

PROBLEMÁTICAS SOCIO-AMBIENTALES DEBIDO AL IMPACTO QUE PODRÍA  
GENERAR EL USO DEL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO DE LUTITAS EN  
SAN MARTÍN, CESAR

JHON MICHAEL ANTONY FLÓREZ ROA

LUIS EDUARDO GONZÁLEZ ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA

2017

PROBLEMÁTICAS SOCIO-AMBIENTALES DEBIDO AL IMPACTO QUE PODRÍA  
GENERAR EL USO DEL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO DE LUTITAS EN  
SAN MARTÍN, CESAR

JHON MICHAEL ANTONY FLÓREZ ROA

LUIS EDUARDO GONZÁLEZ ÁLVAREZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Petróleos

Director

Ing. OSCAR VANEGAS ANGARITA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA

2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios primeramente porque es en el en quien logramos nuestras metas de la mejor manera posible, agradecemos al Ingeniero Oscar Vanegas por permitirnos desarrollar esta temática bajo su dirección y apoyo, a la Ingeniera Kathy Margarita Daza por darnos las primeras indicaciones para fijar nuestros objetivos, al ingeniero Harving Díaz Consuegra que desde la academia nos permitió conocer pautas para realizar un mejor estudio, al señor Alexander Castillo residente del municipio quien fue nuestro guía en el reconocimiento de la zona afectada, al señor Miguel Lara, líder comunal de la Vereda Cuatro Bocas quien nos permitió conocer de primera mano referentes a la problemática que vive la Vereda Cuatro Bocas.

## DEDICATORIA

*Este trabajo esta principalmente dedicado a Dios, al que hace posible cada acto en nuestra vida, a mis padres María Álvarez y Marcial González, a mis hermanos, Jhon, Diana(2), Wilson, Darcy, Odalis, Hector, que me han acompañado en este proceso aportando a mi vida peldaños para avanzar hacia mis metas, se lo dedico a todas y a cada una de las personas que han pasado por mi vida en estos últimos seis años, para todos aquellos en quienes pude dejar algo bueno con mi pasar en sus vidas, a la familia Chávez Ortega que me acompañó y brindó lo más parecido a una familia, dedicado para mi gran amigo Carlos Barrera que es un verdadero ejemplo de amistad incondicional, dedicada a cada uno de los integrantes del apto 301, hoy soy yo quien escribe esta dedicatoria en poco será cada uno de ellos escribiendo la suya y alcance sus metas.*

*Para todos ustedes y para quien se me pueda escapar, espero sea de su agrado la alegría que hoy siento y de corazón espero haber respondido de la mejor manera con mi compromiso como hijo, hermano y amigo, gracias a todos.*

**Luis Eduardo**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	16
1. CONCEPTOS SOBRE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES ....	17
1.1 HIDROCARBUROS CONVENCIONALES. ....	17
1.2 HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES .....	18
1.2.1 Tipos de hidrocarburos no convencionales. ....	19
1.2.2 Distribución mundial de Yacimientos no convencionales .....	19
2. FRACTURAMIENTO HIDRAULICO COMO TECNICA DE EXTRACCION DE RECURSOS NO CONVENCIONALES .....	20
2.1 MODO DE USO.....	21
2.2 ADITIVOS Y SUS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS .....	23
2.2.1 Captación de agua.....	23
2.2.2 Propiedades fisicoquímicas de los aditivos. ....	25
2.2.2.1 Agentes gelificantes .....	26
2.2.2.2 Aditivos para la perdida de fricción: .....	28
2.2.2.3 Bactericidas: .....	29
2.2.2.4 Estabilizadores de pH: .....	29
2.2.2.5 Ruptores de geles:.....	30
2.2.2.6 Inhibidores de arcilla: .....	30
2.2.2.7 Surfactantes:.....	31
2.2.3 Propiedades para verter fluido a un cuerpo de agua.....	31
3. REQUERIMIENTO TECNICO PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES .....	35
3.1 RESOLUCIÓN 90341 DE 2014, PALABRAS CLAVES. ....	35
3.1.1 Acuífero aprovechable para el consumo humano.....	35
3.1.2 Estimulación hidráulica. ....	35
3.1.3 Pozo horizontal. ....	35
3.1.4 Propante .....	35

3.1.5	Radio de estimulación hidráulica.....	36
3.1.6	Sismicidad desencadenada. ....	36
3.2	EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS NO CONVECIONALES SEGUN RESOLUCIÓN 90341 DE 2014. ....	37
3.2.1	Programa global de perforación .....	37
3.2.2	Requerimiento para operaciones de estimulación hidráulica .....	37
3.2.3	Suspensión de actividades de estimulación hidráulica .....	41
4.	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA ZONA DE INFLUENCIA .....	42
4.1	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA .....	42
4.1.1	Roca metamorfica.....	42
4.1.2	Roca ígnea.....	44
4.1.3	DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS .....	44
4.1.4	Geología Estructural.....	45
4.1.4.1	Pliegues.....	45
4.1.4.2	Fallas .....	45
4.1.5	Actividad minera.....	46
4.1.6	Explotación petrolera.....	47
4.1.7	Evolución geológica.....	47
4.2	CLIMATOLOGÍA.....	50
4.2.1	Balance Hídrico.....	50
4.3	GEOMORFOLOGÍA .....	51
4.3.1	DEPRESIÓN CENAGOSA.....	52
4.3.2	SUELOS.....	52
4.3.2.1	ASOCIACIÓN MARQUETALIA (MA).....	52
4.3.2.2	ASOCIACIÓN INÉS (IN).....	53
4.3.2.3	ASOCIACIÓN LEBRIJA (LB).....	54
4.3.2.4	ASOCIACIÓN ESTRELLA (ES) .....	54
4.3.2.5	ASOCIACIÓN PASO (PS).....	55
4.3.2.6	CONSOCIACIÓN REMANSO (RE) .....	56

4.3.2.7 ASOCIACIÓN AGUACATAL (AG) .....	56
4.3.2.8 ASOCIACIÓN PARAÍSO (PA) .....	57
4.3.2.9 ASOCIACIÓN TRAPICHE (TR).....	58
4.3.2.10 ASOCIACIÓN SUEÑO (SU) .....	58
4.3.2.11 COMPLEJO AURORA (AR).....	59
4.3.2.12 ASOCIACIÓN HELENA (HE).....	59
4.3.2.13 CONSOCIACIÓN CORRAL (CO) .....	60
4.3.2.14 ASOCIACIÓN MIRAFLORES (MI).....	61
4.3.2.15 ASOCIACIÓN VIJAGUAL (VI).....	61
4.3.2.16 ASOCIACIÓN RAYA (RA).....	62
4.3.2.17 ASOCIACIÓN YEGUERITA (YE).....	63
4.3.2.18 ASOCIACIÓN MONSERRATE (MN).....	64
4.3.2.19 ABANICOS ALUVIALES Y TERRAZAS .....	64
4.3.2.20 SERRANÍAS .....	65
4.4 CARACTERIZTICA AMBIENTAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	66
4.4.1 RECURSO FLORA.....	66
4.4.1.1 Elemento biótico.....	66
4.4.1.2 Marco conceptual.....	66
4.4.1.3 Zonas de vida .....	67
4.4.1.4 Bosque húmedo tropical.....	67
4.4.1.5 Bosque húmedo premontano.....	69
4.4.2 FAUNA.....	72
4.4.2.1 CLASE AMPHIBIA.....	73
4.4.2.2 CLASE REPTILIA .....	74
4.4.2.3 CLASE AVES.....	75
4.4.2.4 CLASE MAMÍFERA.....	76
4.4.2.5 CLASE PECES .....	78
4.5 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	79
4.5.1 Lineamientos territoriales .....	80
4.5.2 Generalidades.....	81

4.5.3	CONTEXTO TERRITORIAL .....	82
4.5.3.1	Escala municipal.....	82
4.5.4	MUNICIPIO .....	82
4.5.4.1	Casco Urbano. ....	82
4.5.4.2	Características .....	83
4.5.4.3	Arborización.....	83
4.5.4.4	Uso Actual del Suelo Urbano.....	83
4.5.4.5	Tamaño de las manzanas .....	84
4.5.4.6	Tamaño del lote .....	85
4.5.4.7	División Territorial del Casco Urbano: .....	85
4.5.4.8	Equipamiento comunal de San Martín .....	86
5.	ESTUDIO DE IMPACTO SOCIOAMBIENTAL SEGÚN EL ANALISIS DE CICLO DE VIDA (ACV).....	87
5.1	ENTORNO GENERAL DEL ANALISIS CICLO DE VIDA (ACV).....	87
5.1.1	Fase 1: Objetivo y alcance del estudio .....	88
5.1.2	Fase 2: Inventario del ciclo de Vida (ICV) .....	89
5.1.3	Fase 3: Evaluación del Impacto del ciclo de Vida (EICV) .....	90
5.1.4	Fase 4: Interpretación de resultados .....	91
5.1.5	Ciclo de vida .....	91
5.2	OBJETIVO Y ALCANSE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	92
5.3	INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV) .....	92
5.3.1	Metodología aplicada .....	93
5.3.2	Identificación de impactos .....	100
5.3.2.1	Construcción de locación .....	101
5.3.2.2	Perforación.....	102
5.3.2.3	Fracturamiento hidráulico (añadir las imágenes faltantes) .....	105
5.4	EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV).....	110
5.5	INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	120
5.5.1	Construcción de locación .....	120
5.5.2	Perforación.....	121

5.5.3	Fracturamiento hidráulico .....	122
6.	ESTUDIO SOCIOAMBIENTAL APLICADO A PROYECTOS EXTRANGEJEROS.....	123
6.1	ESTUDIO DE IMPACTO EN ARGENTINA .....	123
6.1.1	Agua.....	124
6.1.2	Aire.....	126
6.1.3	Actividad sísmica .....	128
6.2	IMPACTO AMBIENTAL EN ESTADOS UNIDOS.....	129
6.2.1	Agua.....	129
6.2.2	Aire.....	131
6.2.3	Actividad sísmica .....	133
7.	ENCUESTA DE PERCEPCIÓN .....	135
7.1	DATOS EN LA RECOPIACION DE LA ENCUESTA.....	135
7.1.1	Percepción de impactos que la población supone dejara el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking).....	135
7.1.2	Conocimientos en temas como proceso de fracturamiento, químicos o aditivos a usar y/o cantidad de agua a usar.....	136
7.1.3	Afectación, de alguna índole, en la exploración y explotación de crudo que se efectúa en la zona.....	136
7.1.4	conocimiento de la resolución 90341 del 2014.....	137
7.1.5	Está de acuerdo con el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking) ....	137
7.1.6	Efectos positivos por el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking) ....	138
7.1.7	Aspectos más afectados por el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking) .....	138
7.2	ANALISIS DE RESULTADOS.....	139
	CONCLUSIONES.....	142
	RECOMENDACIONES.....	145
	BIBLIOGRAFÍA.....	146
	ANEXOS .....	148

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Demanda energética 2015</i> .....	17
<i>Figura 2: Yacimiento convencional y no convencional</i> .....	18
<i>Figura 3: Distribución mundial de Shale gas y Shale oil.</i> .....	20
<i>Figura 4: Proceso interno del fracturamiento hidráulico.</i> .....	22
<i>Figura 5: Propante.</i> .....	23
<i>Figura 6: Proporción de agua en el fluido de fracturamiento hidráulico.</i> .....	27
<i>Figura 7: Variación de HCL en un fluido de fracturamiento hidráulico.</i> .....	32
<i>Figura 8: radio de estimulación hidráulica, formación vaca muerta.</i> .....	36
<i>figura 9: Geología e Hidrología del bloque VMM3</i> .....	43
<i>figura 10 Balance hídrico en el municipio de San Martín-Cesar, estación La Llana.</i> .....	51
<i>Figura 11: Fases, análisis ciclo de vida</i> .....	88
<i>Figura 12: Contaminación por migración en fractura creada.</i> .....	106
<i>Figura 13: Contaminación por filtración de líquido, fracturando la formación.</i> .....	107
<i>Figura 14: Distribución de los impactos en construcción locación</i> .....	120
<i>Figura 15: Distribución de los impactos en la perforación</i> .....	121
<i>Figura 16: Distribución de los impactos en el fracturamiento hidráulico.</i> .....	123
<i>figura 17: Percepción de impactos por el fracking</i> .....	135
<i>figura 18: Conocimiento sobre el fracturamiento hidráulico</i> .....	136
<i>figura 19: Afectación de procesos convencionales</i> .....	136
<i>figura 20: conocimiento de la resolución 90341 de 2014</i> .....	137
<i>figura 21: Acuerdo sobre el fracturamiento hidráulico</i> .....	137
<i>figura 22: aspectos positivos en el fracking</i> .....	138
<i>figura 23 Aspectos críticos por el fracking</i> .....	138

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: parámetros del agua de fracturamiento hidráulico.</i>	26
<i>Tabla 2 : Aditivos en un pozo en la formación Neuquin, vaca muerta.</i>	32
<i>Tabla 3: Requerimiento mínimo de vertimientos</i>	34
<i>Tabla 4: Zonas de Vida presentes en el Municipio de San Martín</i>	72
<i>Tabla 5: Área especializadas en San Martin, Cesar.</i>	84
<i>Tabla 6: COMPOSICIÓN DEL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN MARTIN</i>	86
<i>Tabla 7: Equipamiento Comunal Municipio de San Martín</i>	86
<i>Tabla 8: Alcaldía Municipal de San Martin, Cesar.</i>	87
<i>Tabla 9: Medio y recurso a analizar</i>	92
<i>Tabla 10: Momento</i>	95
<i>Tabla 11: Persistencia</i>	96
<i>Tabla 12: Intensidad</i>	97
<i>Tabla 13: Sinergia</i>	98
<i>Tabla 14: Reversibilidad</i>	98
<i>Tabla 15: Periodicidad</i>	99
<i>Tabla 16: Recuperabilidad</i>	99
<i>Tabla 17: clasificación con base al I.I.A.</i>	100
<i>Tabla 18: Identificación de los impactos en la construcción de la locación</i>	101
<i>Tabla 19: Identificación de impactos en la perforación</i>	103
<i>Tabla 20: Identificación de impactos en el Fracturamiento hidráulico</i>	108
<i>Tabla 21: Evaluación de impacto en la construcción de locación</i>	111
<i>Tabla 22: Evaluación de impactos en la perforación</i>	113
<i>Tabla 23: Evaluación de impacto ambiental en el Fracturamiento hidráulico</i>	116
<i>Tabla 24: Resumen impacto de la construcción locación</i>	120
<i>Tabla 25: Resumen impactos de la perforación</i>	121
<i>Tabla 26: Resumen impactos en fracturamiento hidráulico</i>	122

## **TABLA DE ANEXO**

<i>Anexo. 1 Carta de presentación como tesista .....</i>	<i>148</i>
<i>Anexo. 2: Solicitud de permiso para realizar encuesta.....</i>	<i>149</i>
<i>Anexo. 3: Solicitud POT San Martin, Cesa año 2017 .....</i>	<i>150</i>
<i>Anexo. 4: Encuesta .....</i>	<i>151</i>
<i>Anexo. 5 Registro fotográfico Vereda Cuatro Bocas .....</i>	<i>153</i>

## RESUMEN

**TÍTULO:** PROBLEMÁTICAS SOCIO-AMBIENTALES DEBIDO AL IMPACTO QUE PODRÍA GENERAR EL USO DEL FRACKING EN SAN MARTÍN, CESAR.\*

**AUTORES:** JHON MICHAEL ANTONY ROA FLOREZ, LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** FRACKING, IMPACTO SOCIAL, IMPACTO AMBIENTAL, GEOLOGIA

### DESCRIPCIÓN:

La alta demanda que se ha venido creciendo en los últimos años por el sector hidrocarburo, ha hecho que se mire en horizontes donde antes ni se pensaba, en los no convencionales. En el caso de los gases atrapados en lutitas, se usa una técnica de extracción denominada fracturamiento hidráulico de lutitas, o más conocido como (Fracking), esto ha generado gran controversia y pánico entre los habitantes de la zona de influencia, por los impactos que podría generar, y, por ende, un buen estudio de esta técnica sería una manera de cuantificarlo. El proceso de fracturamiento hidráulico, en la normatividad colombiana lo contempla, tiene sus parámetros mínimos de operación y funcionamiento. Se realiza un análisis de Ciclo de Vida (ACV) a San Martín, Cesar, en donde se encuentra el bloque VMM 3, donde se quiere realizar dicho proceso de fracturamiento, sacar algunas conclusiones propias del proceso e indicadores de un posible pánico social generado por el tema. Se tendrá presente la opinión de la población, sin obviar en ningún momento los parámetros de ingeniería aplicados al estudio de impacto ambiental, sus respectivas interpretaciones y posibles soluciones para disminuir sus impactos a nivel local y/o regional, dando la posibilidad de unas prácticas más sanas y posiblemente viables.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. Oscar Vanegas Angarita

## ABSTRACT

**TITLE:** SOCIO-ENVIRONMENTAL PROBLEMS DUE TO THE IMPACT THAT COULD GENERATE THE USE OF THE FRACKING IN SAN MARTÍN, CESAR.\*

**AUTHORS:** JHON MICHAEL ANTONY ROA FLOREZ, LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ.\*\*

**KEY WORDS.** FRACKING, SOCIAL IMPACT, ENVIRONMENTAL IMPACT, GEOLOGY

### DESCRIPTION:

The high demand that has been growing in recent years due to the hydrocarbon sector, has made it look at horizons where previously nor thought, in the unconventional. In the case of gases trapped in shales, an extraction technique called hydraulic fracturing of shales, or better known as (Fracking) is used, this has generated great controversy and panic among the inhabitants of the zone of influence, by the impacts that could generate, and, therefore, a good study of this technique would be a way of quantifying it. The hydraulic fracturing process, in Colombian legislation, contemplates it, has its minimum parameters of operation and operation. A Life Cycle analysis (LCA) is carried out in San Martin, Cesar, where the VMM 3 block is located, where it is desired to perform this fracturing process, to draw some conclusions about the process and indicators of a possible social panic generated by the theme. The opinion of the population will be taken into account, without at any time obviating the engineering parameters applied to the environmental impact study, their respective interpretations and possible solutions to reduce their impacts at local and / or regional level, giving the possibility of more healthy And possibly viable.

---

\* Bachelor Degree Project.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. Oscar Vanegas Angarita

## INTRODUCCIÓN

Actualmente Colombia está en la posición 4 en la lista de los más productores de América Latina, se cuentan con reservas probadas de 2.4 mil millones de barriles de petróleo y de 0,2 billones de metros cúbicos de gas según estadísticas de la BP, esto representa para Colombia contar con hidrocarburos por un tiempo no mayor a 7 años siendo este un cálculo realmente optimista. Debido a esta realidad, el gobierno colombiano se encuentra ante la obligación de apuntar a nuevas tecnologías si quiere mantener al sector hidrocarburo como su pilar económico nacional, lo que conlleva a hablar del fracturamiento hidráulico como una necesidad para aumentar reservas.

El Fracking, también conocida como fracturamiento hidráulico de lutitas ha traído consigo un sin número de polémicas en la comunidad internacional a causa de los impactos de orden social y ambiental que han dejado por su paso, hoy hablamos de que en Colombia existen 43 bloques de hidrocarburos con YNC, de los cuales 7 ya han sido entregados y se encuentran en su etapa exploratoria, lo cual ya ha generado controversia nacional y una fuerte oposición a la indebida aplicación del Fracking. Uno de estos 7 bloques es el VMM 3, que abarca zona del municipio de San Martín Cesar, el cual será objeto de estudio de este trabajo investigativo por tratarse del bloque con mayor avance en el desarrollo de esta tecnología en Colombia.

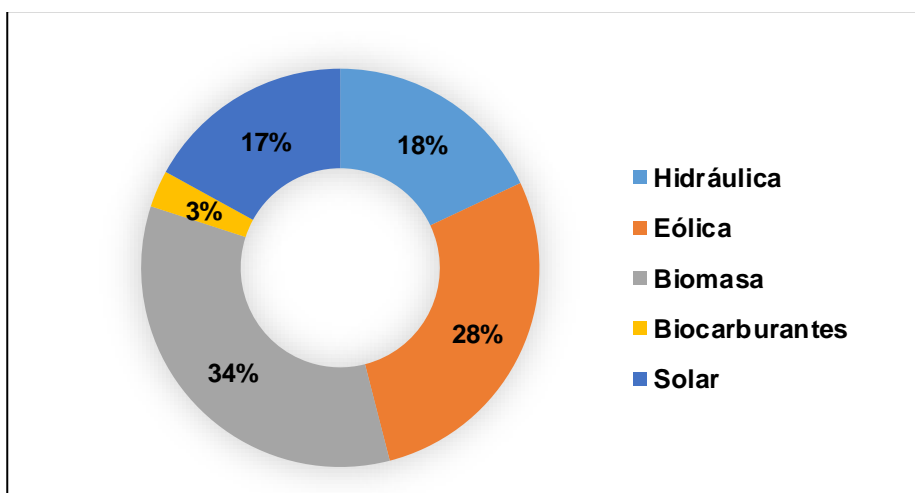
Mediante un apropiado estudio evaluativo de los posibles impactos socio ambientales que pueden surgir en esta zona de estudio, se puede establecer diversas pautas que nos definan la mejor manera de fomentar el desarrollo tecnológico en exploración y explotación en esta región dejando a un lado los intereses meramente extractivos, asegurando un equilibrio entre el necesario desarrollo económico del país, la sociedad y el medio ambiente.

## 1. CONCEPTOS SOBRE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES

En el análisis de los hidrocarburos no convencionales, se debe comprender el concepto de hidrocarburos convencionales, su caracterización geológica, sus propiedades fisicoquímicas y su extracción, no obstante, se debe entender la razón que hace la extracción de hidrocarburos tan necesario, o sea, la demanda energética actual.

En el último año reportado en cuanto a la demanda energética (2015) como se observa en la figura 1, se notó un aumento del sector hidrocarburo, aumento del sector gas, aumento de energías renovables y una fuerte disminución de carbón, en comparación al año anterior (2014).

Figura 1: Demanda energética 2015



Fuente: Modificado de BP (2015).

