cruudo>.

[32]ANH (2016) Presentación ANH Sismología En Fracking, Agencia Nacional De Hidrocarburos. ANH. Disponible en. https://www.anh.gov.co/documents/1842/Sismicidad_en_Operacion_de_Fracking_en_Colombia_-_Carlos_Vargas.pdf enero 23, 2023.

GLOSARIO

Hidrocarburos: Está básicamente compuesto por el carbono e hidrógeno, dependiendo de las ramificaciones que se tengan esta puede ser ligera o pesada. La ramificación en este caso va a ser la cantidad de átomos de carbono e hidrógeno que esta obtenga sin impurezas (H₂S) [2]

Exploración: Se consolida información geológica y geofísica de rocas y sedimentos para su análisis. [1]

Explotación: Producción es decir se constituye la infraestructura el transporte de los hidrocarburos a superficie. Que conecte la arena de interés (Yacimiento) con la superficie. [1]

Permeabilidad: Es una propiedad que mide la facilidad con la cual una roca deja atravesar un fluido. Su unidad es el darcy o el milidarcy.

Petrofísica: Es la ciencia que estudia las rocas de un yacimiento y los fluidos contenidos en ella mediante el uso de registros de pozo y análisis de recortes de perforación y núcleos.

Porosidad: Es la medida de la fracción del volumen vacío dentro de una roca. También, se le conoce como la capacidad de almacenamiento de fluidos en una roca.

Shale: Es la roca sedimentaria que se presenta en mayor proporción a nivel terrestre. Está compuesta principalmente (>67%) por partículas de tamaño arcilloso (<1/256 mm) Con cierto porcentaje de partículas de tamaño de limo.

Roca generadora: Son rocas sedimentarias que cumplen una serie de requisitos y características especiales para la generación de hidrocarburos.

Kerógeno: Materia orgánica compleja de alto contenido molecular la cual es encontrada en rocas sedimentarias y es insoluble en solventes orgánicos.

Área del yacimiento de hidrocarburos: Es el área procedente del mapa estructural o de curvas iso nivel del tope de la formación productora de un yacimiento de hidrocarburos, fallas, plegamientos, cambios de fases, roca sello o cualquier otro evento geológico que no permita la transferencia de fluidos a través de él.

Yacimientos no convencionales: Formación rocosa con baja permeabilidad primaria a la que se le debe realizar estimulación para mejorar las condiciones de

movilidad y recobro de hidrocarburos, 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. [3]

Ministerio de minas y energía (MME): Tiene como objetivo adoptar dirigir y coordinar las políticas en sector minero energético. [3]

Agencia nacional de minería (ANM): Administrar integralmente los recursos minero-energéticos del estado conforme a la ley. [3]

Agencia nacional de hidrocarburos (ANH): Brinda y comercializa el sector de tierras para su máximo aprovechamiento demarcada por colores de nominado mapa de tierras, sus colores son: rojo, blanco, amarillo y azul para Áreas de: Explotación, Estudio, Exploración y trabajos de evaluación como mínimo respectivamente. Cerciorándose de que todas las compañías que la adquieran cumplan con los reglamentos y equipos necesarios para su Exploración y Producción (E & P) en el territorio colombiano. [3]

Comisión reguladora de energía y gas (CREG): Regula la prestación de servicios públicos, de energía eléctrica y gas combustible.

Instituto de planeación y soluciones energéticas (IPSE): Tiene como objetivo brindar conectividad a zonas no interconectadas (ZNI). [3]

Servicio geológico colombiano (SGC): Genera un estudio para saber si el área a desarrollar tiene posibles fallas geológicas que imposibiliten la tarea. [3]

Unidad de planeación minero energético (UPME): Es la unidad de planeación minero-energética de orden nacional. [3]

Proyectos piloto de investigación integral (PPII): Proceso experimental, científico y técnico de carácter temporal, donde se desarrolla un polígono específico en busca de recopilar información social, ambiental y técnica, en los Yacimientos No Convencionales (YNC) donde se requiere el uso de la técnica de Fracturación Hidráulica multietapa (FH) con Perforación Horizontal (PH); generando conocimiento para el fortalecimiento institucional, promover la participación ciudadana, la transparencia y el acceso a la información; con su respectiva vigilancia, monitoreo y control. [3]