### 1.1 HIDROCARBUROS CONVENCIONALES.

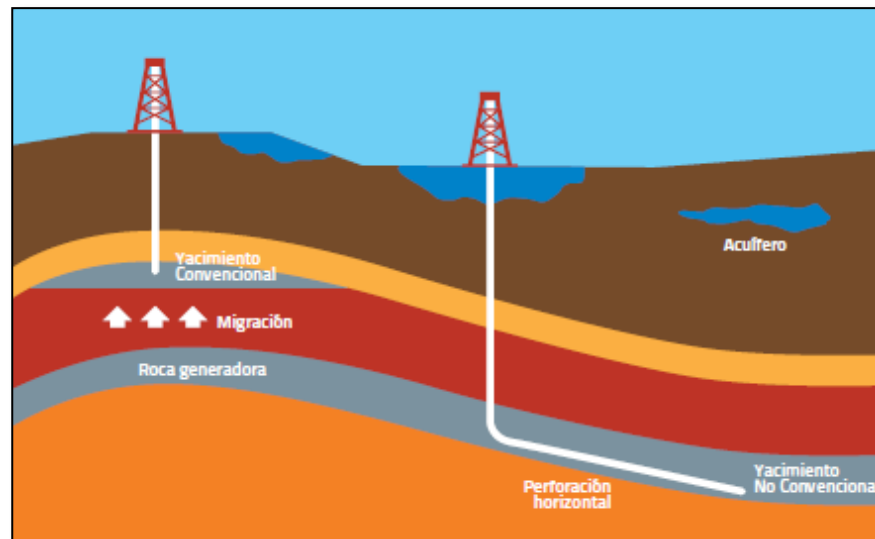
En los yacimientos convencionales, en las rocas se encuentra el hidrocarburo, tienen características de alta porosidad y permeabilidad. El hidrocarburo migró

desde la roca generadora hacia reservorios atrapados o trampas donde se acumuló sin migrar a la superficie. Debido a los sellos naturales, en general este tipo de yacimientos pueden desarrollarse mediante pozos verticales con técnicas tradicionales de extracción.

## 1.2 HIDROCARBUROS 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, o sea, estos se encuentran en condiciones geológicas que hacen que el movimiento del fluido sea muy lento debido a las rocas poco permeables, en la figura 2 se muestra la diferencia. <sup>1</sup>

**Figura 2: Yacimiento convencional y no convencional**



**Fuente:** Asociación Colombiana del Petróleo, yacimientos no convencionales.

<sup>1</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 3004 (26, diciembre, 2013). Por el cual se estableció los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.

### **1.2.1 Tipos de hidrocarburos no convencionales.**

Según la legislación colombiana en el decreto 3004 del 26 de diciembre de 2013, se subdividirían en 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.

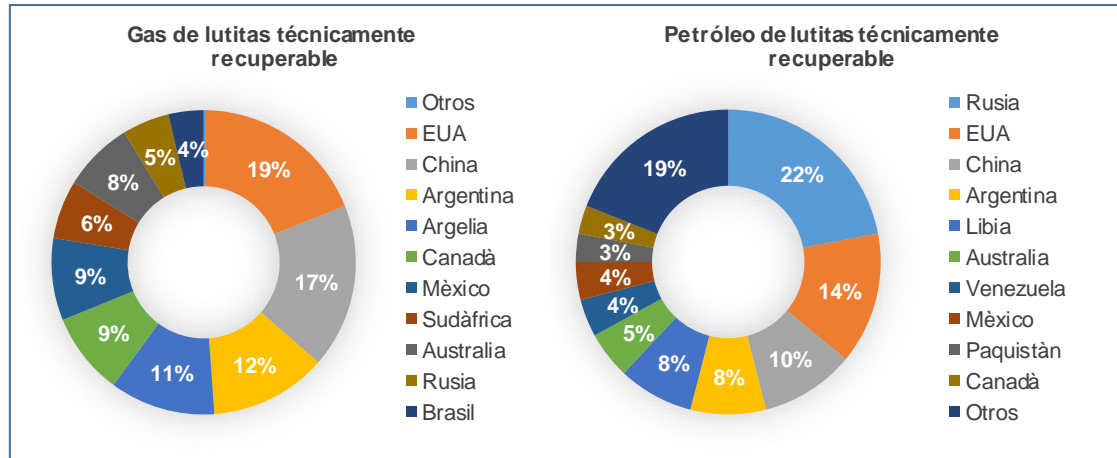
- Gas y petróleo en arena: gas o crudo proveniente de cualquier yacimiento o rocas de baja permeabilidad.
- Carbonatos apretados: Gas natural extraído de capas de carbón. Debido a su alto contenido en materia orgánica, el carbón contiene gran cantidad de gas adsorbido.
- Gas y petróleo de lutitas (*shale*): gas o petróleo que se encuentra atrapado en un tipo de roca arcillosa con muy baja permeabilidad denominado shale o lutitas, al gas se le denomina shale gas y al petróleo shale oil.
- Arenas bituminosas: arenas impregnadas en bitumen, que es un hidrocarburo de muy alta densidad y viscosidad.

### **1.2.2 Distribución mundial de Yacimientos no convencionales**

Para su distribución mundial, se tienen en cuenta la fracción de shale gas y shale oil, que como ilustra la figura 3, Estados Unidos, China y Argentina lo lideran. El trabajo de extraer y comercializar gases y petróleo de yacimientos no convencionales, ha revolucionado la industria del petróleo, su extracción rentable, las nuevas tecnologías usadas y por haber, sus desafíos por su práctica tardía (1989) en la región septentrional, Texas, Estados Unidos, por Mitchell Energy & Development Corporation.

A la fecha, es gran el avance de prácticas petroleras en el uso del Fracturamiento hidráulico, por las experiencias ganadas en estados unidos y otros países, sin olvidar los avances de simulación, que ha permitido menor incertidumbre. <sup>2</sup>

**Figura 3: Distribución mundial de Shale gas y Shale oil.**



**Fuente: Schlumberger, formación vaca muerta: la conquista de un gigante.**

## 2. FRACTURAMIENTO HIDRAULICO COMO TECNICA DE EXTRACCION DE RECURSOS NO CONVENCIONALES

El *fracturamiento hidráulico* o *Fracking*, es el método más acertado y apropiado para la correcta explotación de los hidrocarburos en los YNC. Con el uso de esta técnica se crean canales de comunicación entre el pozo y la formación por medio de fracturas inducidas en la roca, que alberga los hidrocarburos, a fin de lograr un aumento de los recursos obtenidos de dicho yacimiento.

<sup>2</sup> BADESSISH, Matías; HRYB, Damian; SÚAREZ, Mariano. Formación Vaca muerta: La conquista de un gigante. Buenos Aires: 2016. p.1-2.

## 2.1 MODO DE USO

El proceso consiste en aplicar presión a una formación, hasta que se produce en ésta una falla o fractura. Una vez producida la rotura, se continúa aplicando presión para extenderla más allá del punto de falla y crear un canal de flujo de gran tamaño que conecte las fracturas naturales y produzca una gran área de drene de fluidos del yacimiento (figura 4). El efecto de incremento de drene de fluidos decrece rápidamente con el tiempo. Esto se debe a que la fisura se cierra y el pozo vuelve a sus condiciones casi originales. Para evitar el cierre de la fractura, se utiliza la técnica de inyectar el fluido de fractura cargado de apuntalante (propante), el cual actúa como sostén de las paredes abiertas de la fractura. Los granos de arena actúan como columnas, evitando cierre de la fisura, pero permitiendo el paso de los fluidos de la formación (figura 5). Durante la operación, el bombeo de fluido se realiza de forma secuencial, primero se bombea un pre colchón de salmuera o gelatina lineal, con el objeto de obtener parámetros y poder optimizar el diseño propuesto. Posteriormente se bombea un colchón de gelatina como fluido, el cual produce la fractura y abre la roca lo suficiente como para que pueda ingresar el agente de sostén; luego, se realiza el bombeo de tratamiento, que es un fluido cargado con arena, el cual apuntala la fractura y la mantiene abierta.

Para controlar la operación, se deben registrar continuamente los valores de:

- Presión,
- Gasto,
- Dosificación del apuntalante,
- Dosificación de aditivos,
- Condiciones del fluido fracturante (control de calidad).

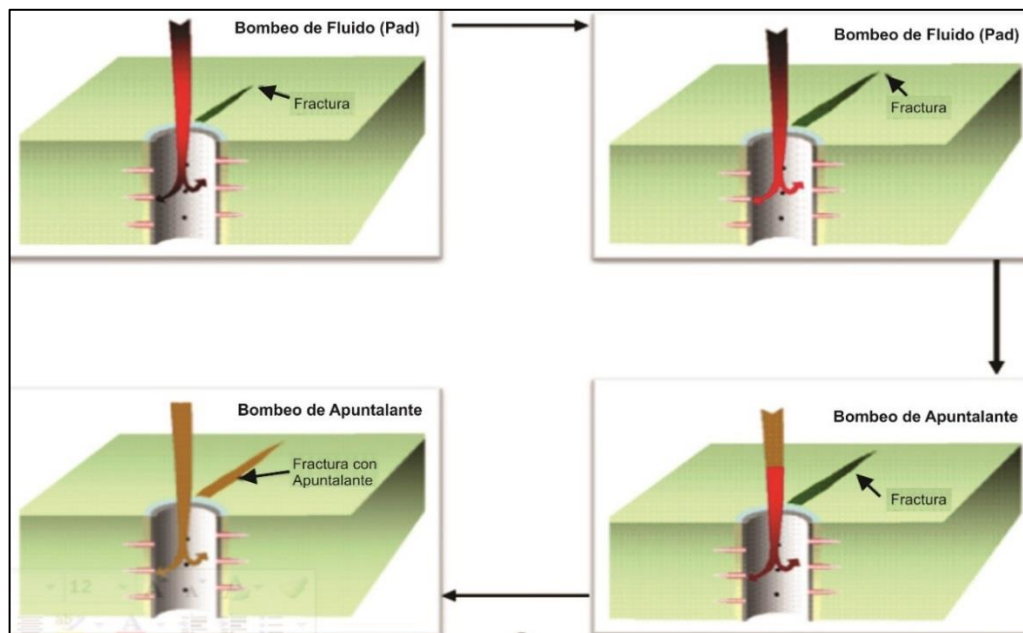
Durante el proceso se deben monitorear en superficie las presiones siguientes:

- Presión de rotura: es el punto en que la formación falla y se rompe.

- Presión de bombeo: es la necesaria para extender la fractura, manteniendo el gasto constante.
- Presión de cierre instantánea ( $P_{ci}$ ): es la que se registra al parar el bombeo, cuando desaparecen todas las presiones de fricción, quedando sólo las presiones internas de la fractura y la hidrostática del pozo.

Además de la presión, también se debe registrar el gasto de operación, el cual está relacionado con el tiempo de bombeo, representando el volumen total de fluido, el cual incide directamente en el tamaño de la fractura creada. Por otra parte, el gasto relacionado con la presión resulta en la potencia hidráulica necesaria para el bombeo. De aquí la importancia de registrar los volúmenes de gasto y la presión durante la operación.<sup>3</sup>

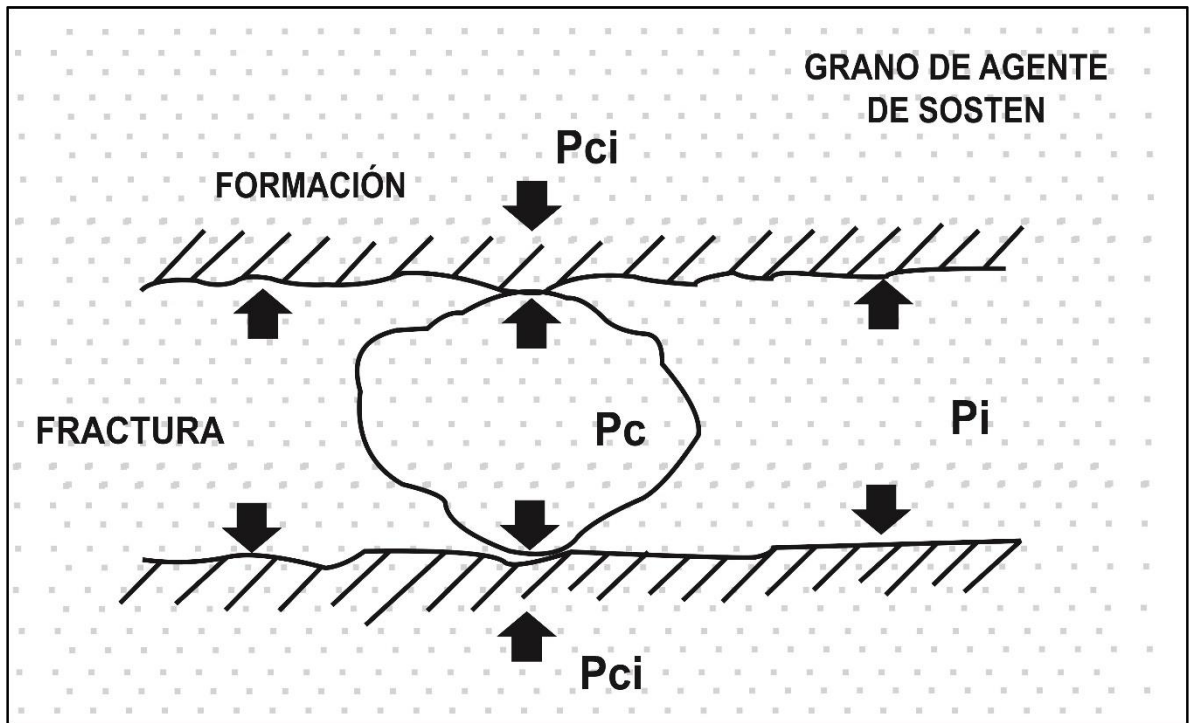
**Figura 4: Proceso interno del fracturamiento hidráulico.**



**Fuente: Curso de fracturas, introducción teórica. Jorge Robles (2008).**

<sup>3</sup> PEMEX. Guía de diseño para Fracturamiento hidráulico. México: 2012. p.2 -3.

Figura 5: Propante.



Fuente: Curso de fracturas, introducción teórica. Jorge Robles (2008).

## 2.2 ADITIVOS Y SUS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

### 2.2.1 Captación de agua

Se establecerá un marco de referencia para el uso, almacenamiento, tratamiento y disposición del agua en la exploración y explotación de los reservorios no convencionales ya que esta representa más del 90% del fluido de fractura (figura 6).

La evaluación de las posibles fuentes de agua para las fracturas hidráulicas podrá considerar la disponibilidad de:

- Agua superficial

- Agua subterránea
- Suministros de agua locales
- Agua residual local y proveniente de instalaciones para el tratamiento industrial
- Agua utilizada para la refrigeración de plantas de energía
- Agua producida reciclada y/o fluido de retorno (flowback) reciclado.

Reconociendo la importancia del agua en la vida del ser humano, la fauna y la flora es que se debe prestar especial atención al gerenciamiento de utilización de la misma.

De ser posible y viable se deben utilizar fuentes de agua salobre o salada y evitar aquellas que puedan servir para abastecer tanto al consumo humano como para agricultura y ganadería.

Una parte importante de la operación de fractura hidráulica consiste en garantizar el acceso a fuentes seguras de agua, el tiempo asociado con esta accesibilidad, y los requisitos para obtener el permiso para garantizar estos suministros.

Al evaluar diferentes alternativas para garantizar los suministros de agua para las operaciones de fractura hidráulica, es esencial conocer los aspectos en la gestión del agua, los permisos y requisitos reglamentarios de una región. Se deberá consultar a los organismos de gestión del agua, ya que son los principales responsables de la administración (incluyendo los permisos) y la protección de los recursos hídricos. Se deberá mantener una comunicación fluida con los entes reguladores de los recursos hídricos, y con la comunidad si fuera necesario, para garantizar que las operaciones de obtención de gas y petróleo no interfieran en el abastecimiento de agua de la comunidad local. Conocer las necesidades locales de agua, puede contribuir en el proceso de adquisición de la misma y para que los planes de gestión sean aceptados por las comunidades. Aunque el agua necesaria para operaciones de perforación y fractura pueda representar un volumen menor en relación con otras exigencias, las extracciones asociadas con desarrollos a gran

escala y realizados durante muchos años, pueden tener un impacto acumulativo en cuencas hidrográficas o en aguas subterráneas. Este impacto acumulativo potencial puede reducirse al mínimo o evitarse, trabajando junto con las agencias locales de recursos hídricos para desarrollar un plan que especifique cuando y donde efectuar las extracciones.

Factores a considerar:

- Evaluación de los requerimientos de recursos hídricos
- Tratamiento y almacenamiento de fluidos.
- Transporte.<sup>4</sup>

### **2.2.2 Propiedades fisicoquímicas de los aditivos.**

Las características fisicoquímicas del agua utilizada en el fracturamiento hidráulico, las podemos observar en la tabla 1 parámetros del agua de fracturamiento hidráulico.

Los aditivos a usar son los siguientes:

- Agentes gelificantes.
- Reductores de fricción.
- Ácido diluido.
- Bactericidas.
- Estabilizadores de pH.
- Ruptores de geles.
- Inhibidores de arcilla.
- Surfactantes.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> IAPG. GESTION DEL AGUA EN LA EXPLORACION Y EXPLOTACIÓN DE RESERVORIOS NO CONVENCIONALES EN LA ÁREA DE INFLUENCIA EN LA CUENCA DE NEUQUINA. Buenos Aires: 2013. p.6-7.

<sup>5</sup> ROBLES, Jorge. CURSO FRACTURA, Introducción fractura. (2012). p.179-180.

Tabla 1: parámetros del agua de fracturamiento hidráulico.

Parámetro	Rango o valor recomendado
Temperatura (*C)	15-40
TDS (mg/L)	<50000
TSS (mg/L)	<50
Turbidez (NTU)	0-5
TSS (mg/L)	<50
pH	6-8
Hierro (mg/L)	1-20
Cloruros (mg/L)	<30000
Potasio (mg/L)	100-500
Calcio (mg/L)	50-250
Magnesio (mg/L)	10-100
Sodio (mg/L)	2000-5000
Boro (mg/L)	0-20
Carbonatos (mg/L)	<600
Carbonato de calcio (mg/L)	<15000
Bicarbonato (mg/L)	<600
Bacterias (CFU/L)	0
Sílice (mg/L)	<35
Sulfatos (mg/L)	<500
Agentes reductores (mg/L)	0

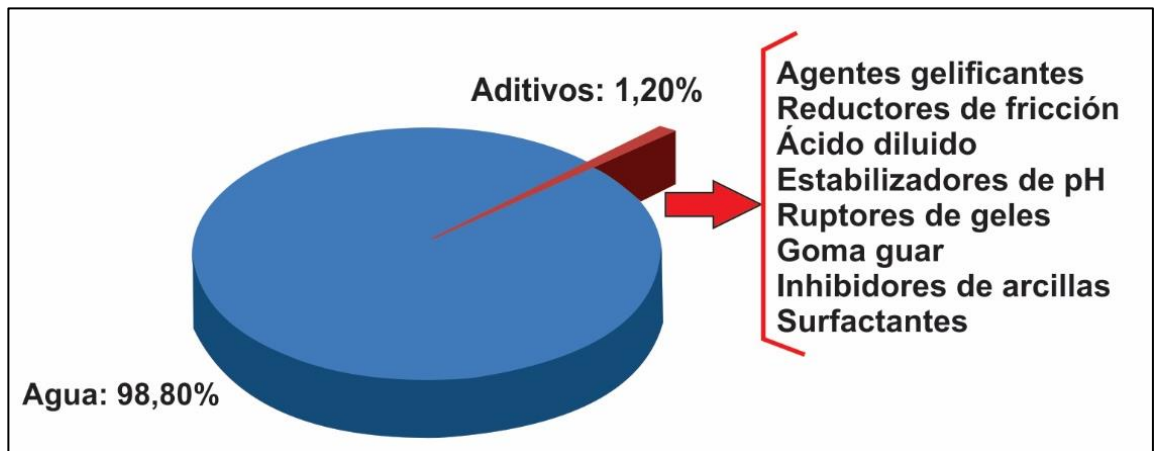
Fuente: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. **GESTIÓN DEL AGUA EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RESERVORIOS NO CONVENCIONALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CUENCA NEUQUINA.**

### 2.2.2.1 Agentes gelificantes

Son agentes reticuladores que unen las cadenas formadas por el polímero y elevan considerablemente la viscosidad, activando el fluido. Entre los más comunes se tienen los boratos, aluminatos, zirconatos. La selección del activador dependerá del

polímero utilizado para generar el gel lineal, de la temperatura de operación y del PH del sistema.

**Figura 6: Proporción de agua en el fluido de fracturamiento hidráulico.**



**Fuente: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. GESTIÓN DEL AGUA EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RESERVORIOS NO CONVENCIONALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CUENCA NEUQUINA.**

La selección del activador dependerá del polímero utilizado para generar el gel lineal, de la temperatura de operación y del PH del sistema.

Si la concentración del activador es muy baja, el ritmo de la activación será más lento y el desarrollo de la viscosidad será más bajo que la esperada. Por el contrario, si la concentración excede el rango óptimo, el ritmo de la activación será más rápido y la viscosidad final puede ser mucho más baja debido a la “syneresis” (precipitación de la solución polimérica causada por el colapso de la red polimérica). En casos más severos, provoca “agua libre”. Los contaminantes químicos (como bicarbonatos, fosfatos o silicatos) presentes en el agua de mezcla, incluso algunos estabilizadores de arcilla y espumantes, pueden interferir en el desempeño de los activadores. Debe vigilarse la limpieza de los tanques antes de que sean llenados con el agua de fractura.

Se pueden manipular muchos factores para controlar el ritmo de activación, tales como la temperatura y el PH del fluido, condiciones de deformación, tipo de activador y la presencia de otros componentes orgánicos que reaccionan con el activador.

#### **2.2.2.2 Aditivos para la pérdida de fricción:**

Un buen control de pérdida de filtrado es esencial para un tratamiento eficiente. La efectividad de los aditivos dependerá del tipo de problema de pérdida:

- Pérdida por una matriz de permeabilidad alta o baja.
- Pérdida por micro fracturas

Generalmente las formaciones con baja permeabilidad tienen abiertos los poros más pequeños. Una roca de 0.1 mD puede tener un diámetro de poro promedio menor de 1.0  $\mu\text{m}$ , mientras que una roca de 500 mD lo tiene de 20  $\mu\text{m}$ . El rango de tamaño de poro puede ser muy largo, lo que beneficia a los aditivos de pérdida, ya que se tiene un amplio rango de tamaño de partículas, de tal manera que esos espacios puedan ser puenteados.

En formaciones de alta permeabilidad, los polímeros y aditivos pueden ser capaces de penetrar la mayoría de los poros y formar un enjarre interno. La harina sílice es un aditivo efectivo de pérdida de filtrado y ayuda a establecer un enjarre.

Otras partículas, como los almidones, son también buenos aditivos de pérdida, Estos son polisacáridos de cadena larga de moléculas de glucosa.

Las resinas solubles en aceite también son usadas como control de pérdida de filtrado, ya que pueden puentear y sellar los poros para reducir la pérdida de fluido. Tienen la ventaja sobre la harina sílica y los almidones en que son solubles en aceite y se disuelven en hidrocarburos líquidos producidos.

### **2.2.2.3 Bactericidas:**

Previenen la pérdida de viscosidad causada por bacterias que degradan el polímero. Los polisacáridos (polímeros de azúcar) usados para espesar el agua, son excelentes fuentes de origen de comida para las bacterias, éstas arruinan el gel reduciendo el peso molecular del polímero. Una vez que se introduce dentro del yacimiento, algunas bacterias pueden sobrevivir y reducir los iones de sulfatos a ácido sulfhídrico.

Materiales como glutaraldehidos, clorofenatos, aminas cuaternarias e isotiazolinas, son usadas para el control de bacterias. Normalmente, los materiales matan la bacteria, pero no siempre inactivan la enzima que produce y que es la responsable de romper el polímero. Por esta razón es práctica común agregar el bactericida a los tanques de fractura antes de que se agregue el agua, para asegurar que el nivel de enzima bacterial se mantendrá bajo. Los bactericidas no son necesarios en fluidos base aceite ni en fracturamientos ácidos.

### **2.2.2.4 Estabilizadores de pH:**

Se utilizan por dos razones específicas: para facilitar la hidratación o para proporcionar y mantener un determinado rango de pH, que permita el proceso de reticulación (activación). Los buffers de hidratación, por lo general son sales, como el acetato de sodio o el bicarbonato de sodio, y se adicionan para facilitar la formación del gel lineal (fluido sin activar), mejorando la hidratación, es decir, la incorporación del solvente en la cadena polimérica.

Los buffers para control de pH se adicionan al gel lineal, ya formado, para que el agente reticulante se active y pueda formar los enlaces entrecruzados entre las cadenas poliméricas. Por lo general, son soluciones de sales, como el carbonato de potasio.

#### **2.2.2.5 Ruptores de geles:**

Reducen la viscosidad del sistema fluido-apuntalante, partiendo el polímero en fragmentos de bajo peso molecular. Los más usados son los oxidantes y las enzimas. Entre los primeros se encuentran los oxidantes de persulfato de amonio, potasio y sodio. Su descomposición térmica produce radicales de sulfatos altamente reactivos que atacan el polímero, reduciendo su peso molecular y su habilidad viscosificante. Esta descomposición es muy dependiente de la temperatura. Por debajo de 125 oF es muy lenta, si se usa sólo el persulfato; sin embargo, puede acelerarse con la adición de aminas. Por arriba de esta temperatura, la generación de radicales sulfatos ocurre muy rápidamente. En cuanto a las enzimas, éstas son también utilizadas como rompedores para reducir la viscosidad de cualquiera de los fluidos base agua. Se usan en ambientes moderados en rangos de PH de 3.5 a 8 y temperaturas menores de 150 \*F (otras enzimas trabajan con rango de PH superiores de 10 y por arriba de 150 \*F).

Debido a que son activas a temperatura ambiente, las enzimas empiezan a degradar el polímero inmediatamente que se mezcla. Bajo ciertas condiciones, son tan reactivas como los persulfatos.

Recientemente existe en el mercado una nueva generación de enzimas llamadas "específicas", formuladas para degradar de manera particular los fluidos poliméricos base guar o celulósicos y sus derivados. Son estables en diferentes rangos de temperatura, soportan hasta 275 oF y encapsuladas hasta 300 oF, efectivas en fluidos con rangos de PH desde 3 a 11.

#### **2.2.2.6 Inhibidores de arcilla:**

Utilizados básicamente para la prevención de migración de arcillas. Se usan soluciones del 1 al 3% de cloruro de potasio para estabilizar las arcillas y prevenir su hinchamiento. También los cationes orgánicos de tetrametil cloruro de amonio son usados como efectivos estabilizadores.

### **2.2.2.7 Surfactantes:**

También llamados agentes activos de superficie. Es un material que, a bajas concentraciones, absorbe la interface de dos líquidos inmiscibles, como pueden ser dos líquidos (aceite y agua), un líquido y un gas o un líquido y un sólido. Son usados principalmente para estabilizar emulsiones de aceite en agua, para reducir las tensiones superficiales o interfaciales. Promueven la limpieza del fluido fracturante de la fractura, entre otros. Algunos bactericidas y agentes de control de arcillas son surfactantes.<sup>6</sup>

En la cuenca Neuquina, en la formación vaca muerta, se implementa fracturamiento hidráulico de shale gas, un prospecto similar que se quiere aplicar en San Martín, Cesar.

Se muestra en la tabla 2, un ejemplo claro y conciso de los aditivos usados en un fracturamiento hidráulico, lo que plantea un debate sobre su contaminación del sector subsuelo. Se debe tener un serio cuidado con los aditivos, algunos (como los ácidos) son muy tóxicos, lo que fácilmente podría degradar no solo el subsuelo (muy importante), sino que en situaciones extraordinarias puede migrar a un acuífero, es muy poco probable, si se siguen practicas adecuadas y con el detalle de estudio idóneo. En la figura 7, se muestra lo que sucedería si no se mezcla adecuadamente el ácido clorhídrico, es una prueba de laboratorio a porcentajes fuera del fluido real, pero da una idea del suceso.

### **2.2.3 Propiedades para verter fluido a un cuerpo de agua**

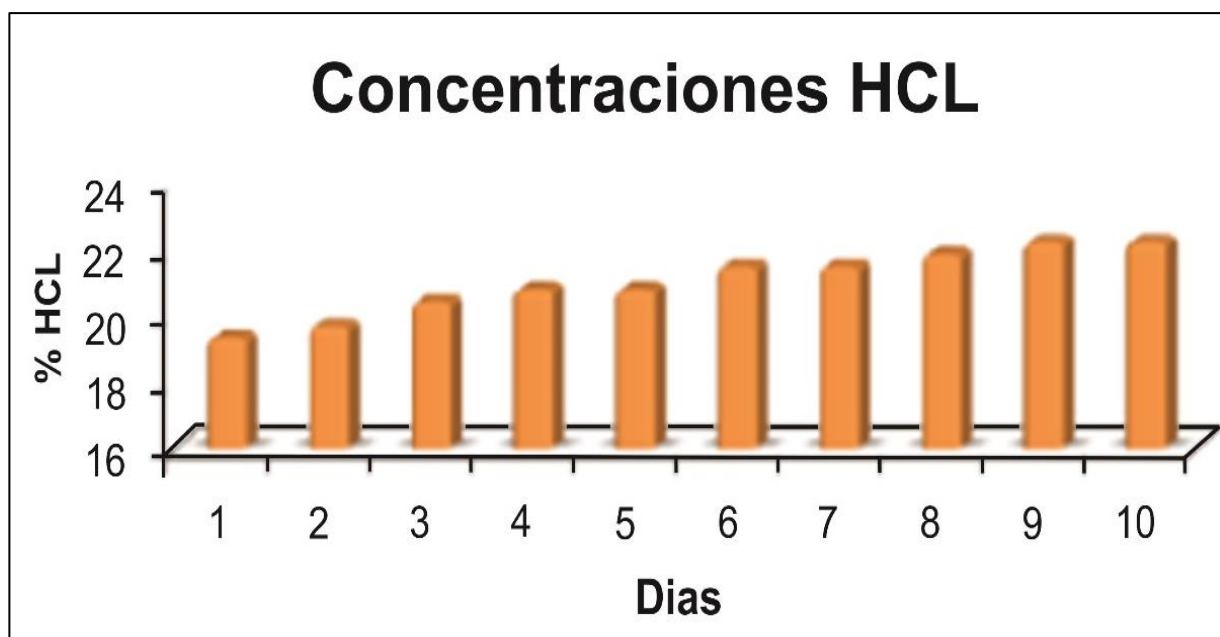
Según el decreto 3930 del 2010, se requiere para el vertimiento de agua a cuerpos hídricos. Se requiere las especificaciones anotadas en la tabla 3 requerimientos mínimos de vertimientos <sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> PEMEX. Guía de diseño para Fracturamiento hidraulico. México: 2012. p.11-17.

<sup>7</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 3930 Ordenamiento del recurso hídrico y vertimiento

Figura 7: Variación de HCL en un fluido de fracturamiento hidráulico.



Fuente: Análisis del tiempo de vida útil de los sistemas ácidos utilizados en operaciones de fracturamiento en los campos del ATG. Guzman Baena Arlete (2013)

Tabla 2 : Aditivos en un pozo en la formación Neuquin, vaca muerta.

ADITIVO	Función	Concentración del aditivo en fluido frac (vol./vol.)	Cantidad del aditivo fluido frac (m3)	Componente principal del aditivo	CAS#	Concentración componente aditivo
Agua industrial	Fluido base	98.97%	7927			100%
HCL	Acido clorhídrico	0.09%	6.81	Ácido clorhídrico	7647-01-0	100%
HAI-404	Inhibidor de corrosión	0%	0.23	Metanol	67-56-1	30%
				Aldehído		30%
				Isopropanol	67-63-0	30%
				Cloruro de 1-bensilisoquinolinio	1561948-4	10%
Aldacide G/BE-9	Bactericida	0.05%	4.01	Glutaraldeído (*)	111-30-8	30%
KCL	Inhibidor de arcilla	0%	-	Cloruro de potasio	7447-40-7	100%
ClayFix II Plus	Inhibidor de arcilla	0,14%	11.21	Cloruro hidroximetilamonico (*)	3327-22-8	60%

ADITIVO	Función	Concentración del aditivo en fluido frac (vol./vol.)	Cantidad del aditivo fluido frac (m3)	Componente principal del aditivo	CAS#	Concentración componente aditivo
FR-66	Reductora fricción	0.05%	3.67	Poliacrilamida derivada (*)	9003-05-8	30%
Optikleen WF	Ruptor-reductor fricción	0.06%	4.58	Perborato de sodio tetrahidratado	10486-00-7	100%
Gasperm-1100	Surfactante	0%	-	Isopropanol	67-63-0	10%
				Metanol	67-56-1	10%
				Etanol	64-17-5	30%
				Extracto cítrico	94266-47-4	50%
Losurf-300M	Surfactante	0.15%	12.01	Etanol		
				Poly (oxy-1,2-ethanediyil), alpha (4-nlnylphenyl)-omega-hidroxy-ramificado	127087-87-0	10%
				Naftaleno	91-20-3	1%
				1,2,4 Trimetilbenceno	95-63-6	1%
				Nafta de petróleo aromático pesado	64742-94-5	28%
LGC-35	Agente gelificante (líquido)	0.21%	16.9	Goma guar	900-30-0	35%
				Gasoil	68476-34-6	65%
BA-20	Buffer	0.01%	0.68	Acetato de amonio	631-61-8	80%
				Ácido acético	64-19-7	20%
BC-200 UC	Crosslinker	0.08%	6.08	Borato	1303-96-4	50%
				Gasoil	68476-34-6	50%
k-38	Crosslinker	0.03%	2.7	Octaborato de sodio, tetrahidratado	12008-41-2	100%
SP Breaker	Ruptor	0.08%	6.76	Persulfato de sodio	7775-27-1	100%
CAT-3	Activador-ruptor	0.08%	6.76	Quelato de cobre-EDTA (*)	14025-15-1	30%
Totales		99.86%	8009.4	(*) Solución acuosa		

Fuente: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. GESTIÓN DEL AGUA EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RESERVORIOS NO CONVENCIONALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CUENCA NEUQUINA (2013)

**Tabla 3: Requerimientos mínimos de vertimientos**

<i>Sustancia</i>	Concentración(mg/L)
<b>Arsénico</b>	
<b>Bario</b>	5
<b>Cadmio</b>	0,1
<b>Cobre</b>	3
<b>Cromo</b>	0,5
<b>Compuestos fenólicos</b>	0,2
<b>Mercurio</b>	0,02
<b>Níquel</b>	2
<b>Plata</b>	0,5
<b>Plomo</b>	0,5
<b>Selenio</b>	0,5
<b>Cianuro</b>	1
<b>Difenil policlorados</b>	No detectable
<b>Mercurio orgánico</b>	No detectable
<b>Tricloroetileno</b>	1
<b>Cloroformo</b>	1
<b>Tetracloruro de carbono</b>	1
<b>Dicloroetileno</b>	1
<b>Sulfuro de carbono</b>	1
<b>Otros compuestos organoclorados, cada variedad.</b>	0,1
<b>Carbamatos</b>	0,1
<b>Ph</b>	5-9 unidades
<b>Temperatura</b>	< 40 °c

Fuente: Decreto 1594 de 1984.

### **3. REQUERIMIENTO TECNICO PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES**

#### **3.1 RESOLUCIÓN 90341 DE 2014, PALABRAS CLAVES.**

##### **3.1.1 Acuífero aprovechable para el consumo humano.**

Acuífero que tenga un contenido de sólidos disueltos totales de 4000 miligramo por litro o menos

##### **3.1.2 Estimulación hidráulica.**

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

##### **3.1.3 Pozo horizontal.**

Pozo que contiene una sección cuya desviación respecto a la vertical es mayor a 80 grados y se proyecta más de 100 pies dentro de la formación.

##### **3.1.4 Propante**

Constituyente del fluido de estimulación hidráulica usualmente arena o material granulado que se utiliza para mantener la fractura abierta una vez la presión d la estimulación hidráulica se reduce.

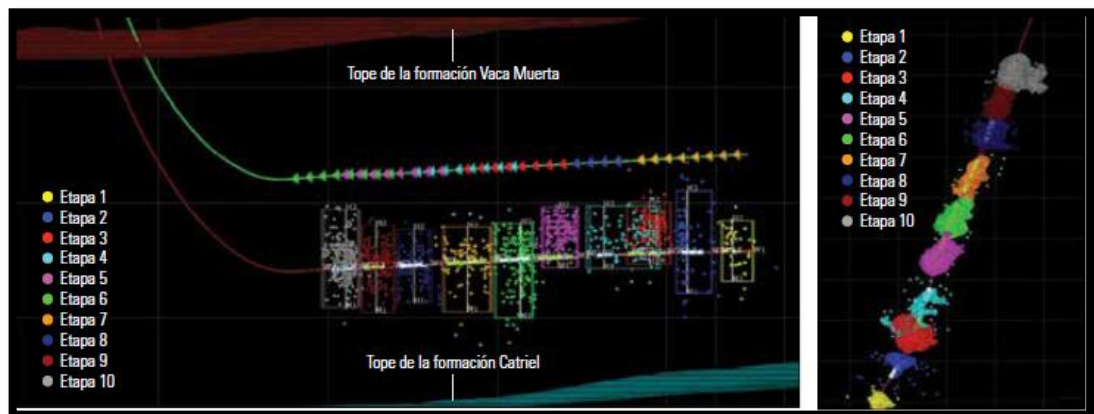
### 3.1.5 Radio de estimulación hidráulica

Distancia alcanzada por la fractura producto de la estimulación hidráulica del pozo. Esta distancia es usualmente estimada utilizando programas computarizados que simula como la simulación hidráulica puede tener un efecto sobre el yacimiento, figura 8.

### 3.1.6 Sismicidad desencadenada.

Sismicidad provocada por una perturbación menor que desencadena una perturbación menor una liberación de energía en una falla geológicamente activa. Esta perturbación ocurre naturalmente sin la perturbación como parte de un proceso geológico natural. La actividad de la actividad sísmica dependerá del tamaño de la falla.

Figura 8: radio de estimacion hidráulica, formacion vaca muerta.



Fuente: Schlumberger, formación vaca muerta: la conquista de un gigante.

## **3.2 EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS NO CONVECIONALES SEGUN RESOLUCIÓN 90341 DE 2014.**

### **3.2.1 Programa global de perforación**

Para la perforación de uno o varios arreglos de pozos, la compañía operadora podrá requerir permiso a través de una sola solicitud, presentando un programa general para la perforación y el **Formulario 4**. Permiso para Perforar o aquel documento establecido para el efecto y programa direccional detallado con profundidades y coordenadas estimadas desde superficie hasta el fondo de cada uno de los pozos.

### **3.2.2 Requerimiento para operaciones de estimulación hidráulica**

La estimulación hidráulica para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales se adelantará siguiendo los siguientes procedimientos y condiciones:

1. Previo a las actividades de estimulación hidráulica el operador debe realizar pruebas de presión a todos los revestimientos expuestos al tratamiento de estimulación hidráulica en el pozo.
2. El operador debe monitorear la presión del espacio anular de todos los revestimientos de manera permanente durante las actividades de estimulación hidráulica. En el evento en que haya un aumento en la presión anular de doscientos (200) psi, las operaciones de estimulación hidráulica deberán ser suspendidas de manera inmediata y notificar por escrito en el menor tiempo posible al Ministerio de Minas y Energía o quien haga sus

3. veces en materia de fiscalización de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos.
4. En caso que las presiones indiquen que hay comunicación entre el fluido de estimulación hidráulica y el anular del revestimiento el operador deberá:
  - Suspender las actividades de estimulación hidráulica.
  - Notificar de manera inmediata por escrito al Ministerio de Minas y Energía o a quien haga sus veces en materia de fiscalización de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos.
  - Realizar las acciones correctivas.
  - Notificar y enviar evidencia del éxito de la implementación de las acciones correctivas.
  - Una vez ejecutadas las acciones correctivas se podrán reanudar las actividades de estimulación hidráulica.
5. En ningún caso, la distancia entre una estimulación hidráulica y un acuífero aprovechable para consumo humano, podrá ser menor a cinco (5) veces el radio de estimulación hidráulica, calculado con base en el modelo geomecánico que tenga en cuenta los esfuerzos horizontales y verticales del área a ser estimulada. Para el caso específico de exploración y explotación de gas metano asociado a mantos de carbón, esta distancia no podrá ser inferior a dos (2) veces el valor del radio de estimulación hidráulica calculado. En ningún caso esta distancia podrá ser inferior a diez (10) veces el espesor vertical del intervalo estimulado.
6. No se podrán realizar operaciones de estimulación hidráulica en pozos que se encuentren a menos de doscientos (200) metros de distancia en superficie de un pozo de agua construido con fines de consumo, irrigación, uso agropecuario u otras actividades de subsistencia.

7. Antes de empezar las operaciones se debe presentar al Ministerio de Minas y Energía o a quien haga sus veces en materia de fiscalización de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos y al Servicio Geológico Colombiano un informe detallado de trabajo a realizarse incluyendo lo siguiente:

- Volúmenes de cada etapa, aditivos químicos, concentraciones de propante y presiones anticipadas de fractura.
- El radio de estimulación hidráulica modelado para cada etapa.
- Línea base del fondo (background) radiactivo natural del ambiente en superficie y describir el tipo de medidas que se adoptarían en caso de que los niveles de actividad fuesen superiores a los niveles de exención o dispensa establecidos en la reglamentación vigente (Resolución 180005 de 2010) o en la norma que lo modifique o sustituya.

8. El programa de estimulación hidráulica incluyendo:

- La altura del cemento del anular y los empaques.
- Un análisis de cómo la resistencia de los revestimientos será suficiente para contener las presiones anticipadas de la estimulación hidráulica.

9. Un mapa que incluya:

- La ubicación de los pozos construidos de agua utilizada por la comunidad con fines de consumo, irrigación, uso agropecuario, u otras actividades de subsistencia y pozos de hidrocarburos dentro de una distancia equivalente a tres (3) veces el radio de estimulación hidráulica.
- Información sobre cada uno de estos pozos, la profundidad del acuífero aprovechable para consumo humano más profundo en el área, detalles de construcción del hueco de perforación (well bore) y si los pozos están todavía activos o su estado de abandono.

- Fallas geológicas identificables a cualquier profundidad dentro de un volumen de un cilindro imaginario definido por el tipo de pozo.

**10.** Para pozos verticales:

- La altura del cilindro corresponde a tres (3) veces la profundidad final estimada del pozo más profundo del arreglo de pozos.
- El radio del cilindro corresponde a tres (3) veces la profundidad estimada del pozo, en torno al pozo más profundo del arreglo de pozos.

**11.** Para pozos horizontales:

- La altura del cilindro corresponde a tres (3) veces la profundidad vertical estimada del pozo más profundo del arreglo de pozos.
- El radio del cilindro corresponde a tres (3) veces el lateral horizontal más extenso estimado en torno al pozo o arreglo de pozos.
- Cualquier evidencia histórica de sismicidad dentro de 16 km del pozo exploración o explotación propuesto.
- La instrumentación sismológica instalada presente que involucre el bloque dentro del que se encuentre el pozo o arreglo de pozos.
- Línea base de sismicidad del área que involucre el bloque dentro del que se encuentre el pozo o arreglo de pozos, con información existente.

**12.** Basado en la información anterior se debe incorporar un análisis de riesgos que contenga:

- El riesgo de intercomunicación de pozos.
- El riesgo de migración de fluidos.
- El riesgo de generar sismicidad desencadenada.

- Con base en el análisis de riesgos diseñar un plan de mitigación de los riesgos identificados.

**13.** No se permitirá realizar estimulación hidráulica a menos de un (1) km de una falla activa mayor identificada, potencialmente peligrosa, especialmente que esté en el basamento y que tenga buzamiento hacia el interior del campo.

### **3.2.3 Suspensión de actividades de estimulación hidráulica**

El operador deberá suspender las actividades de la operación de estimulación hidráulica en caso que se presente un evento sísmico de magnitud mayor o igual a cuatro (4) en la escala de Richter, cuyo epicentro esté ubicado dentro del área cuyo radio en torno al pozo donde se realizan las operaciones sea de dos (2) veces la profundidad del pozo y a una profundidad hipo central menor de dieciséis (16) km de acuerdo con la información oficial del Servicio Geológico Colombiano, el operador deberá:

- Suspender las operaciones de estimulación hidráulica.
- Revisar las presiones y volúmenes de estimulación hidráulica y los datos del monitoreo de sismicidad para determinar una correlación positiva entre el evento sísmico y la actividad de estimulación hidráulica.
- Si se desvirtúa la correlación positiva entre el evento sísmico y la actividad de estimulación hidráulica, el operador podrá reiniciar las actividades de operación de estimulación hidráulica.
- Si se sospecha una correlación positiva, se deben implementar acciones correctivas y/o preventivas e informar inmediatamente al Ministerio de Minas y Energía o a quien haga sus veces en materia de fiscalización de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos y al Servicio Geológico Colombiano.

- Notificar sobre las acciones correctivas implementadas previo al reinicio de las actividades de operación de estimulación hidráulica.
- Enviar evidencia del éxito de la implementación de las acciones correctivas y/o preventivas.<sup>8</sup>

#### **4. CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS, AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA ZONA DE INFLUENCIA<sup>9</sup>**

##### **4.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA**

Las formaciones litológicas existentes en el municipio se encuentran dentro de la zona comprendida entre parte de la cordillera oriental y la Serranía del Perijá hasta las márgenes del río Lebrija. la mayor parte del municipio se encuentra sobre depósitos fluviales, los cuales se formaron en el periodo cuaternario, la gran parte de la montañosa se encuentra sobre rocas metamórficas e Ígneas de precámbrico y jurasico.