Fracturamiento hidráulico multietapa con perforación horizontal – FH – PH: Técnica usada en la extracción de petróleo o gas en yacimientos no convencionales (YNC), en formaciones de lutitas y carbonatos apretados de baja porosidad y

permeabilidad, mediante el cual se inyecta fluido en varias etapas compuesto por agua, propano y aditivos con un porcentaje de 0.5% a presiones controladas con el objetivo de generar canales que facilite el flujo de los fluidos de la formación productora al pozo perforado horizontalmente. [3]

Línea base: Condiciones iniciales ambientales, sociales, económicas y de salud, previa a las intervenciones que se originen de los proyectos piloto de investigación integral – PPII.

Tecnología de mínimo impacto – TMI: Minimiza la afectación de ejecución de los proyectos de investigación integral (PPII), en términos ambientales y de la comunidad en el área de influencia. [3]

Campo: Cuando se trata de producción de hidrocarburos, se entenderá como el área en cuyo subsuelo existen uno o más yacimientos.

Producción de hidrocarburos: Se refiere a la cantidad neta de petróleo crudo y gas producido a condiciones de 60°F y una presión de 14,65 libras por pulgada cuadrada.

Yacimiento convencional de hidrocarburos: Formación rocosa subterránea donde ocurren acumulación de hidrocarburos en trampas estratigráficas limitadas por barreras geológicas, tales como estratos impermeables, aguas de formación que puedan estar presentes en la misma área o estructura geológica.

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, se estiman y comercializan una acumulación de petróleo conocida bajo condiciones económicas operacionales.

Reservas no probadas: Volúmenes calculados a partir de información geológica e ingeniería disponible, utilizada para cuantificar las reservas, sin embargo, la incertidumbre técnica, no permite clasificarla como probadas.

ANEXOS

ANEXO 1

RECOMENDACIONES

Se recomienda para próximos trabajos, realizar un diagnóstico y mejora al proceso de elaboración en las encuestas. Con una perspectiva más dinámica para el lector, y sepa sin la necesidad de ser una persona técnica los aspectos en los que consiste esta técnica para una mayor claridad.

Se recomienda para próximos estudios referentes a los yacimientos no convencionales darle un mayor dinamismo a las encuestas debido a que les falta que introduzca al lector a tener un mayor interés y un panorama mucho más real en si de lo que consiste la industria oil and gas y los beneficios que otorga al país.

Se recomienda al gobierno nacional crear mesas territoriales donde participen líderes comunitarios y la mayor cantidad de personas de la población que este proyecto afectaría, además se propuso como medida educar lo mejor posible a gran parte de la población para ser empleadas en estos proyecto con la finalidad de lograr una inclusión más amplia y que la población además de beneficiarse por las regalías que estos proyectos en caso de ser exitosos pudieran dejar al ser empleados tendrían una experiencia para poder seguir laborando en proyectos de este tipo y de esta industria y su economía sería beneficiada de manera exponencial.

Se sugiere seguir con las exploraciones del “*fracking*”, la disponibilidad de gas y petróleo en el mundo no es el limitante que anima a su sustitución, además que a este país le podría generar las divisas necesarias para los programas sociales que pretende este gobierno que acaba de posesionarse debido a que está demostrado científicamente que se pueden suplir otras fuentes que contaminan más con el uso del fracturamiento hidráulico para extraer el gas que tenemos.

Se recomienda avanzar con los PPII en las condiciones señaladas. En estas etapas se debe sortear una serie de requisitos para que, una vez cumplidos y según la evaluación de la experiencia del PPII, se pueda tomar la determinación de hacer o no “*fracking*” y, si se hace, de cómo y dónde hacerlo. Las observaciones y recomendaciones presentadas en este proyecto han sido minimizadas a la hora de encontrar errores en ellas y se ha tratado de traer la información más reciente y veraz. Por tanto, representa un criterio acerca de un tema de interés nacional y

especialmente de los habitantes del valle medio del Magdalena territorio donde se prevé realizar actividades exploratorias en YNC.