De las rocas más antiguas a más recientes se presentan las siguientes:

##### **4.1.1 Roca metamorfica**

- **NEIS DE BUCARAMANGA(pDb)**

---

<sup>8</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Resolución 90341 (27, marzo, 2014). Por la cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

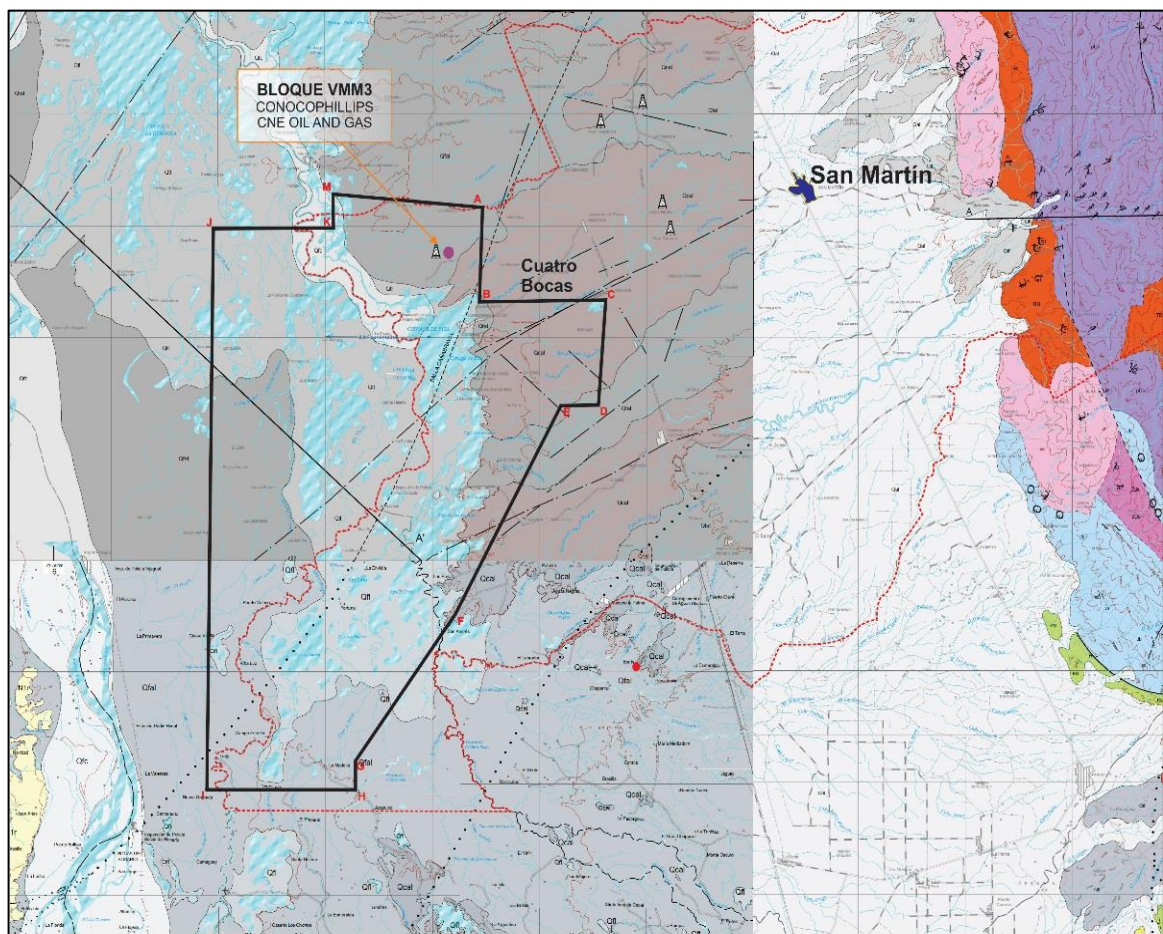
<sup>9</sup> ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE SAN MARTIN, CESAR. (2017)

Ubicación: Se presenta en la margen oriental del municipio.

Características: Consta de paraneis, pocos esquistos, neis biotítico-hornblendico con numerosas masas de pequeñas de ortoneis. Presentan un metamorfismo de alto grado.

Edad: Predevonico, con edad de aproximadamente 408 m.a.

figura 9: Geología e Hidrología del bloque VMM3



Fuente: [http://svags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado\\_Cartografia\\_Geologica/](http://svags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/) (Planchas 85,86,96 y 97) modificado por los autores

#### **4.1.2 Roca ígnea**

- **TONALITA (TRt)**

Ubicación: Se presenta en la margen oriental del municipio en franja alargada intruyendo a la roca metamórfica.

Características: Color gris, ligeramente verdoso, fanerítica de grano medio y constituida por cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita.

Edad: Triásico, con edad aproximadamente 245m.a

- **RIOLITA**

Ubicación: Se presenta en la margen oriental del municipio en franja alargada en contacto con la tonalita.

Características: Color gris a gris ligeramente verdoso, con fenocristales de cuarzo y feldespato en una matriz de color rosado.

Edad: Triásico, con edad aproximadamente 245m.a

#### **4.1.3 DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS**

Depósitos fluviales (Qal – Qfl)

Corresponde a depósitos jóvenes de la era Cenozoica, periodo Cuaternario, provenientes de los sedimentos de la cordillera Oriental, se encuentran en la mayor parte del municipio correspondiente a la zona plana, desde la ribera del río Lebrija hasta las estribaciones de la cordillera.

#### **4.1.4 Geología Estructural**

Principales estructuras:

Los pliegues más notorios están relacionados con la región de la serranía del Perijá, predominantemente sedimentaria, mientras que la región norte de la Cordillera Oriental presentan una tectónica de bloque y fallas.

##### **4.1.4.1 Pliegues**

Los pliegues principales se localizan en la región de la Serranía del Perijá. En un sentido amplio se considera que la Serranía es un Anticlinorio cuyo núcleo está formado por rocas Paleozoicas y sus flancos por sedimentos rojos Mesozoicos y rocas Cretácicas; esta estructura mayor se encuentra fallada y replegada. La zona plegada se continúa al oeste del área montañosa, en parte cubierta por sedimentos recientes y su presencia se ha determinado mediante estudios geofísicos de resistividad eléctrica, la interpretación de perfiles geológicos y datos de pozos perforados.

##### **4.1.4.2 Fallas**

Se observan dos sistemas mayores de fracturamiento. El más prominente, de dirección NE- SW a EW, controla la mayor parte del drenaje, y el otro, de dirección N-S y N-NW, va subparalelo a la falla de Bucaramanga. Estos sistemas ya han sido identificados por Arango, (1980), quien manifiesta que las fallas no son continuas, sino que hacen parte de extensos sistemas intercomunicados entre sí.

Sistema de fallas N-S y N-NW

La principal falla en el sistema N-S y N-NW es la falla Bucaramanga - Santa Marta.

- La Falla Bucaramanga-Santa Marta

Esta estructura regional, puede trazarse desde el río San Alberto, en el extremo sur, hasta el corregimiento de las Vegas, sobre la carretera principal, donde está cubierta por sedimentos recientes.

En la región montañosa la falla presenta notable lineamiento recto y en muchos sectores presenta diferencias en las unidades litológicas en cada lado. La falla tiene una dirección N-NW en la mayor parte del recorrido. Según Ward y otros (1973), la falla Bucaramanga -Santa Marta no es solo un lineamiento recto, sino que parece un sistema de alguna complejidad, apreciación corroborada por Page (1986), quien considera que el sistema consta de dos fallas principales y algunas subparalelas, y que ocupa una zona de varias decenas de kilómetros de ancho.

Según Page (1986), la mayoría de estas fallas son estructuras del basamento que fueron reactivadas durante la orogenia Andina del Plioceno-Cuaternario. La mayoría son inversas que buzcan fuertemente al este y unas pocas son inversas con buzamiento al occidente. Aparentemente tienen un deslizamiento izquierdo importante durante el Cuaternario, el cual tiene como evidencia corriente desplazadas, fallamiento e inclinación de los depósitos aluviales.

#### **4.1.5 Actividad minera**

En el Municipio de San Martín no existen yacimientos minerales evaluados, ni títulos mineros vigentes; existe alguna actividad de extracción de materiales de construcción (materiales de arrastre) de tipo ilegal, intermitente y de forma manual en algunas de las quebradas que bañan el municipio, principalmente en los cruces de la Troncal del Caribe. Sin embargo, es importante mencionar que no se han realizado estudios de exploración que evalúen el potencial minero del municipio, por lo cual sí existen yacimientos, estos no se han descubierto.

En el municipio de San Martín no se ha desarrollado la actividad minera, entendida ésta como la extracción de minerales del suelo y del subsuelo. Según la comunidad

se realizó una prospección aurífera sobre la Serranía de Los Motilones, sin llegar a la etapa de exploración, ni mucho menos de explotación. Actualmente no se está realizando dicha actividad ni existe cartografía oficial ni se ha solicitado ningún permiso minero que permita especializar posibles yacimientos.

#### **4.1.6 Explotación petrolera**

La industria petrolera hace presencia en el Municipio de San Martín con labores de exploración, producción y transporte de crudo y gas por áreas que hacen parte de varios municipios del sur, del suroriente del Cesar y del departamento de Norte de Santander. La empresa que ejecuta estas labores es Petróleos del Norte S.A., Petronorte.

A San Martín le corresponden cinco de los ocho pozos de desarrollo que se explotan en los Campos de Producción Los Ángeles y Santa Lucía donde se proyectaron los prospectos Piloso 2 a Piloso 9. Estos pozos se encuentran ubicados en áreas rurales, donde hay gran oferta ambiental además de hallarse en zonas poco pobladas.

Con relación a la actividad petrolera, en la actualidad no se está desarrollando ningún programa de exploración sino de explotación de hidrocarburos.

El municipio cumplirá sus funciones de autoridad ambiental según lo establece el artículo 65 de la Ley 99 de 1993, donde toda exploración y explotación de recursos no renovables debe contar con la autorización ambiental correspondiente.

#### **4.1.7 Evolución geológica**

Durante el Precámbrico, el escudo de Guayana se presenta como un Cratón ígneo metamórfico, del cual provino el aporte de sedimentos a la cuenca de depositación. Posteriormente ocurre la sedimentación de arcillas gris verdosas del período

Ordoviciano y durante este período se presentaron plegamientos, fallamientos, levantamientos e intrusiones, siendo esta última la responsable del metamorfismo de las rocas reconocidas como Cambro-Ordovicianas.

Posiblemente estos movimientos pueden corresponder a la Orogenia Caledoniana, la cual se inicia durante el Cámbrico y va hasta el principio del Devónico Inferior, presentando su mayor actividad durante el Silúrico, tiempo durante el cual se presenta la ausencia de un gran lapso histórico-geológico (Silúrico) en Colombia.

Finalizando esta Orogenia quedan como elevaciones La Sierra Nevada de Santa Marta, la Cordillera Central y el Escudo de La Guayana, las cuales son sometidas a una intensa erosión.

Durante el Devónico, los estados precordilleranos se ven afectados por una gran transgresión proveniente de Occidente, la cual trae consigo al depósito de nuevos sedimentos, en forma discordante, sobre las rocas preexistentes.

La cuenca se ve sometida a una constante subsidencia, la cual posiblemente pudo durar hasta finales del Paleozóico o extenderse hasta el Mesozóico inferior (Triásico- Jurásico).

Durante el Pérmico o principios del Mesozóico, se produjeron movimientos orogénicos que trajeron consigo plegamientos, levantamientos e intrusiones, los cuales ocasionaron procesos metamórficos en las rocas ya existentes. Estos movimientos orogénicos podrían llegar a coincidir con la Orogenia Hercínica, la cual aisló el país en dos cuencas, la Occidental y la Oriental.

Durante el Triásico Jurásico se presenta una nueva transgresión marina, notándose una gran influencia continental, con aporte de sedimentos rojos hacia la cuenca; estos sedimentos se van a depositar en forma discordante sobre las capas del Paleozóico. Este es un período de fluctuaciones en el nivel del mar.

A principios del Cretácico ya existían elevaciones antiguas como la cordillera central, la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta, las cuales siguen considerándose como elevaciones importantes hasta nuestros días.

A principios del Cretácico se presentó una gran transgresión, posiblemente en dirección Sur, la cual invadió la cuenca entrando por la zona de Maracaibo, entre la cordillera central y el Macizo de Bucaramanga. Durante esta primera invasión fueron depositadas de una manera rápida las areniscas de la Formación Río Negro. Posteriormente los mares fueron expandiéndose a lo largo de la cuenca, con lo cual disminuyó la rata de sedimentación y posiblemente la zona de aportes sufrió alguna subsidencia. Se iniciaron cambios en las condiciones de la cuenca y de fase de arenisca a caliza y durante esta actividad fueron depositadas las calizas de las formaciones Lagunitas y Aguas Blancas

Prosigue la depositación en la cuenca del Terciario Inferior Paleoceno, pero en un ambiente más somero, presentándose cambios ambientales entre el Cretácico y el Terciario, los cuales quedan representados por el paso de lutitas a areniscas, arcillas y carbón, indicativo de un ambiente deposicional de agua fresca a paludal.

Durante el Eoceno fueron depositadas las areniscas del Mirador en un ambiente transgresivo y se inicia una nueva orogenia, la cual puede ir hasta principios del Mioceno, con mayor intensidad en el Oligoceno, época en la que se da otro hiato estratigráfico importante en la cuenca. Durante esta orogenia se termina de levantar la Sierra Nevada de Santa Marta, la Cordillera Oriental, la Serranía de Perijá y el Macizo de Bucaramanga, y la cuenca es sometida a una intensa erosión.

A principios del Mioceno el mar vuelve a invadir la cuenca prolongándose hasta el Plioceno. Esta nueva transgresión hace que los sedimentos de la Formación Real sean depositados sobre sedimentos Eocenos, (Mirador). Sobre La Formación Real se depositaron los sedimentos de la Formación Buenavista, con gran influencia continental.

## 4.2 CLIMATOLOGÍA

La información climatológica para la formulación del presente documento fue suministrada por la estación meteorológica tipo ordinaria “La Llana” del municipio de San Alberto, Cesar, localizada a 07°44’ de latitud norte y 73°32’ de longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 120 m. Esta estación está dentro de nuestra Zona Media, para la zona Alta y la Baja, se tiene los datos de estaciones particulares como son las de los cultivos de palma y arroz.

### 4.2.1 Balance Hídrico

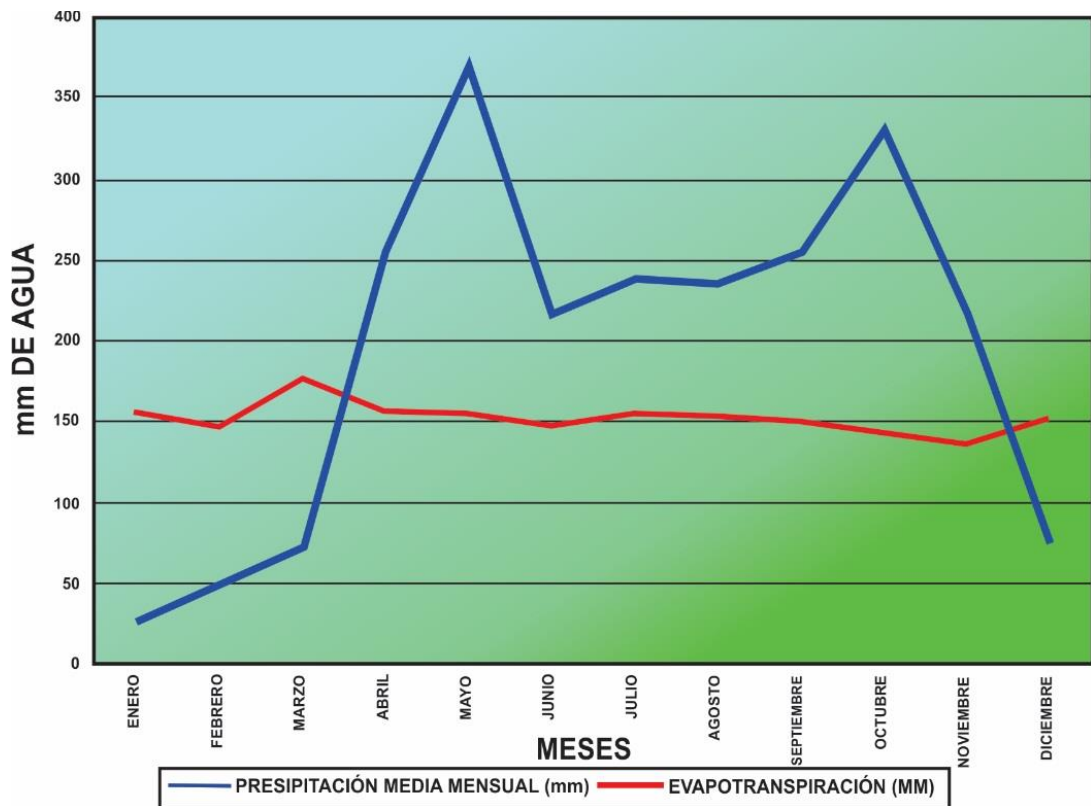
El balance hídrico para la jurisdicción del municipio de San Martín, representado por la relación entre la curva pluviométrica y la de evapotranspiración potencial, permite establecer el déficit, exceso y almacenamiento de agua en el ciclo hidrológico de este territorio (Figura 8).

Es una interrelación de variables importante en el momento de hacer planificación para el establecimiento de cultivos y repoblamiento forestales, así como para tener estimación de los caudales de aguas lluvias a evacuar en cuencas y microcuencas e incluso en los sistemas de alcantarillado.

En relación con la pluviosidad colombiana (una de las mayores del mundo con aproximadamente 3.000 mm anuales), el municipio de San Martín, Cesar, presenta una alta dada por precipitaciones durante casi ocho meses en el año que se suceden a lo largo de este haciendo posible tener un exceso de agua desde mediados de marzo (primer punto de equilibrio en el balance hídrico) hasta la primera mitad de noviembre (segundo punto de equilibrio en el balance hídrico) con un total de 756.81 mm, existiendo en este período la mayor probabilidad de ocurrencia de desastres por inundación y deslizamientos (por sobresaturación de los suelos), asociados a la pluviosidad dado que en este período es donde más se presentan caudales de escorrentía. El déficit, por el contrario, ocurre pasada la

mitad de noviembre hasta llegada la de marzo con un equivalente a 326.86 mm anuales.

figura 10 Balance hídrico en el municipio de San Martín-Cesar, estación La Llana.



Fuente: ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE SAN MARTIN, CESAR. (2017), página 20, modificado por los autores.

### 4.3 GEOMORFOLOGÍA

El relieve y la forma de los paisajes constituyen a su vez los diversos sistemas geomorfológicos que dependen de la constitución litológica de los terrenos, del clima, de la intensidad de meteorización mecánica y química y del recubrimiento vegetal.

De acuerdo a estudios hechos por Ingeominas y CORPOCESAR, el municipio de San Martín presenta las tres provincias geomorfológicas:

#### **4.3.1 DEPRESIÓN CENAGOSA**

El fenómeno dominante en el citado sistema es la cantidad de ciénagas existentes, casi todas de carácter permanente, los cambios de cauce, las divagaciones y las inundaciones tienen allí una frecuencia de seis meses o algo menos.

El relieve es plano y cóncavo, con poca dirección y una formación de diferentes niveles, de acumulación en función del arrastre y la depositación de sedimentos transportados por el río Lebrija. En la depresión cenagosa los suelos son moderadamente profundos o superficiales por fluctuación del nivel freático, como el relieve es cóncavo plana, el agua satura el suelo en forma casi permanente, dando lugar a suelos con fuerte hidromorfismo, lo que permite el crecimiento de pasto en el verano.

Aledaños a las ciénagas se presentan los playones, tierras bajas y planas inundadas en épocas de lluvias donde se desarrollan suelos formados por arenas finas, blancuzcas,

#### **4.3.2 SUELOS**

##### **4.3.2.1 ASOCIACIÓN MARQUETALIA (MA)**

Se encuentra sobre suelos de los diques en altitudes menores de 100 m, dentro del clima cálido húmedo, caracterizándose por presentar relieve ligeramente convexo, con pendientes menores del 2 %. Son áreas sujetas a inundaciones en época de lluvia.

Son suelos cuya profundidad efectiva oscila entre superficial a moderadamente profunda, siendo el factor limitante el nivel freático. (Ver mapa de suelos Df6)

Actualmente se encuentra dedicados a cultivos de subsistencia como maíz, sorgo, plátano y frutales.

Fase Maax

Se caracteriza por presentar relieve plano y drenaje imperfecto; los suelos son moderadamente profundos y con texturas medias.

#### **4.3.2.2 ASOCIACIÓN INÉS (IN)**

La conforman suelos localizados en las cubetas de decantación que permanecen inundados menos de 6 meses durante el año. La caracteriza el relieve cóncavo, con pendientes que no sobrepasan el 3 %, alturas menores a 80 m, limita claramente con las asociaciones Marquetalia y Tamalameque y difusamente con las asociaciones Lebrija y Sueño.

El clima característico del área es el cálido húmedo.

Los suelos tienen profundidad efectiva muy superficial, siendo limitantes para su uso el nivel freático, las inundaciones y la salinidad.

Su uso se encuentra restringido a la ganadería y pequeños cultivos de arroz y sorgo en tiempos secos.

Fase INay

Presenta drenaje pobre. En general, son suelos muy superficiales con texturas finas.

#### **4.3.2.3 ASOCIACIÓN LEBRIJA (LB)**

El suelo agrupado por esta asociación incluye los localizados en las cubetas inundables por más de 6 meses durante el año. Se identifica con un relieve cóncavo, con pendientes que no sobrepasan el 3 %, altitudes menores a 80 m en clima cálido húmedo.

Los suelos se caracterizan por ser muy superficiales, presentando limitantes por la presencia de inundaciones y arcillas finas, restringiendo su uso a vegetación de pantano y a playones para la explotación ganadera en período seco.

Fase Blas

Observa con relieve plano y cóncavo. Son suelos muy superficiales de textura fina, limitados por inundaciones y drenaje pobre.

#### **4.3.2.4 ASOCIACIÓN ESTRELLA (ES)**

La componen suelos localizados en los abanicos de San Alberto y San Martín, con altitudes inferiores a 150 m en clima cálido húmedo. El relieve se caracteriza por ser plano a ligeramente inclinado con pendientes cercanas a 5 %. Hay dentro del perfil y sobre la superficie gravilla y piedras pequeñas.

La profundidad efectiva de estos suelos es moderada; su fertilidad baja, siendo detectable acidez fuerte. Sus principales limitantes son las piedras y la fluctuación del nivel freático. El drenaje oscila entre bueno a imperfecto.

Presentan erosión de grado ligero a moderada.

Fase ESab1

Observa pendientes que van desde 0-3% y del 3-7%. Los suelos son moderadamente profundos, bien drenados, limitados por piedra y gravilla.

Existe erosión ligera.

Fase ESab2

Está localizado en pendientes de 3 y 3-7 %. Son suelos ligeramente profundos, bien drenados con texturas medias a finas. Su limitante son las piedras y las gravillas sobre y dentro del perfil.

Hay evidencias de erosión moderada.

#### **4.3.2.5 ASOCIACIÓN PASO (PS)**

Abarca una gran extensión que incluye suelos de los abanicos de Aguachica, Gamarra, La Gloria y San Martín, en alturas que no superan los 300 m.s.n.m con clima cálido húmedo con transición a cálido seco. El relieve es plano a inclinado, con pendientes menores al 12 %. En algunos sectores se observan piedras sobre y dentro del perfil.

Son suelos bien drenados, con erosión ligera a moderada.

Fase PSab1

Se caracteriza por presentar relieve plano a ligeramente inclinado, con pendientes que oscilan entre 0-3% y erosión ligera. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, bien drenados y con texturas medias a finas. Su principal limitante es la presencia de piedras.

Fase PSbc2

El relieve en esta unidad fluctúa entre ligeramente inclinado a inclinado, presentándose pendientes de 3-7 % y de 7-12 %; los suelos tienen profundidad efectiva que varía entre superficial a moderadamente profunda, bien a excesivamente drenados con texturas medias a finas. Su principal limitante es la piedra y la erosión moderada.

#### **4.3.2.6 CONSOCIACIÓN REMANSO (RE)**

Está localizada en pequeñas áreas desde el municipio de San Martín hasta Pailitas, en altitudes que comprendidas entre 50-200 m.s.n.m, en el clima cálido húmedo. El relieve se caracteriza por ser plano a ondulado, con pendientes inferiores al 12 % dándose erosión laminar moderada a severa.

Son suelos poco evolucionados o degradados, desarrollados a partir de aluviones gruesos, bien a excesivamente drenados, con abundante pedregosidad dentro del perfil limitando la profundidad efectiva a muy superficial.

Son dedicados principalmente a ganadería extensiva con paja de sabana.

Fase REbc3

Presenta relieve ligeramente inclinado a ondulado, con pendientes que varían entre 3-7% y 7-12 %. Los suelos son muy superficiales, excesivamente drenados con texturas medias, limitados por gravilla y piedra. Hay ocurrencia de erosión severa.

#### **4.3.2.7 ASOCIACIÓN AGUACATAL (AG)**

Está localizada al oriente de la cabecera municipal a alturas que oscilan entre 70-150 m.s.n.m donde predomina el clima cálido húmedo. Se observan relieve plano a inclinado u ondulado, con pendientes menores del 12 % y erosión laminar ligera a severa.

En general, son suelos poco a moderadamente evolucionados, desarrollados a partir de aluviones heterogéneos, bien a excesivamente drenados con profundidad efectiva muy superficial, limitados en su profundidad por la existencia de aluminio, gravilla y arena, siendo en algunos sectores percibidos estos fragmentos en la superficie.

Su uso se limita a explotación de la ganadería extensiva a partir de pastos naturales.

### Fase AGbc3

Esta fase muestra relieve ligeramente inclinado a ondulado, con pendientes que oscilan entre 3-7 % y 7-12 %. Los suelos son muy superficiales a moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados; limitados por aluminio. Se observa erosión severa, con cárcavas.

#### **4.3.2.8 ASOCIACIÓN PARAÍSO (PA)**

Localizada en los abanicos cercanos a colinas y montañas, en altitudes que van desde los 70-150 m.s.n.m en clima cálido húmedo. El relieve es plano a inclinado y ondulado con pendientes menores al 12 % y erosión laminar de grado ligero a moderado. Se observa en algunos sectores piedra y gravilla sobre la superficie.

Son suelos de bien a excesivamente drenados, superficiales a moderadamente profundos, limitados por pedregosidad.

Su uso actual es la ganadería y establecimiento de pequeños cultivos de sorgo y maíz.

### Fase PAab1

Las pendientes que varían entre 0-3 % y 3-7 %. Suelos bien drenados de texturas medias a finas, con erosión ligera.

### Fase PAab2

Su relieve está entre plano a ligeramente inclinado, con pendientes entre 0-3 % y 3-7 %. Son suelos bien drenados con texturas medias a finas y erosión moderada.

### Fase PAbc2

El relieve característico es ligeramente inclinado a ondulado, con pendientes de 3-7 % y de 7-12 %. Los suelos son bien drenados con texturas medias a finas y erosión moderada

#### **4.3.2.9 ASOCIACIÓN TRAPICHE (TR)**

Localizada de la parte central de los conos hacia las montañas, donde los suelos son mejor drenados. En sectores se aprecian piedras dentro y sobre la superficie del perfil. El relieve es plano con pendientes que no sobrepasan el 3 % y en clima cálido. Son, por lo general, suelos bien drenados.

Su uso actual es la ganadería con buenos pastos (¿Qué pastos?) y a cultivos de sorgo, maíz, algodón, yuca y frutales.

Fase TRa

Observa suelos moderadamente profundos, bien drenados de texturas medias a finas.

#### **4.3.2.10 ASOCIACIÓN SUEÑO (SU)**

Está localizada en la parte más baja de los conos de explayamiento, en clima cálido húmedo, extendiéndose hasta los bacines de la planicie aluvial. Se desarrolla sobre un relieve plano, con pendientes que no sobrepasan el 3 %, estando sujeta a encharcamiento e inundaciones.

Son suelos arcillosos, con drenaje imperfecto a pobre, dedicado a cultivos de arroz, sorgo y ganadería. Presenta sales y sodio en algunos sectores.

Fase SUa

Está contenida sobre relieve plano, con pendientes que oscilan entre 0-3 % con suelos superficiales a moderadamente profundos, imperfectamente drenados, limitados por el nivel freático. Son suelos de texturas finas.

#### **4.3.2.11 COMPLEJO AURORA (AR)**

Se encuentra en los conos de explayamiento que se extienden desde San Alberto hasta un poco más al norte de San Martín, en altitudes que oscilan entre los 50-150 m.s.n.m, en clima cálido húmedo.

El relieve es plano, con pendientes menores del 3 %. Ciertas áreas depresionales están sujetas a inundaciones.

Son suelos bien a imperfectamente drenados, aunque se presentan algunas áreas mal drenadas con vegetación de platanillo; son los suelos mejor explotados de la región, con cultivos de algodón, sorgo arroz, maíz, palma africana y pastos.

##### **Fase ARa**

Presenta suelos bien drenados, suelos moderadamente profundos de texturas medias a finas.

##### **Fase ARax**

Representada por suelos moderadamente profundos a superficiales, imperfectamente drenados con problemas de encharcamiento; presentan texturas medias a finas y se encuentran limitados por el nivel freático.

#### **4.3.2.12 ASOCIACIÓN HELENA (HE)**

Agrupo suelos de los vallecitos estrechos localizados en la zona sur del departamento con relieve plano a ligeramente inclinado en pendientes que no superan el 3 % y altitudes que van desde los 50 hasta los 250 m.s.n.m.

Son suelos poco evolucionados compuestos por aluviones medios a gruesos que incluyen fragmentos rocosos ligeramente redondeados. En la parte más baja se presentan inundaciones en el período de lluvias, estando ocupadas al establecimiento de pequeños cultivos de maíz y a la explotación ganadera.

Fase HEa

Presenta relieve plano con suelos superficiales bien drenados y texturas medias a gruesas. Se encuentran limitados por piedra y arena.

#### **4.3.2.13 CONSOCIACIÓN CORRAL (CO)**

Está localizada en altitudes que oscilan entre los 70-250 m.s.n.m, dentro del clima cálido seco, con relieve que va desde ligeramente plano a fuertemente quebrado. Las pendientes pueden alcanzar hasta el 50 %, con erosión laminar y cárcavas de grado moderado a severo.

La característica principal de la unidad es su alta pedregosidad y su drenaje excesivo, viéndose su uso limitado a la ganadería muy extensiva y al establecimiento de pequeños cultivos de maíz que son sembrados dentro de la piedra.

Fase CObc2p

Se distingue por el relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado con pendientes que van desde 3-7 % y de 7-12 %, presenta texturas medias, erosión moderada y pedregosidad superficial.

La profundidad efectiva de estos suelos es muy superficial y su drenaje excesivo.

Fase CObc3p

El relieve es ligeramente inclinado a ondulado, con pendiente del 3-7% y del 7-12%, presenciándose erosión severa y pedregosidad superficial. Los suelos son muy superficiales, excesivamente drenados de texturas medias.

Fase Cocd3p

Esta fase está representada por un relieve ondulado a fuertemente ondulado, con pendientes entre el 7-12 % y 12-25 %, con erosión severa y pedregosidad

superficial. La profundidad efectiva de estos suelos es muy superficial y su textura es media.

#### **4.3.2.14 ASOCIACIÓN MIRAFLORES (MI)**

Se localiza en las laderas más altas de las montañas, en el extremo oriental del municipio en los límites con el departamento de Norte de Santander con alturas que superan los 1800 m.s.n.m dentro del clima frío húmedo con relieve fuertemente quebrado ha escapado con pendientes mayores al 25 % en donde se presenta erosión laminar ligera y movimientos de remoción en masa sectorizados.

Son suelos poco a medianamente evolucionados con la roca aflorando en algunos sectores o cerca de la superficie, por lo que la profundidad efectiva oscila entre muy superficial a moderadamente profunda.

Generalmente estos suelos se encuentran cubiertos en bosques, pero pequeñas áreas han sido desmontadas para la ganadería o cultivos de café, maíz o pastos.

##### **Fase Mlef1**

El relieve es fuertemente quebrado a escarpado con pendientes de orden de 25-50 % y mayores del 50 % y erosión ligera. Son suelos cuya profundidad efectiva varía entre superficial a moderadamente profunda, bien a excesivamente drenados y de texturas medias. Están limitados por fragmentos de roca.

#### **4.3.2.15 ASOCIACIÓN VIJAGUAL (VI)**

Está localizada al oriente de San Martín en altitudes que oscilan entre los 800-1800 m.s.n.m dentro del clima templado húmedo. El relieve es quebrado a escarpado con pendientes que van de 12 % a mayor del 50 % con erosión ligera a moderada y deslizamientos y escurrimientos en algunos sectores.

Son suelos poco a moderadamente evolucionados, desarrollados a partir de areniscas y arcillolitas, bien a excesivamente drenados con profundidad efectiva superficial a moderadamente profunda, limitados por roca y altos contenidos de aluminio.

Se encuentran dedicados a la ganadería y a cultivos de café, yuca, maíz, frijol, caña de azúcar y algunos frutales; hay áreas en rastrojo y bosque secundario.

Fase Vlef1

El relieve es fuertemente quebrado a escarpado, con pendientes que van desde 25-50 % y mayores del 50 % y erosión ligera. Son suelos bien a excesivamente drenados, con texturas medias a finas, limitados por roca y aluminio y de profundidad efectiva va desde superficial a moderadamente profunda.

#### **4.3.2.16 ASOCIACIÓN RAYA (RA)**

Se encuentra en altitudes que oscila entre 100-1000 m.s.n.m dentro del clima cálido húmedo con relieve fuertemente ondulado a escarpado y pendientes de 12% a mayores de 50%. Se presenta erosión ligera a severa.

Los suelos son poco a moderadamente evolucionados, desarrollados a partir de areniscas y arcillolitas, aflorando en algunos casos a la superficie o se encontrándose muy cerca de ella, principalmente cerca al piedemonte.

El uso de estos suelos se limita a la ganadería extensiva y a pequeños cultivos de subsistencia como maíz, yuca, ñame, plátano y café.

Fase RAde2-3

Relieve fuertemente ondulado fuertemente quebrado, con pendientes de 12-25% y de 25-50% y erosión moderada a severa. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados de texturas medias a finas, limitados por fragmentos de roca y erosión moderada.

#### Fase RAef1

Relieve fuertemente quebrado a escarpado con pendientes que van desde 25-50% y mayores del 50% y erosión ligera. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados con texturas medias a finas, limitados por fragmentos de roca.

#### Fase RAef2

El relieve es fuertemente quebrado a escarpado, con pendientes que oscilan entre 25-50 % y mayores del 50 % con erosión moderada. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados, de texturas medias a finas, limitados por fragmentos de roca.

#### **4.3.2.17 ASOCIACIÓN YEGUERITA (YE)**

Se localiza en los límites con Aguachica en alturas que van desde 200-1000 m.s.n.m, dentro del clima cálido húmedo, con relieve fuertemente ondulado a escarpado y pendientes del 12 a mayores de 50%. La erosión va desde moderada a severa, presentándose afloramientos rocosos y pedregosidad hacia las zonas límites del piedemonte y las colinas.

Los suelos son poco a moderadamente evolucionados, desarrollados a partir de arcillolitas y areniscas metamórficas que a causa de la erosión se encuentran en algunos casos aflorando o cerca de la superficie.

El uso está limitado a la ganadería y cultivos de subsistencia como maíz, yuca, plátano, café y algunos frutales; hay pequeñas áreas en bosque secundario y rastrojo.

#### Fase YEef2

Relieve fuertemente quebrado ha escarpado, con pendientes del 25-50% y mayores del 50%. Suelos superficiales a moderadamente profundos, bien a excesivamente

drenados de texturas medias a finas, limitados por roca y erosión moderada a severa.

#### **4.3.2.18 ASOCIACIÓN MONSERRATE (MN)**

Suelos localizados sobre una pequeña franja en los límites San Alberto-San Martín al pie de las montañas en alturas comprendidas entre 150-300 m.s.n.m dentro del clima cálido húmedo donde el relieve es ligeramente plano a fuertemente quebrado, con pendientes del 3-50 %y grado de erosión moderado a severo, observándose en algunos sectores piedra superficial.

Son suelos poco a bien evolucionados, desarrollados a partir de arcillolitas e inclusiones de calizas, que en algunos sectores afloran a la superficie.

El uso es la ganadería y pequeños cultivos de subsistencia como maíz, yuca y plátano.

Fase MNde2-3

Relieve fuertemente ondulado a fuertemente quebrado con pendientes del 12-25% y de 25-50 % con erosión moderada a severa. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, excesivamente drenados de texturas medias a finas, limitados por roca y erosión moderada.

Las formas de estos relieves están asociadas a un modelado fluvio-aluvial con una unidad geomorfológica definida como llanura **de inundación**.

#### **4.3.2.19 ABANICOS ALUVIALES Y TERRAZAS**

De acuerdo con IGAC (1983), es la superficie localizada entre la montaña y el valle del río Magdalena, en donde la topografía varía de casi plana a inclinada.

Los abanicos posiblemente representan el resultado final de la última desglaciación cuaternaria, probablemente en parte afectada por efectos tectónicos, ocasionando grandes avenidas de agua que transportaban a través de algunos valles encañonados de dirección predominantemente este-oeste, rocas y sedimentos de diversos tamaños, derivados de las diversas unidades de roca de la serranía del Perijá. Representan formas de acumulación en el pie de la montaña. La unidad geomorfológica se denomina como **abanico aluvial**.

Las terrazas son acumulaciones de material heterogéneo producto de los procesos climáticos que interactúan con el tipo de roca y suelo generando procesos denudativos. En el territorio de San Martín se identificaron las unidades de **terrazas alta y media** separadas por accidentes geográficos denudados e intervenidos antropicamente.

#### **4.3.2.20 SERRANÍAS**

Corresponde a la provincia fisiográfica de la región andina, principalmente el flanco occidental de la cordillera Oriental, caracterizándose por una topografía montañosa, alargada en dirección norte-sur extendiéndose desde el piedemonte a 150 m.s.n.m hasta los 2300 m.s.n.m.

Este paisaje se caracteriza por presentar topografía alta y muy accidentada, con formas que generalmente presentan relieves quebrados a escarpados, con laderas largas y de alta pendiente, lo que la hace susceptible a problemas relacionados con movimientos de remoción en masa.

Dentro del sistema montañoso se encuentran diferentes tipos de materiales, los cuales han sufrido alguna modificación principalmente por el elemento estructural que afecta el área asociado con el factor climático. Se presentan una unidad difícil de separar por cuanto es muy homogénea las cuales se definieron como **pendientes y frentes estructurales**.

## 4.4 CARACTERIZTICA AMBIENTAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA

### 4.4.1 RECURSO FLORA

#### 4.4.1.1 Elemento biótico

El componente biótico del municipio de San Martín se proyecta teniendo en cuenta los siguientes parámetros que evalúan la flora y fauna en el entorno del municipio:

**Zonas de vida:** Esta puede imaginarse como un grupo de asociaciones, relacionadas entre sí a través de los efectos de la temperatura, la precipitación y la humedad. Tales factores dejan un sello característico en cada zona de vida, no importa que está comprenda un grupo diverso de asociaciones.

**Zona de vegetación:** Área ocupada por vegetación en concepto biogeográfico, con características propias condicionadas por factores ambientales.

**Fauna silvestre:** Se refiere espacios ocupados por fauna, que hace parte de los mismos bosques.

#### 4.4.1.2 Marco conceptual

En Colombia se han formulado una gran variedad de clasificaciones de biomas. Estos sistemas de clasificación de biomas se basan en parámetros climáticos, bioclimáticos o simplemente biológicos. Así, existen entre otros, los de Holdridge (1967), Cuatrecasas (1958), Köppen (1948), Sánchez et. al. (1990) y la UNESCO. Cada sistema da a los biomas nombres acordes con el clima y/o la vegetación dominante en los mismos.

Para el caso se va a trabajar con el sistema propuesto por Holdridge y adaptado por Espinal y Montenegro (1963, 1977), el cual ha sido el más utilizado en Colombia, ya que abarca la gran diversidad de ambientes naturales del País. No obstante, viene utilizándose y oficializándose una nueva nomenclatura, más acorde con las particularidades bioclimáticas de los ecosistemas tropicales.

Para designar las zonas bioclimáticas existentes en el área de estudio se adopta esta nomenclatura. En ella, los ecosistemas son descritos teniendo en cuenta aspectos bioclimáticos como precipitación, temperatura, altura y la vegetación predominante.

#### **4.4.1.3 Zonas de vida**

El área de estudio presenta en general dos zonas de humedad; donde figuran tres zonas de vida perfectamente identificables tal como se representan en el mapa de zonas de vida, aunque debido a los cambios frecuentes de temperatura y humedad de las estribaciones de la cordillera Oriental, cercanas a la serranía del Perijá, encontrándose una cantidad apreciable de microclimas; las zonas de vida que cubren una mayor área dentro del territorio se reportan a continuación en orden ascendente de altitud sobre el nivel del mar:

#### **4.4.1.4 Bosque húmedo tropical**

Se encuentra representado por el símbolo bh – T, (ver mapa de zonas de vida Df7).

- Características climáticas y distribución general

En Colombia el bh – T normalmente se halla entre el nivel del mar hasta los 1000 msnm. De pendiente también de variaciones debido a efectos locales. Tiene una temperatura media superior a los 24 °C y precipitaciones medias que oscilan entre los 2.000 y 4.000 mm anuales, las lluvias ocurren todo el año, pero la intensidad en

los diferentes meses es distinta. Para determinar la distribución del bh – T, el área de estudio, se seleccionaron las áreas por debajo de 600 msnm, valores de temperatura mayores a 24 °C y precipitaciones entre 2.000 y 3.500 mm. Localmente el ambiente es estacionalmente húmedo.

El bosque húmedo tropical, ocupa la mayor parte del territorio del municipio de San Martín ocupando una extensión de 846.84 Km<sup>2</sup> equivalentes al 94 % del área total.

- Descripción fisionómica y relieve

La zona de vida del bh – T, está altamente intervenida en la zona de convergencia con la zona de vida del bh – PM, donde el bosque ha desaparecido totalmente por el cambio de uso del suelo hacia la potrerización, siendo el rastrojo el tipo de cobertura vegetal más complejo. Este rastrojo se ubica hacia los cursos de algunas corrientes, especialmente en las vertientes de las Quebradas Torcoroma, El Bejuco, La Rayita y Caño Largo. La estructura de la comunidad boscosa se ha perdido y no puede hablarse de estratos propiamente dichos, sino de especies de porte arbóreo y de porte arbustivo irregularmente distribuidas.

Según las condiciones fisiográficas del área de estudio, la flora presenta una secuencia sucesional a medida que asciende de la zona de sabana hasta las estribaciones de la cordillera Oriental se presenta un bosque caracterizado por ser heterogéneo y por albergar una gran diversidad biológica, razón por la cual resulta difícil resumir en este

Documento la flora característica de la región. Las zonas de vegetación del área de estudio en la que se encuentra esta zona de vida, corresponden a bosques de la llanura aluvial, bosques de terrazas y bosques de colinas, presentando varios estratos, alcanzando las superiores alturas entre 45 y 50 mts.

En esta zona, la precipitación media anual está cerca de los 4.000 mm, por lo que hace posible la existencia de innumerables plantas epifitas que se distribuyen entre ramas y troncos formando a veces verdaderos tapices de epifitas.

- Composición florística

Durante el recorrido a campo abierto realizado por esta zona de vida, se pudieron apreciar algunas especies vegetales identificables dentro de esta formación, localizadas en potreros, orillas de los ríos, caminos y vías, como un material dejado en esta formación como producto del intercambio antrópico. Entre las especies de porte arbóreo predominantes están las siguientes: Varasanta (*Triplaris americana*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Matarratón (*Gliricidia*), Cacao de monte (*Pachira aquatica*), Carbonero (*Calliandra* sp.), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Guamo (*Inga* sp); y dentro de las arbustivas manchador o puntelanza (*Vismia macrophylla*), mosquero (*Cortón* sp), Cordoncillo (*Piper* sp), Falso balso (*Croton* sp ), Guadua (*Guadua angustifolia*), Pega (*Aeschynomene americana*), Batatilla (*Ipomoea* sp), Pringamoza (*Urera baccifera*), Palma sarare (*Sygrus sancona*), Palma cubarro (*Bactris brongniartii*), Cortadera (*Cyperus digitatus*), Bijao (*Calathea lutea*), Platanillo (*Heliconia* sp). Gramíneas invasoras naturales de los géneros (*Andropogon* y *Axonopus*).

#### **4.4.1.5 Bosque húmedo premontano**

Se encuentra representado por el símbolo bh – PM, ver mapa de zonas de vida.

- Características climáticas y distribución general

Una buena parte del Municipio de San Martín, corresponde a la formación vegetal bosque húmedo premontano (bh – PM), que tiene una biotemperatura media entre 17 a 24 grados centígrados y un promedio anual de lluvias de 2000 mm; dichos bosques presentan una fisionomía compleja, distribuida en varios estratos, con

árboles que presentan alturas superiores a 45 metros. El ambiente de altura, humedad y temperatura dentro del bosque, que es uno de los más interesantes y complejos del trópico, favorece la existencia de plantas epífitas (helechos, musgos, araliáceas, bromeliáceas, líquenes, etc.) sobre los troncos, los cuales son de diámetros considerables, con grandes raíces tubulares en forma de aletas. Completan la estructura abundantes palmas, bejucos y trepadoras de toda índole.

El territorio del área de estudio cuenta con altitudes entre 600 y 1400 msnm, la topografía de esta zona es variable, con pendientes fuertes y zonas planas en las vegas de los ríos. El área ocupada por el (bh – PM) en el área de estudio es 39.239883 km<sup>2</sup>, equivalentes al 4 % del total del territorio.

- Descripción fisionómica y relieve

La zona de vida del bh – PM está altamente intervenida en la zona de convergencia con la zona de vida del bh – T, donde el bosque ha desaparecido totalmente por el cambio de uso del suelo hacia la potrerización, siendo el rastrojo el tipo de cobertura vegetal más complejo. Este rastrojo se ubica hacia los cursos de algunas corrientes, especialmente en las vertientes de los Quebradas Torcoroma, Agua Blanca, El Guamito y Caño Seco. La estructura de la comunidad boscosa se ha perdido y no puede hablarse de estratos propiamente dichos, sino de especies de porte arbóreo y de porte arbustivo irregularmente distribuidas.

Según las condiciones fisiográficas del área de estudio, la flora presenta una secuencia sucesional a medida que asciende de la zona plana hasta las estribaciones de la cordillera Oriental se presenta un bosque caracterizado por ser heterogéneo y por albergar una gran diversidad biológica, razón por la cual resulta difícil resumir en este documento la flora característica de la región. Las zonas de vegetación del área de estudio en la que se encuentra esta zona de vida, corresponden a bosques de la llanura aluvial, bosques de terrazas y bosques de

colinas, presentando varios estratos, alcanzando las superiores alturas entre 45 y 50 mts.

- Composición florística

Durante el recorrido a campo abierto realizado por esta zona de vida, se pudieron apreciar algunas especies vegetales identificables dentro de esta formación, localizadas en potreros, orillas de los ríos, caminos y vías, como un material dejado en esta formación como producto del intercambio antrópico. Entre las especies predominantes están las siguientes: Varasanta (*Triplaris americana*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Matarratón (*Gliricidia*), Cacao de monte (*Pachira aquatica*), Carbonero (*Calliandra* sp.), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Guamo (*Inga* sp); y dentro de las arbustivas manchador o puntelanza (*Vismia macrophylla*), mosquero (*Cortón* sp), Cordoncillo (*Piper* sp), Falso balso (*Croton* sp ), Guadua (*Guadua angustifolia*), Pega (*Aeschynomene americana*), Batatilla (*Ipomoea* sp), Pringamoza (*Urera baccifera*), Palma sarare (*Sygrus sancona*), Palma cubarro (*Bactris brongniartii*), Cortadera (*Cyperus digitatus*), Bijao (*Calathea lutea*), Platanillo (*Heliconia* sp). gramíneas invasoras naturales de los géneros (*Andropogon* y *Axonopus*).

En la Tabla 4 se relacionan las Zonas de Vida presentes en el Municipio de San Martín, así como también las áreas que ocupa cada una de ellas y el respectivo porcentaje con relación a la totalidad del territorio estudiado; estas áreas se aprecian en el plano anexo.

**Tabla 4: Zonas de Vida presentes en el Municipio de San Martín**

<b>CODIGO</b>	<b>ZONA DE VIDA</b>	<b>AREA (Ha)</b>	<b>EXT (%)</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>
<b>(bh – T)</b>	Bosque Húmedo Tropical	846.841634	94	Ocupa el área más grande del Municipio, principalmente la parte baja y media.
<b>(bh – PM)</b>	Bosque Húmedo Premontano	39.239883	4	Es la segunda mayor área y se localiza en la parte media y alta del Municipio.
<b>(bmh – PM)</b>	Bosque Muy Húmedo Premontano	19.478115	2	Es la zona de vida más pequeña y se encuentra ubicada en la parte alta del Municipio.

**Fuente:** Esquema de ordenamiento territorial de San Martín, Cesar.

#### **4.4.2 FAUNA**

El enfoque faunístico del Municipio de San Martín se realizó por medio de un inventario de reconocimiento y exploración de acuerdo a la observación directa de la fauna en el campo, entrevistas informales con moradores del área y consulta de bibliografía especializada.

Colombia país de múltiples regiones geográficas, cada una con características ecológicas únicas. Cada una con su flora, su fauna, sus etnias particulares, se necesita el termino de “mega diversidad” para describir la enorme biodiversidad de especies que habitan dentro de las fronteras colombianas. Más de 45.000 especies de flora, de las cuales un tercio son exclusivas del suelo colombiano, aproximadamente por cada 10 especies de flora y fauna que existen en el mundo Colombia ocupa el primer lugar, esto hace de nuestro país uno de los primeros con la más alta diversidad de la tierra.

No obstante, el grueso de la información es primario y secundario, la misma se adquirió por las observaciones de campo y entrevistas adelantadas con

profesionales de las ramas pecuarias residentes en la región, entidades como la (UMATA) y moradores del casco urbano y área rural del municipio.

La parte alta del municipio posee áreas boscosas y numerosos parajes donde la fauna aun encuentra biotopos apropiados para su expansión y desarrollo. Cabe mencionar que esta región posee una gran variedad de factores climáticos que permiten el crecimiento de una vegetación variada propia de las regiones húmedas y tropicales, por lo tanto, existe una mayor diversidad de hábitat faunísticos ya que, este tipo de bosque les brinda a los animales que allí subsisten suficiente comida y refugio por lo que la fauna que se presenta es variada, encontrándose especies representativas de las clases que a continuación se describen.

#### **4.4.2.1 CLASE AMPHIBIA**

Los anfibios son poco conspicuos y que en general tienen hábitos nocturnos, solamente se reportaron algunos de los ejemplares a manera de información dentro de los que encontramos los siguientes : Bufo marinus, el sapo común, a lo largo de las corrientes de la subcuenca del río Lebrija y de las microcuencas de los Quebradas Torcoroma, Bejuco, Candelaria y Caño Negro; así mismo a lo largo de otras torrentes de menor importancia por lo que podemos afirmar que se encuentra en forma generalizada por toda el área de estudio; También encontramos de forma generalizada gran cantidad de ranas que abundan en los cauces y a orillas de todas las corrientes hídricas, asociado a los bosques, como la ranita acuática (*Pseudis paradoxa*), ranas como la verde de pecas rojas, la bokerman, la labioblanco y la blanca o tigre (*Hyla sp.*), y la rana saltadora (*Leptodactylus fuscus*). Existen unos anfibios poco conocidos y poco estudiados que aparecieron en el planeta durante el Jurásico, los que hacen presencia en la zona de estudio, los cuales son inofensivos, poseen ojos muy pequeños o ausentes dada su vida subterránea, la gente los confunde con una lombriz gigantesca; son las cecilias (*Siphonon annulatus*).

#### 4.4.2.2 CLASE REPTILIA

Los reptiles solo están representados por los subórdenes Sauria (saurios) y Ophidia (ofidios) que pertenecen al orden Squamata (escamados).

Hay más géneros de lagartos que de serpientes y el número de individuos es mayor en los primeros ya que, como grupo, ocupan un eslabón inferior en la cadena alimenticia; siendo en su mayoría consumidores secundarios (se alimentan de herbívoros), mientras que las serpientes siempre son consumidores terciarios al alimentarse de ranas, lagartos, aves e incluso de otras serpientes.

Por su masa (comparativamente grande en relación con la superficie corporal), algunos lagartos grandes como los teidos del género *Ameiva* e iguánidos como Iguana. En general, los lagartos evitan los lugares húmedos.

La mayor parte de las especies de lagartos encontradas son de un buen porte y bastante comunes en el País, especialmente las babillas (*Caimán crocodilus*), los iguánidos (Iguana, *Anolis*, *Gonatodes*) y la tatacoa (*Amphisbaena alba*), llamada erróneamente culebra de dos cabezas, es raro verla dados sus hábitos subterráneos y a encontrarse bien adaptada para su vida fosorial, solo sale a tomar aire después de los aguaceros; su vida se encuentra asociada a los bosques primarios. Entre estos últimos, el más característico de la parte baja del municipio. También encontramos la lagartija común (*Cnemidophorus lemniscatus*) y la lagartija de línea (*Anolis auratus*), que eventualmente es el reptil más común en los pisos cálidos del País. En las mismas áreas también se encuentran otros lagartos como el lagarto lobo pollero (*Tupinambis teguixin*).

En esta zona del país y debido a su clima tropical encontramos gran variedad de serpientes, entre las que tenemos reportadas por los habitantes de la región son, la lomo de machete (*Chironius carinatus*) y cazadora negra (*Clelia clelia*) que eventualmente se encuentran cerca y sobre los 2000 msnm; la verde (*¿Chironius carinatus?*), la bejuca (*Oxibelys aeneus*), las indistintamente llamadas corales, sean estas verdaderas (*Micrurus psyches*) y no venenosas como: falsa

coral (*Oxirhopus petola*), boa arborea (*Epicrates cenchria*) y las que sí lo son como la talla equis o cuatro narices (*Bothrops asper*). Estas especies solamente aparecen a menos de 2000 msnm, en la parte media y baja del municipio.

Es importante que dentro de este orden también encontramos las tortugas que se presentan bien en la parte baja del municipio su presencia, en especial en época invernal, encontrándose, tecay o capitarí (*Podocnemis unifilis*), charapa (*Podocnemis vogli*) y morrocoy (*Geochelone carbonaria*).

#### **4.4.2.3 CLASE AVES**

Las aves habitan, bosques naturales, secundarios, de galería, humedales, dentro de las que encontramos las silvícola que utilizan el bosque como refugio para anidar o donde alimentarse, acuáticas y semi acuáticas que utilizan las áreas inundadas durante el invierno, caños y quebradas para alimentarse con los peces y otros organismos que quedan atrapados en los charcos aislados, otras ocupan áreas inundadas desecadas por acción del verano así como terraplenas de las vías y otros realces y una última parte la constituyen las llamadas “euritópicas” adaptadas para vivir en cualquier hábitat.

Dentro de estas aves descritas según su hábitat existe una clasificación según sus hábitos alimenticios.

Pescadoras: Zambullidoras –Zambullidor común (*Podiceps dominicus*)–, Zancudas –Garza azul (*Egretta caerulea*), Garza morena (*Ardea herodias*)–, Voladoras zambullidoras –Águila pescadora (*Pandion haliaetus*), Martín pescador pequeño (*Chloroceryle americana*) –.

Rapaces: Águila negra (*Buteogallus urubitinga*), Gavilan palomero (*Leptodon cayanensis*).

Carroñeras: Zamuro (*Coragyps atratus*).

Insectívoras: Terrestres –Bujío común (*Nyctidromus albicollis*)–, Al vuelo – Golondrina común (*Hirundo rustica*)–, Consumidoras de invertebrados acuáticos – Alcaraván (*Vanellus chilensis*)–, Silvícolas –Atrapamoscas cejas amarillas (*Satrapa icterophrys*), carpintero amarillo (*Celeus flavus*)–.

Nectarívoras: Colibrí gargantdorado (*Polytmus guainumbi*).

Herbívoras: Arauco (*Anhima cornuta*), Pato carretero (*Noeche jubata*).

Omnívoras: Arrendajo común (*Cacicus cela*), Mirla Común (*Mimun gilvus*).

Frugívoras: Terrestres –Chorola enana (*Crypturellus soui*)–, Sabanas y arbustos – Arrendajo solitario (*Cacicus solitarius*)–, Silvícolas –Azulejo (*Thraupis episcopus*)–,

Granívoras: Terrestres –Guacharaca (*Ortalis ruficauda*)–, Sabanas y arbustos – Canario colombiano (*Sicalis columbiana*)–, Silvícolas –Loro real (*Amazona ochrecephala*)–.

#### **4.4.2.4 CLASE MAMÍFERA**

Los mamíferos tienen una abundante representación y diversidad, en el municipio de San Martín, la presencia humana a traído consecuencia negativas para la permanencia de muchas especies animales ya que la introducción de otras especies introducidas como el ganado vacuno, caballar, cerdos, perros y otros animales así como el establecimiento de cultivos agrícolas acompañados de prácticas como las quemadas periódicas, han transformado definitivamente el paisaje, en detrimento de los grandes carnívoros y favoreciendo a otras especies como los vampiros y roedores que encuentran en los arrozales otro ambiente más favorable; si adicionalmente se le suma la caza desmedida para la obtención de pieles o animales vivos, es poco halagador el futuro que se espera para los animales que aun recorren libremente a través de los corredores que forman los bosques de galería y que interconectan la Serranía del Perija.

Muy a pesar de todas las razones anteriormente expuestas, en todas las áreas del municipio los testimonios coincidieron al atribuir cierta abundancia a especies como la chucha rabipelada (*Didelphis marsupialis*), el mapurito (*Conepatus semistriatus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), la ardilla (*Sciurus sp.*), y el puercoespino (*Coendu prehensilis*), por lo que esta fauna se considera como generalística.

Las especies antes mencionadas no se consideran comestibles y aparentemente sus poblaciones de estas especies no corren peligro ya que solo son cazadas cuando ocasionan daños que los pobladores consideran considerables, por lo que, si solo son cazadas de manera ocasional, no existe peligro de que se extingan.

En segundo plano, dentro de las especies reportadas aparecen el zorro perruno (*Cerdocyon thous*), el conejo de monte (*Silvilagus brasiliensis*), la perezosa (*Choloepus didactylus*), el coatí o guache (*Nasuella olivacea*), perro de agua o nutria (*Pteronura brasiliensis*) y el picure (*Dasyprocta fuliginosa*). Del venado (*Odocoileus virginianus*) se supo que hasta hace unos 20 a 25 años era bastante común, pero que la presencia humana los ha relegado a los parajes más alejados, internándolos en los bosques altos del municipio.

En un sondeo realizado a habitantes del sector y profesionales del sector agropecuario que se encuentran laborando constantemente en el municipio, se mencionan como mamíferos importantes y representativos los siguientes: Chucha rabipelada (*Didelphis marsupialis*), Zorro perruno (*Cerdocyon thous*) tigrillo (*Felis pardalis*), cuya presencia es dudosa, puercoespín (*Coendu prehensilis*), murciélago (*Pteronotus gymnotus*), perezoso (*Choloepus didactylus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), perezoso (*Bradypus variegatus*) diversas especies de monos, Mono aullador (*Alouatta seniculus*), Mico maicero (*Cebus albifrons*), rata espinosa (*Proechimys guairae*), lapa (*Agouti paca*), ardilla (*Sciurus granatensis*) y Chiguiro (*Hidrochaeris hidrochaeris*), entre otros.

En los bosques secundarios de la parte Alta, se reportó la presencia de micos aulladores (*Alouatta seniculus* (Linnaeus, 1766)), cuya presencia y hasta (2500

msnm) ha sido reportada como común en los Andes Venezolanos cerca de la ciudad de Mérida. La especie es ampliamente distribuida o difundida en un área al este de la cordillera occidental de los Andes colombianos, limitada al sur por Bolivia y al oriente por Guyanas. Se encuentra en diferentes habitats desde bosques secos ralos hasta bosques de niebla tropicales andinos.

El sonido característico emitido en las horas del amanecer les ha adjudicado el calificativo de aulladores (howlers); su organización social o comunitaria, basada en la jerarquía de un macho líder de la manada ha sido objeto de interesantes estudios y teorías psicosociales; por ejemplo, sin macho extraño a la manada logra consolidarse como líder o jefe, mata a todos los micos machos menores de seis meses de edad con el fin de mantener su dominio (Rudran 1979; Crockett and Sekulic-1984)

#### **4.4.2.5 CLASE PECES**

Los peces constituyen uno de los grupos más diversificados y abundantes de los vertebrados modernos. Dominan las aguas del mundo gracias a su maravillosa adaptación morfológica, fisiológica y etológica que les permite vivir en las regiones más inhóspitas, desde el círculo polar ártico y regiones tropicales, pasando por charcas estacionales, remotos oasis en los desiertos, fosas oceánicas, torrentes en las montañas, marismas salobres y aguas subterráneas.

Durante las jornadas de visita a los diferentes ríos objeto del presente estudio se constató la extraordinaria variedad de peces que se observaron de exóticas formas y colores, a veces crípticas, a veces de ostentosa iridiscencia, pero siempre en perfecta armonía con el entorno natural –Hábitat, aunque algunos de los peces relacionados no fueron observados directamente, los pobladores ribereños dan testimonio de su presencia. Los cuales se clasifican así:

Caracidos: Se distribuyen naturalmente en África, Centro y Sudamérica, existen unas 1.500 especies pertenecientes a 10 familias; la mayoría son predadores

nocturnos con grandes ojos, no poseen barbillas, sus mandíbulas y en muchos casos sus faringes poseen dientes que se cambian con frecuencia, entre ellos tenemos. Bocachico (*Prochilodus* sp.), Coporo (*Prochilodus mariae*), Guabina (*Hoplias malabaricus*), Sardinita arcoiris (*Aphyocharax alburnus*), Sardinita colirroja (*Triportheus angulatus*), Capurro o caribe en la foto (*Serralsamus* sp.), Cachama negra (*Colossoma macropomum*), entre otros.

Ciclidos: Comprende más de 9.200 especies además de ser el orden más numeroso de todas las especies; la mayoría son depredadores de aguas someras, poseen dos representantes en los ríos colombianos. Cichlidae y Sciaenidae. Mojarra (*Aequidens* sp.).

Silúridos: En America existen unas 1.440 especies, poseen barbillas y una aleta adiposa, cabeza usualmente deprimida con ojos pequeños, entre otros tenemos: Bagre paleta (*Sorubim* sp.), Bagre sapo (*Pseudopimelodus* sp.), Bagre pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), Dormilón (*Hemisorubim platyrhynchus*), Barbudito (*Pimelodella* sp.), Cucha o roncho (*Pterygoplichthys* sp.) y/o – Loricariidae – (*Loricaria* sp.).

Guppies y Saltones: Son peces pequeños que no exceden los 15 cm., omnívoros, predadores excepcionales de insectos ya que poseen la mandíbula ubicada en la porción superior de la cabeza, tenemos: Guppies (*Poecilia reticulata*), saltón (*Pterolebias zonatus*).

Falsas anguilas: Es posible que se presente un solo exponente (*Synbranchus marmoratus*).

Rayas: Peces cartilagosos de cuerpo plano, tenemos (*Potamotrygon hystrix*).

#### **4.5 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA**

El municipio de San Martín (Cesar) entra al siglo XXI formando parte del circuito de desarrollo dado a lo largo de la troncal que une la costa atlántica con el interior del

país, contando este con un gran potencial comercial y potencial prospectivo tímidamente.

El marco dentro del cual debe moverse el municipio de San Martín es aquel que toda comunidad urbana moderna debe buscar, que sus ciudadanos, sus actividades y sus instituciones, desarrollen procesos de contacto, regulación, intercambio y comunicación, en busca de la sustentabilidad humana y urbana, de tal manera que los aspectos físicos sean el hecho secundario y producto de lo primero. El contacto, la regulación, el intercambio y la comunicación son lo que hace posible el moderno concepto de sustentabilidad y la definición de una verdadera cultura urbana, iniciando los procesos con un estrecho vínculo entre el ser humano y el entorno, utilizando racionalmente los recursos que este le brinda y optimizando los métodos de intervención, buscando que este hecho mantenga el equilibrio social, cultural, ecológico y de esta manera consolidar sus potencialidades como grupo social, urbano, sus propios estándares de calidad de vida, realización de actividades de integración, participación y control de los hechos públicos de interés social.

#### **4.5.1 Lineamientos territoriales**

El ordenamiento del territorio municipal comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios, en ejercicio de la función pública que les compete. Dentro de los límites fijados por la constitución y las leyes, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la transformación y utilización del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales. (artículo 5º ley 388 de 1997)

#### **4.5.2 Generalidades.**

El gobierno nacional a través de los entes gubernamentales posee instrumentos para el desarrollo nacional con apoyo de los organismos inherentes a cada tema:

Ley 9º de 1.989      Ley de Reforma Urbana.

Ley 388 de 1997      Plan de Ordenamiento Territorial

Ley 99 de 1.993      Ley Sistema Nacional Ambiental.

Ley 60 de 1.993      Entidades Territoriales.

Particularmente la ley 388 de 1.997 que envuelve en su filosofía la comprensión y ejecución a plenitud de la normatividad urbana anterior y las nuevas propuestas de ley, igualmente da a los municipios autonomía para la organización de su territorio, uso equitativo y racional de los recursos, defensa del patrimonio cultural, la prevención de desastres y facilitar la ejecución de intervenciones urbanas, buscando el mejoramiento en la calidad de vida de sus habitantes.

La participación ciudadana es la base fundamental del proceso y busca con ello ordenar el territorio dentro de un marco social y democrático, en cabeza de las administraciones municipales, quienes deberán fomentar la concertación entre los intereses sociales, políticos, económicos y urbanísticos mediante la participación de los pobladores y sus organizaciones, lo cual se establece en el artículo 2º de la ley 388, cuando se establece que el ordenamiento del territorio se fundamenta en los siguientes principios.

La función social y ecológica de la propiedad.

La prevalencia del interés general sobre el particular.

La distribución equitativa de las cargas y los beneficios.

### **4.5.3 CONTEXTO TERRITORIAL**

#### **4.5.3.1 Escala municipal.**

Con un manejo integral y sostenible de los recursos, aprovechando al máximo sus potencialidades, con el fortalecimiento de los procesos de gestión – administración y con la participación y vinculación ciudadana, es posible consolidar las aspiraciones comunes aprovechando la ubicación estratégica del municipio al encontrarse localizado dentro de un importante corredor de comunicación de la zona Norte con el interior del país, que le ofrece inmensas oportunidades de desarrollo dentro de un amplio panorama como un centro prestador de servicios.

### **4.5.4 MUNICIPIO**

#### **4.5.4.1 Casco Urbano.**

La configuración físico-espacial conserva la linealidad a lo largo de la vía a Bucaramanga y el desarrollo del casco urbano del Municipio de San Martín se dio utilizándola como eje ordenador; sin embargo los nuevos desarrollos han expandido el casco urbano hacia el sudeste donde se han concentrado infraestructuras de servicios y por supuesto áreas de uso intensivo en vivienda, aun cuando su desarrollo inicial tuvo su origen sobre el costado oeste hacia 1950 cuando se estableció la primer casa en la MANZANA donde se ubica la alcaldía Municipal; a mediados de 1960-1970. Hubo un crecimiento sobre el eje de la vía Bucaramanga, la manzana de la iglesia y el parque; para 1970 –1980 creció desde la calle a sobre eje de la vía hacia Aguachica y cuatro manzanas entre la carrera 5 y 6 y las calles 17 y 14. Entre 1980-1990 creció el área del Barrio San Vicente y el parque Barrio La Orquídea, 20 de mayo, El Polideportivo y el eje de la vía hacia Bucaramanga.

Entre 1990-1995 creció el área del Barrio Buenos Aires, San Alonso. (ver mapa DU1 Casco urbano Municipio de San Martín)

#### **4.5.4.2 Características**

##### **Extensión del casco urbano.**

El casco urbano posee una extensión de 90.99 hectáreas, urbanizadas correspondientes 0.11% del área municipal.

#### **4.5.4.3 Arborización**

La cabecera posee arborización secundaria sobre el eje de la carretera Nacional y arborización dentro de las interiores de las manzanas en forma regular en todos los barrios de la cabecera a excepción del Barrio Buenos Aires que presenta poca vegetación, la presencia de árboles en la fachada de las viviendas son escasos.

#### **4.5.4.4 Uso Actual del Suelo Urbano**

La zonificación es el instrumento para controlar y organizar el uso del suelo urbano y los procesos de expansión; permite racionalizar la dotación y utilización de los servicios públicos, la vialidad y los equipamientos, así como la protección de tierras agrícolas y forestales, y las reservas de tierras para vivienda de interés social o de proyectos del plan en el espacio público.

En el área urbana de san Martín se encuentran especializados los siguientes usos:

**Tabla 5: Área especializadas en San Martin, Cesar.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AREA (M<sup>2</sup>)</b>
Uso en Servicios Institucionales e infraestructura de alto impacto	81.707,88
Uso Comercial	221.768,88
Uso Industrial (Talleres, Almacenes de Repuestos)	9028,73
Uso Microempresarial	2.500,00
Uso Residencial	587.622,85
Uso Recreacional	7.289,72
<b>TOTAL</b>	<b>909.917,96</b>

**Fuente:** Esquema de ordenamiento territorial de San Martin, Cesar.

La presencia de edificaciones de carácter institucional en la cabecera es variada, se encuentra dos sobre la calle 13 a 15 la carrera 8 y 9 y la calle 19 y las plazas de ferias. El casco urbano cuenta con 10 establecimientos deportivos, 3 establecimientos religiosos, mercados que se encuentran dispersos pero la mayoría sobre el eje institucional; sobre la troncal y el área del barrio Centro de la cabecera, en las nuevas construcciones de la Casa del Anciano, y la futura construcción del Hospital y la Central Eléctrica se jalonará el área institucional hacia el sudeste. (ver Mapa DU2 Uso Actual del Suelo Urbano Municipio de San Martín)

#### **4.5.4.5 Tamaño de las manzanas**

La cabecera municipal posee 108 Manzanas, el tamaño máximo es de 2.700 M2, pero no existe un tamaño regular estandarizado para la conformación de las manzanas debido al trazado desigual que se ha presentado en las diversas vías del Municipio.

#### **4.5.4.6 Tamaño del lote**

EL tamaño del lote es desigual debido al tamaño de las manzanas; el lote mínimo es 11.22 mts y el máximo 5.886 M2 y el último barrio creado, el Barrio San Vicente, por la intervención de la municipalidad y de la oficina de planeación se ha implantado un lote modelo de 150.40 M2 que predomina en 292 unidades; que representan el 23.93% de total de los predios de la cabecera que son 1.220 predios.

#### **4.5.4.7 División Territorial del Casco Urbano:**

El Casco Urbano de San Martín políticamente está dividido en 13 barrios así:

- Barrio La Floresta
- Barrio San Vicente
- Barrio Buenos Aires
- Barrio La Esperanza
- Barrio San Alonso
- Barrio 20 de mayo
- Barrio La Cumbre
- Barrio Las Orquídeas
- Barrio Centro
- Barrio Argemiro Pedraza
- Barrio El Porvenir
- Barrio William Quintero Claro
- Barrio El Socorro

**Tabla 6: COMPOSICIÓN DEL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN MARTIN**

<b>COMPOSICIÓN DEL CASCO URBANO MUNICIPIO DE SAN MARTIN</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NUMERO</b>
Numero de Barrios	13
Número de manzanas	108
Área total Casco Urbano M2	909.917,96

**Fuente:** Esquema de ordenamiento territorial de San Martin, Cesar.

#### **4.5.4.8 Equipamiento comunal de San Martín**

Dentro del Equipamiento comunal de San Martín se encuentran los espacios de recreación y deporte, de gobierno, de culto y religión, de salud, ICBF e Institucionales, tal como se presenta en las siguientes tablas y en el Mapa DU3 Equipamiento Comunal Municipio de San Martín. <sup>10</sup>

**Tabla 7: Equipamiento Comunal Municipio de San Martín**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>LOCALIZACION</b>
Cancha Barrio Buenos Aires	Calle 16 entre carreras 14 y 15
Parque Barrio Buenos Aires	Calle 16 entre carreras 12 y 13
Parque Barrio Centro	Calle 8ª entre carreras 14 y 15
Polideportivo Barrio Centro	Calle 8ª entre carreras 12 y 13
Polideportivo Barrio El Socorro	Carrera 6ª entre calles 15 y 16
Parque del malecón	Carrera 7ª entre calles 14 a 16
Parque Barrio San Vicente	Carrera 9ª entre calles 10 y 11
Plaza de Ferias	Carrera 9ª entre calles 18 y 20
Polideportivo Barrio La Esperanza	Calle 13 con carrera 5ª
Estadio Municipal	Carrera 9ª entre calles 21 y 22

**Fuente:** Esquema de ordenamiento territorial de San Martin, Cesar.

<sup>10</sup> ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE SAN MARTIN, CESAR. (2017)

**Tabla 8: Alcaldía Municipal de San Martín, Cesar**

DESCRIPCION	LOCALIZACION
Alcaldía Municipal	Carrera 7ª con calle 14

**Fuente:** Esquema de ordenamiento territorial de San Martín, Cesar.

## **5. ESTUDIO DE IMPACTO SOCIOAMBIENTAL SEGÚN EL ANALISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)**

Cambio en el entorno en el cual una organización opera, incluido el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (ISO 14001:2015).

### **5.1 ENTORNO GENERAL DEL ANALISIS CICLO DE VIDA (ACV)**

El análisis del ciclo de vida, opera en cuatro fases:

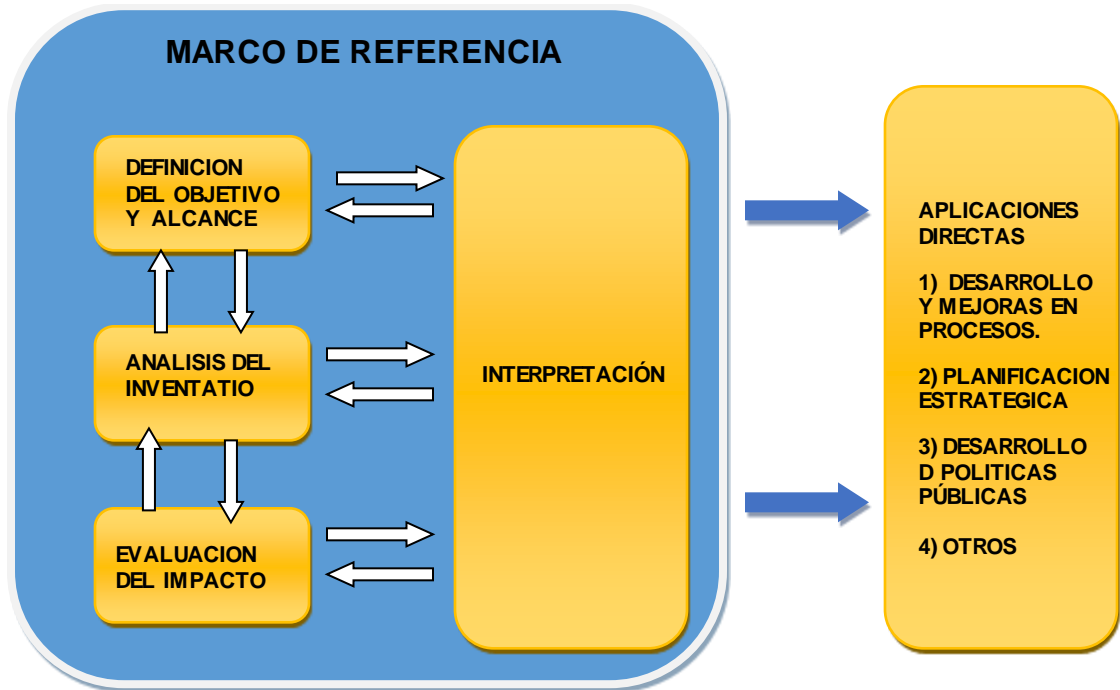
- Definición de los objetivos y el alcance
- Análisis del inventario
- Evaluación de impacto
- Interpretación de resultados <sup>11</sup>

En la figura 9 se aprecia sus relaciones y dependencias.

---

<sup>11</sup> NTC-ISO 14040. GESTIÓN AMBIENTAL. ANALISIS DE CLICLO DE VIDA. PRINCIPIOS Y MARCO DE REFERENCIA. COLOMBIA: 2006. p.16.

Figura 11: Fases, análisis ciclo de vida



**Fuente:** Norma técnica NTC ISO – 14040. (2007). *GESTION AMBIENTAL: ANALISIS DE CICLO DE VIDA. REQUISITOS Y DIRECTRICES. REQUISITOS DEL CICLO DE VIDA.*

### 5.1.1 Fase 1: Objetivo y alcance del estudio

La primera fase del ACV es la definición de objetivos y alcance del estudio, que debe incluir tanto la definición exacta del tema a tratar como el alcance y profundidad del estudio, para determinar con qué propósito se utilizarán los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas. Si en el transcurso de la realización del ACV se obtiene información relevante, el objetivo puede reconsiderarse. Esta primera etapa sirve para organizar la totalidad del estudio y como referencia para la expresión de los resultados, cuyas conclusiones deberían tener en cuenta cualquier modificación habida con respecto del objetivo inicialmente marcado.

- **Objetivo del estudio:** Debe ser claro y específico para cada escenario a evaluar. Al momento de definir el objetivo, se debe tener en cuenta el propósito del estudio y las razones por las cuales se aplica.
- **Objetivo del alcance:** Debe estar bien definido, ser claro, de aplicación coherente con la intención deseada en el estudio. Sin embargo, el alcance del ACV puede ser ajustado durante el desarrollo de sus fases metodológicas y sea necesario reajustar la fase inicial.
- **Alcance del estudio:** Es necesario describir bien el sistema, proceso o actividad y las funciones que cumple dentro del escenario en estudio para ello se define la unidad funcional del sistema y los límites del estudio. Los límites del sistema determinan que procesos unitarios integran el ACV, de modo que todos los procesos dentro de ellos serán analizados mientras que el resto de procesos serán excluidos.

### 5.1.2 Fase 2: Inventario del ciclo de Vida (ICV)

El análisis de inventario (ICV) corresponde a la identificación de impactos ambientales, tras definir correctamente el sistema en estudio y presentarlo mediante un diagrama de flujo donde aparecen todas las etapas del proceso. Está compuesta por las siguientes etapas:

- **Recopilación de datos:** El análisis de inventario incluye la identificación, recopilación y tratamiento de datos para ser usados durante la evaluación de impactos ambientales para todas las fases del ACV.
- **Ajuste de los límites del sistema:** Los límites del sistema están definidos como parte del alcance del estudio, sin embargo, después de la recopilación inicial de los datos, estos pueden ser redefinidos, el grupo interdisciplinar es autónomo a la hora de seleccionar los límites del sistema, si existe alguna fase en la cual se tenga especial interés se pueden cambiar los límites del sistema reasignando las etapas de inicio y salida.

- **Procedimiento de cálculo:** No existen procedimientos formales para llevar a cabo los cálculos en el ACV, excepto la descripción de los procedimientos de asignación.
- **Validación de los datos:** La validación de los datos debe llevarse a cabo durante los procesos de recopilación para mejorar la calidad promedio de los mismos. La validación sistemática de los datos puede mostrar los puntos donde debe mejorarse la calidad.
- **Reglas de asignación:** Cuando se lleva a cabo el ACV en sistemas complejos, puede suceder que no sea posible manejar todos los impactos y las salidas dentro de los límites del sistema.

Una vez realizada la recopilación de los datos y la definición de los procedimientos para el cálculo de los mismos, se cuantifican los impactos ambientales potenciales (IAP) asociados a la unidad funcional.

### **5.1.3 Fase 3: Evaluación del Impacto del ciclo de Vida (EICV)**

En primer lugar, se deben definir las categorías de impacto referidas a efectos ambientales a los que se asignarán los resultados del inventario. Las categorías de impacto deben responder a una serie de requisitos, como ser consistentes con el objetivo y alcance del estudio, ser comprensibles para la audiencia a la que van dirigidas y estar internacionalmente aceptadas.

Los resultados obtenidos en el análisis de inventario se asocian a las diferentes categorías de impacto definidas y se aplican factores de caracterización para cada componente de la categoría. Estos factores convierten el resultado del análisis del inventario a una unidad común para cada categoría de impacto, agrupando todos los resultados de esa categoría en un único valor. Los factores de caracterización pueden variar en función del método de evaluación que se utilice en esta etapa.

La evaluación se realiza en toda una serie de categorías de impacto, como puede

#### **5.1.4 Fase 4: Interpretación de resultados**

En esta fase se combinan los resultados del análisis de inventario con la evaluación del impacto y cada resultado obtenido de esta interpretación es transformado a una conclusión y por consiguiente en una recomendación para futuras decisiones, según los objetivos marcados, entre las que puede encontrarse el camino a seguir para perfeccionar el estudio. Para mejorar el sistema en estudio, primero deben identificarse las áreas de posible mejora. Dentro de éstas, el ACV ayuda a identificar aquellas que pueden llevar a una mejora mayor o las que apenas afectan al conjunto y en las que no vale la pena invertir recursos, mientras que el conocimiento del sistema descubrirá aquellas de mejora más rápida y sencilla.

#### **5.1.5 Ciclo de vida**

En aspectos generales, el ciclo de vida para la extracción de hidrocarburos, hasta el abandono y restauración de la zona se divide en 6 etapas: prospectiva, construcción de locación, perforación, operación y mantenimiento, desmantelamiento y restauración final. Para yacimientos no convencionales, se añade una etapa después de la perforación, y sería el fracturamiento hidráulico, para efectos del presente libro, se analizarán tres etapas, que harán parte del ciclo de vida, construcción de locación, perforación y fracturamiento hidráulico. <sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> AREVALO, Omar. SUAREZ, Paola. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR RACTURAMIENTO HIDRAULICO EN COLOMBIA. COLOMBIA. (2015). p.54-60.

## 5.2 OBJETIVO Y ALCANSE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

- Evaluar cualitativamente la geología del bloque VMM-3 en la zona de San Martín, Cesar, con el fin de establecer la factibilidad de llevar a cabo el proceso de fracturamiento hidráulico.
- Identificar, describir, evaluar y cualificar las posibles afectaciones sobre los elementos del ambiente y sobre la comunidad en general, que puedan originar las actividades relacionadas con el proceso.
- Cuantificar los posibles impactos potenciales ambientales que podría generar por el uso de fracturamiento hidráulico en San Martín, Cesar.

## 5.3 INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

Se analiza en los tres medios: biótico, abiótico y socioeconómico, sus respectivos recursos e impactos, como lo ilustra la tabla 9.

Tabla 9: Medio y recurso a analizar

Medio	Recurso	Indicador
ABIÓTICO	Aguas superficiales	Decreto 1594 de 1984, calidad del recurso
	Aguas subterráneas	Resolución 2115 de 2007. Vertimientos directos a los cuerpos de agua sin tratamiento preliminar.
	Aire	Contaminantes producidos por uso de vías actuales, actividades de construcción y mantenimiento (movimientos de tierra), quema de cobertura vegetal, uso de leña, uso de teas. Comparación de niveles de presión sonora con límites permisibles Resolución 627 de 2006.

Medio	Recurso	Indicador
ABIÓTICO	Suelo	Áreas con procesos de erosión activos e incremento de zonas desnudas, arrastre de sedimentos a zonas de pastos, concentración de parámetros de calidad de suelos, pérdida de nutrientes y capa orgánica.
BIÓTICO	Flora	Pérdida de cobertura vegetal protectora, aprovechamiento forestal para establecimiento de cultivos, aprovechamiento forestal para la construcción de locación, vía de acceso, y líneas de flujo.
	Fauna	Prácticas ilegales de caza, afectación de los ecosistemas acuáticos, afectación de las comunidades hidrobiológicas y corredores de la fauna terrestre.
Socio económico		Generación de empleo.
		Alteración de los niveles de ingresos económicos.
		Afectación de las actividades económicas tradicionales.
		Afectación de patrimonio cultural.

**Fuente:** EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL POR FRACTURAMIENTO (2015) HIDRAULICO EN COLOMBIA. Arévalo Ballén, O. Suarez Acevedo, P. (2015).

### 5.3.1 Metodología aplicada

Se utilizó la secuencia ACTIVIDAD – EFECTO – IMPACTO, para identificar los impactos ambientales asociados al posible desarrollo de yacimientos no convencionales en Colombia implementando la técnica de fracturamiento hidráulico. Para hallar el índice de importancia ambiental (IIA) se utiliza los siguientes criterios:

1. **Carácter (Ca):** Define el sentido del cambio producido por una acción sobre el ambiente. Puede ser positivo cuando el impacto produce un efecto benéfico o negativo cuando el impacto produce un efecto perjudicial.

2. **Efecto (EF) – Relación causa-efecto:** El impacto de una acción sobre el medio puede ser “directo” -es decir impactar en forma directa-, o “indirecto” –es decir se produce como consecuencia del efecto primario el que, por tanto, devendría en causal de segundo orden. Los valores son 4 para directo y 1 para indirecto.

3. **Acumulación (Ac) – Incremento progresivo:** La tendencia muestra el incremento progresivo o no de la manifestación del impacto sobre la o las variables socioambientales, considerando la acción extendida y frecuente en el área de evaluación. De acuerdo con esto el impacto puede ser simple o acumulativo.

- **Simple:** Es el caso en que el impacto que se está evaluando se presenta sobre una variable ambiental, de forma tal que la acción reiterada que lo origina no incrementa progresivamente la magnitud del impacto, induciendo a nuevos impactos. Valor asignado de 1.
- **Acumulativo:** Es el caso en el que la acción creadora de un impacto incrementa progresivamente su magnitud, ante la imposibilidad de que la variable afectada pueda recuperarse en la misma proporción que la acción se incrementa espaciotemporalmente. Valor asignado de 4.

4. **Extensión (EX):** Se refiere al área del entorno socio-ambiental que en teoría se vería afectada por el impacto generado sobre una variable determinada. La cobertura de los impactos depende mucho de las actividades que se ejecutan y las condiciones socio-ambientales del área donde se desarrolla el proyecto. De acuerdo

con la cobertura, los impactos pueden ser puntuales, locales y regionales, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Puntual:** La calificación puntual con un valor de uno (1) se da siempre y cuando el impacto que se genere se encuentre dentro del área de influencia directa del proyecto; como es la ubicación de la locación y los derechos de vía de línea de Flujo (100 metros de ancho) y vía de acceso (200 metros), área de influencia directa la cual se identificara para cada proyecto. Tiene una valoración de 1.
- **Local:** La calificación local con un puntaje de cuatro (4) se da cuando los impactos trascienden las áreas aledañas y territorio específico a la vía de acceso, locación línea de flujo, afectando los factores económicos, físicos y bióticos, sin llegar a abarcar la totalidad del área de influencia indirecta del estudio. Tiene una valoración de 4.
- **Regional:** La calificación regional con un valor de ocho (8) puntos se da cuando los impactos generados por el proyecto sobrepasan los límites municipales y departamentales afectando los componentes sociales, físicos y bióticos. Tiene una valoración de 8.

**5. Momento (Mo) – Plazo de manifestación:** Califica el tiempo en que el impacto se desarrolla completamente, es decir, tiempo en que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. El desarrollo se califica según la Tabla 10:

**Tabla 10: Momento**

Tiempo	Rango	Calificación
Inmediato	0-2 meses	4
Rápido	3-6 meses	3
Mediano	7-12 meses	2
Largo plazo	>1 año	1

**6. Persistencia (Pe)** – Permanencia del efecto: Califica el período y existencia del impacto, y sus consecuencias, independiente de toda acción de mitigación o corrección. La calificación se hace de acuerdo con el rango establecido en la Tabla 11.

**Tabla 11: Persistencia**

Tiempo	Rango	Calificación
Permanente	>3 años	4
Media	1-3 años	3
Corta	3-12 meses	2
Fugaz	<3 meses	1

**Fuente:** Modificado por los autores

**7. Intensidad (I)** – Grado de destrucción: Califica la dimensión del cambio ambiental producido sobre un determinado recurso del ambiente, teniendo en cuenta el estado en que se encuentra antes de producirse la actividad impactante (tabla 12)

- **Crítico:** Este criterio de valoración con una calificación de doce (12) puntos se da cuando la importancia del impacto es muy significativa sobre los recursos naturales que son afectados por las intervenciones antrópicas durante el proyecto, provocando grandes daños irreversibles e irreparables como pérdida vegetación nativa, pérdida del patrimonio arqueológico, etc.
- **Muy alta:** Este criterio de valoración con una calificación de ocho (8) puntos se da cuando la importancia del impacto afecta los componentes sociales, físicos, bióticos de una manera relevante en la cual el efecto puede ser permanente generando altas alteraciones a la fauna y flora del área intervenida, donde se tendrán que implementar medidas de manejo de carácter muy estricto para lograr una recuperación a largo plazo.

- **Alta:** Este criterio de valoración con una calificación de seis (6) puntos se da cuando el impacto generado por el proyecto puede persistir en un tiempo mayor de 1-3 años afectándolos componentes físicos, bióticos y socioeconómicos.
- **Medio:** Este criterio de valoración con una calificación de cuatro (4) puntos se da cuando la importancia del impacto que afecta a los recursos naturales y sociales se puede recuperar de manera corta entre 3 a 23 meses con la implementación de medidas de manejo
- **Bajo:** Este es el criterio con menor calificación, con un puntaje de uno (1) la cual se utiliza en los impactos que son poco significativos con los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos, donde las medidas de manejo que se implementen provocaran una rápida recuperación sobre el impacto debido al nivel que este presenta.

**Tabla 12: Intensidad**

<b>Rango</b>	<b>Calificación</b>
Critica	12
Muy alta	8
Alta	6
Media	4
Baja	1

**Fuente:** Modificado por los utores

**8. Sinergia (Si)** – Regularidad de la manifestación: Contempla la generación de dos o más efectos simples, es decir, cuando una acción sobre un factor presenta sinergia con otras acciones sobre el mismo factor. Este parámetro se califica entre 1 y 4, dentro de los rangos definidos en la Tabla 13.

**Tabla 13: Sinergia**

Rango	Calificación
Muy sinérgico	4
Sinérgico	2
No sinérgico	1

**Fuente:** Modificado por los utores

**9. Reversibilidad (Rs):** Se refiere a la capacidad del medio socio-ambiental para asimilar naturalmente un cambio o impacto generado por una o varias actividades del proyecto en evaluación, de forma que activa mecanismos de autodepuración o auto-recuperación, sin la implementación de medidas de manejo, una vez desaparece la acción causante de la alteración (Ver Tabla 14).

**Tabla 14: Reversibilidad**

Tiempo	Rango	Calificación
Irreversible	>5 años	4
Mediano plazo	3-5 años	3
Corto plazo	3-23 meses	2
Inmediato	<3 meses	1

**Fuente:** Modificado por los utores

**10.Periodicidad (Pr)** – Regularidad de la manifestación: La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto frecuente), de forma impredecible en el tiempo (efecto

discontinuo) o constante en el tiempo (efecto permanente). En la Tabla 15 se presentan los valores.

**Tabla 15: Periodicidad**

Rango	Calificación
Permanente	4
Frecuente	2
Discontinuo	1

**Fuente:** Modificado por los autores

**11. Recuperabilidad (Re)** – Reconstrucción por medios humanos: Se refiere a la posibilidad de que la alteración generada sobre una de las variables socioambientales por una acción dada se pueda eliminar por la ejecución de medidas de manejo ambiental. Los criterios a tener en cuenta para la recuperación están en función del tiempo requerido para esto (ver Tabla 16).

**Tabla 16: Recuperabilidad**

Tiempo	Rango	Calificación
Irrecuperable	>11 años	8
Mitigable	4-10 años	4
Medio plazo	1-3 años	2
Recuperable de manera inmediata	<1 años	1

**Fuente:** Modificado por los autores

**Índice de Importancia Ambiental (I.I.A.):** Es el resultado final que se obtiene al integrar las anteriores variables mediante la siguiente fórmula:

$$I.I.A. = Ca(3I + 2EX + EF + Ac + Mo + Pe + Si + Rs + Pr + Re)$$

Con base a ello, hay una gama de puntuación de 13 a 100, tanto positivo como negativo tabla 17.<sup>13</sup>

**Tabla 17: clasificación con base al I.I.A.**

Rango	Calificación	Color
<b>Carácter negativo</b>		
Crítico	>75	
Severo	50-75	
Moderado	25-50	
Irrelevante	<25	
<b>Carácter positivo</b>		
Muy importante	>50	
Importante	25-50	
Poco importante	<25	

**Fuente:** Modificado por los autores

### 5.3.2 Identificación de impactos

Solo se tendrá en cuenta asumiendo la construcción del proyecto.

---

<sup>13</sup> AREVALO, Omar. SUAREZ, Paola. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR RACTURAMIENTO HIDRAULICO EN COLOMBIA. COLOMBIA: 2015. p.63-71.

### 5.3.2.1 Construcción de locación

Para la identificación de impactos, se tiene en cuenta las siguientes características:

- A. Contratación de personal, adquisición de bienes y servicios.
- B. Movimiento de tierra.
- C. Transporte de equipos y vehículos de transporte personal.
- D. Adecuación de infraestructura provisional o temporal.

**Tabla 18: Identificación de los impactos en la construcción de la locación**

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	A.	B.	C.	D.
ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo				
		calidad del suelo y subsuelo				
	GEOMORFO-LOGICO	estabilidad de terrenos				
		Procesos erosivos				
	PAISAJE	Cambio en la percepción visual				
		intrusión visual contaminante				
	SUELO Y USO DE TIERRAS	Cambio en las propiedades fisicoquímica				
		cambio del uso y aprovechamiento				
	HIDROLOGÍA	Cambio en las propiedades fisicoquímica del agua				
		Relevancia en la cantidad de agua captada				
		Contaminación de agua por vertimientos				
	HIDROGEOLOGÍA	intrusión y/o modificación de las propiedades fisicoquímica de las aguas subterráneas				
	GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo				
ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire					
	Emisión de sonidos contaminantes					
BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna				
		Alteración de la flora				
	ECOSISTEMA ACUATICO	Alteración de vida acuática				

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	A	B	C	D
SOCIO-ECONÓMICO	PARTICIPACION Y SOCIALIZACION DE LA COMUNIDAD	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.				
		participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes				
	COMPONENTE DEMOGRAFICO	Alteración del flujo de personas a la comunidad				
	COMPONENTE ESPACIAL	Alteraciones de las vías de acceso				
		Alteración en los servicios públicos				
		Alteración en vivienda				
		servicio en la salud				
		Alteración en parques e infraestructuras				
	COMPONENTE ECÓNOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local				
		Alteración y participación de los grupos étnicos				
		Alteración en las creencias religiosas				
		Alteración de las costumbres autóctonas				
	COMPONENTE POLITICO Y ARQUEOLÓGICO	Alteración del plan de desarrollo territorial				
		Deterioro o pérdida del patrimonio arqueológico				

**Fuente:** Modificado por los autores

	Impacto negativo
	Impacto positivo

### 5.3.2.2 Perforación

En la presente etapa se tiene en cuenta las siguientes características:

- A. Instalación y funcionamiento de taladro
- B. Funcionamiento campamento temporal

- C. Captación y transporte de agua superficiales
- D. Tratamiento y disposición de aguas residuales
- E. Tratamiento y disposición de residuos sólidos



Se presenta una tabla tomando los componentes según el decreto 2041 del 2014, con sus respectivas definiciones.

**Tabla 19: Identificación de impactos en la perforación**

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	A.	B.	C.	D.	E.
ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo					
		calidad del suelo y subsuelo					
	GEOMORFOLOGICO	estabilidad de terrenos					
		Procesos erosivos					
	PAISAJE	Cambio en la percepción visual					
		intrusión visual contaminante					
	SUELO Y USO DE TIERRAS	Cambio en las propiedades fisicoquímica					
		cambio del uso y aprovechamiento					
	HIDROLOGÍA	Cambio en las propiedades fisicoquímica del agua					
		Relevancia en la cantidad de agua captada					
		Contaminación de agua por vertimientos					
	HIDROGEOLOGÍA	intrusión y/o modificación de las propiedades fisicoquímica de las aguas subterráneas					
	GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo					
	ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire					
Emisión de sonidos contaminantes							
BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna					
		Alteración de la flora					
	ECOSISTEMA ACUATICO	Alteración de vida acuática					

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	A.	B.	C.	D.	E.
SOCIO-ECONÓMICO	PARTICIPACION Y SOCIALIZACION DE LA COMUNIDAD	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.					
		participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes					
	COMPONENTE DEMOGRAFICO	Alteración del flujo de personas a la comunidad					
	COMPONENTE ESPACIAL	Alteraciones de las vías de acceso					
		Alteración en los servicios públicos					
		Alteración en vivienda					
		servicio en la salud					
		Alteración en parques e infraestructuras					
	COMPONENTE ECÓNOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local					
		Alteración y participación de los grupos étnicos					
		Alteración en las creencias religiosas					
		Alteración de las costumbres autóctonas					
	COMPONENTE POLITICO Y ARQUEOLÓGICO	Alteración del plan de desarrollo territorial					
		Deterioro o pérdida del patrimonio arqueológico					

Fuente: Modificado por los autores

	Impacto negativo
	Impacto positivo

### **5.3.2.3 Fracturamiento hidráulico (añadir las imágenes faltantes)**

El Fracturamiento hidráulico es complejo en cuanto a predecir sus posibles impactos ambientales, pero tomando referencias de los impactos más relevantes obtenido en otros sitios, se puede tener una idea de los posibles impactos.<sup>14</sup>

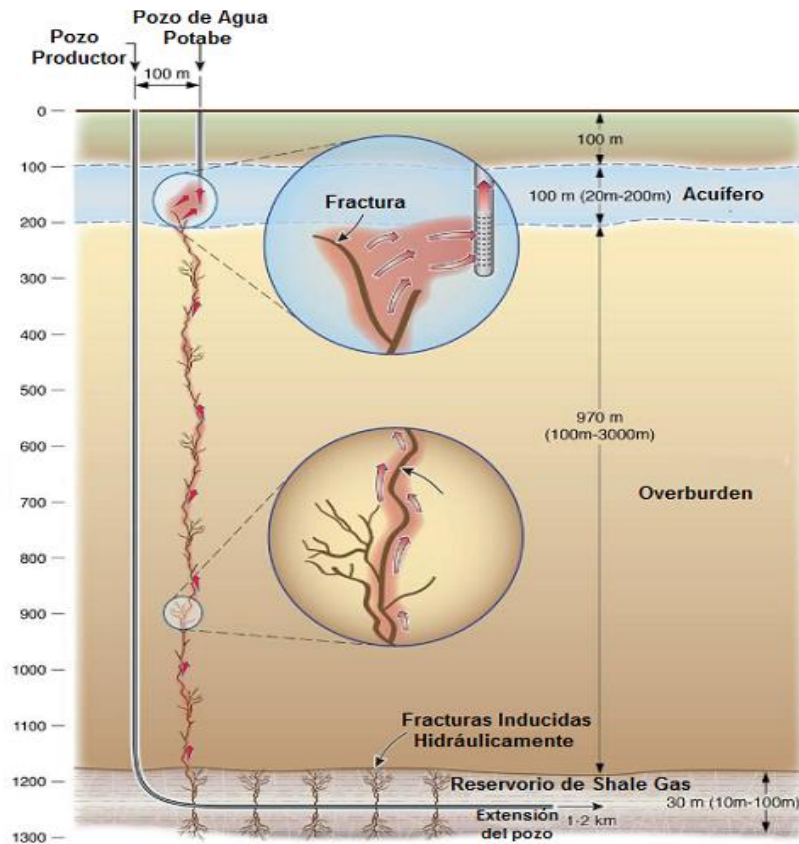
Es claro que el fracturamiento hidráulico de lutitas, por su complejidad, requiere seria atención, entre las contaminaciones o impactos más graves se destacan:

- Contaminación por filtración de químicos (como algunos cloruros, fluoruros,)
- Activación de fallas: en simulaciones, dado la profundidad, es bastante probable que las grietas realizadas por la explosión, viajen verticales y no horizontalmente, y dado las características propias de las lutita, la fractura tenderá a viajar hasta encontrar una falla o fractura más grande o hasta otra formación, por lo que puede llegar a una falla, activándola, llevando consigo migración de fluidos.

---

<sup>14</sup> VARDE, Oscar. JÁUREGUI, Luis. MARIN, Isodoro. SCWARD, Ricardo. ASPECTOS AMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES. 2013. p 14-15.

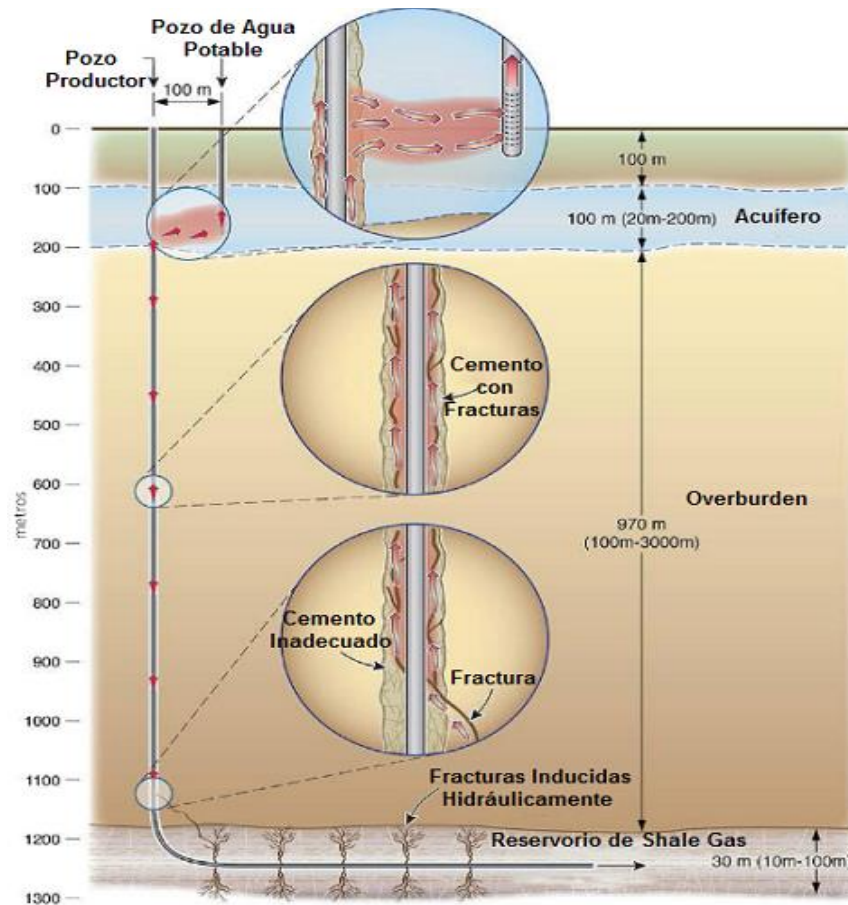
**Figura 12: Contaminación por migración en fractura creada.**



Fuente: Verdades sobre el fracking. (indefinido). Oscar V. p 59.

- Migración de fluidos: otra manera, es desgastándose la tubería o recubrimiento del pozo, algo recurrente en la industria, pero debido a la gran presión de estos yacimientos, puede generar gran filtración de fluidos.

Figura 13: Contaminación por filtración de líquido, fracturando la formación.



Fuente: Verdades sobre el fracking. (indefinido). Oscar V. p 54.

- Captación de agua: para este caso, dependiendo de la zona, se puede llegar a no permitirlo, sobretodo en épocas de sequía
- Captación de material propante: para seleccionar un material adecuado, el propante o apuntalante debe ser lo más esférico y duro posible (debe resistir grandes presiones), por lo que su selección es exhaustiva y aparte de ello, se requiere grandes cantidades, por lo que se debe remover gran cantidad de este material, presente en zonas bajas de los ríos. <sup>15</sup>

<sup>15</sup> VANEGAS, Oscar. VERDADES SOBRE EL FRACKING. (INDEFINIDO). p 39-58.

No obstante, hay normatividad en cuanto a prácticas locales, procedimientos detallados, para minimizar al máximo impactos severos o negativos al ambiente.

Para llegar al fracturamiento hidráulico, se sigue las siguientes etapas.

- A. Demanda de manos de obra, bienes y servicio.
- B. Captación de agua
- C. Captación de material propante (apuntalante)
- D. Añadir químicos a la mezcla fracturante
- E. Fracturamiento hidráulico

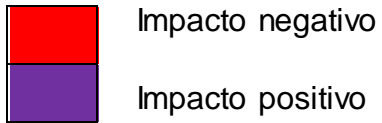
Se presenta una tabla tomando los componentes según el decreto 2041 del 2014, con sus respectivas definiciones.

**Tabla 20: Identificación de impactos en el Fracturamiento hidráulico**

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	A.	B.	C.	D.	E.
ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo		■	■		■
		calidad del suelo y subsuelo		■	■		■
	GEOMORFO-LOGICO	estabilidad de terrenos			■		■
		Procesos erosivos			■		■
	PAISAJE	Cambio en la percepción visual	■		■		
		intrusión visual contaminante					■
	SUELO Y USO DE TIERRAS	Cambio en las propiedades fisicoquímica				■	■
		cambio del uso y aprovechamiento		■	■		■

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	A.	B.	C.	D.	E.
ABIOTICO	HIDROLOGÍA	Cambio en las propiedades fisicoquímica del agua					
		Relevancia en la cantidad de agua captada					
		Contaminación de agua por vertimientos					
	HIDROGEOLOGÍA	intrusión y/o modificación de las propiedades fisicoquímica de las aguas subterráneas					
		GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo				
	ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire					
		Emisión de sonidos contaminantes					
BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna					
		Alteración de la flora					
	ECOSISTEMA ACUATICO	Alteración de vida acuática					
SOCIO-ECONÓMICO	PARTICIPACION Y SOCIALIZACION DE LA COMUNIDAD	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.					
		participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes					
	COMPONENTE DEMOGRAFICO	Alteración del flujo de personas a la comunidad					
	COMPONENTE ESPACIAL	Alteraciones de las vías de acceso					
		Alteración en los servicios públicos					
		Alteración en vivienda					
		servicio en la salud					
		Alteración en parques e infraestructuras					
	COMPONENTE ECÓNOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local					
		Alteración y participación de los grupos étnicos					
		Alteración en las creencias religiosas					
		Alteración de las costumbres autóctonas					
	COMPONENTE POLITICO Y ARQUEOLÓGICO	Alteración del plan de desarrollo territorial					
		Deterioro o pérdida del patrimonio arqueológico					

Fuente: Modificado por los autores



#### **5.4 EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)**

Se van a agrupar las distintas matrices de impacto ambiental siguiendo el orden de las actividades, construcción de locación, perforación y fracturamiento hidráulico.

- construcción de locación (Tabla 21).
- Perforación (Tabla 22).
- Fracturamiento hidráulico (Tabla 23).

**Tabla 21: Evaluación de impacto en la construcción de locación**

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	Ac	EX	Mo	Pe	-	Si	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO	
CONTRATACION DE PERSONAL...	SOCIO-ECONÓMICO	Participación y socialización de la comunidad	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.	-1	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1	-19	irrelevante	
			participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes	-1	1	1	1	4	2	1	1	1	4	1	-20	Irrelevante	
			Alteración en los servicios públicos	-1	1	1	4	4	4	4	1	2	1	1	-35	Moderado	
			Alteración en vivienda	-1	1	1	4	2	2	4	1	1	1	1	-30	Moderado	
			servicio en la salud	-1	1	1	4	2	2	4	1	1	2	1	-31	Moderado	
			Alteración en la economía local	-1	4	1	1	3	2	6	1	1	2	1	-35	Moderado	
MOVIMIENTO DE TIERRA	ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante	
			calidad del suelo y subsuelo	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante	
		PAISAJE	Cambio en la percepción visual	-1	4	4	1	4	4	1	1	1	2	1	-26	Moderado	
			intrusión visual contaminante	-1	4	1	4	4	4	1	1	1	1	1	-28	Moderado	
	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	Irrelevante	
			Alteración de la flora	-1	4	4	1	2	1	1	1	1	1	1	-20	Irrelevante	
	SOCIO ECONÓMICO	POLITICO	COMPONENTE ESPACIAL Y	Alteraciones de las vías de acceso	-1	4	1	4	3	3	1	1	2	2	2	-29	Moderado
				Deterioro o pérdida del patrimonio arqueológico	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	irrelevante

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	Ac	EX	Mo	Pe	I	Si	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO	
TRANSPORTE DE EQUIPOS...	ABIOTICO	ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire	-1	4	1	1	2	1	1	1	1	2	1	-18	Irrelevante	
			Emisión de sonidos contaminantes	-1	4	4	1	4	2	4	1	1	2	1	-33	Moderado	
	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	Irrelevante
			Alteración de la flora	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
ADECUACION DE INFRAESTRUCTURA...	ABIOTICO	HIDROLOGÍA	Cambio en las propiedades fisicoquímica del agua	-1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	Irrelevante	
			Relevancia en la cantidad de agua captada	-1	1	4	1	2	1	4	1	1	2	1	-27	Moderado	
		ATMOSFERA	Emisión de sonidos contaminantes	-1	1	1	1	4	1	1	1	1	2	1	-17	Irrelevante	
	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
			Alteración de la flora	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
	SOCIO ECONOMICO	COMPONENTE ESPACIAL	Alteración en parques e infraestructuras	-1	1	1	1	2	2	4	1	2	1	1	-25	Moderado	

Fuente: Autores

**Tabla 22: Evaluación de impactos en la perforación**

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	AC	EX	Mo	Pe	I	Si	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO
CAPTACION Y TRATAMIENTO AGUA SUP.	ABIOTICO	GEOMORFOLOGICO	Procesos erosivos	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
		HIDROLOGIA	Relevancia en la cantidad de agua captada	-1	1	4	4	4	2	4	1	3	2	2	-39	Moderado
	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
			Alteración de la flora	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
		ECOSISTEMA ACUATICO	Alteración de la vida acuática	-1	1	1	4	4	2	4	1	3	2	2	-36	Moderado
	SOCIO-ECONÓMICO	PARTICIPACION Y SOCIALIZACION	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.	-1	1	1	4	4	1	1	1	3	2	1	-25	Moderado
			participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes	-1	1	1	4	4	1	1	1	2	2	1	-24	Irrelevante
		C. ESPACIAL	Alteración en los servicios públicos	-1	1	4	4	4	2	4	1	2	1	2	-37	Moderado
	TRAT. AGUAS RESIDUALES	ABIOTICO	HIDROLOGIA	Cambio en las propiedades fisicoquímica del agua	-1	1	1	1	4	2	6	1	3	2	3	-37
Contaminación de agua por vertimientos				-1	1	4	4	3	3	6	1	4	2	3	-47	Moderado
ATMOSFERA			Emisión de sonidos contaminantes	-1	1	1	1	4	1	1	1	1	2	1	-17	Irrelevante
BIOTICO		ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-14	Irrelevante
			Alteración de la flora	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-14	Irrelevante

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	Ac	EX	Mo	Pe	I	Sj	Rs	Pf	Re	I.I.A.	RANGO	
TRAT. AGUAS RESIDUALES	BIOTICO	ECOSISTEMA ACUATICO	Alteración de vida acuática	-1	4	1	1	3	2	4	1	2	1	2	-30	Moderado	
	SOCIO - ECONÓMICO	PARTICIPACION Y SOCIALIZACION	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.	-1	1	1	4	3	1	1	1	2	2	2	-24	Irrelevante	
			participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	2	2	-24	Irrelevante	
INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO...	ABIOTICO	GEOMORFOLOGICO	estabilidad de terrenos	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante	
			Procesos erosivos	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante	
		PAISAJE	Cambio en la percepción visual	-1	4	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	-26	Moderado
			intrusión visual contaminante	-1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	1	1	-20	Irrelevante
		HIDROGEOLOGÍA	intrusión y/o modificación de las propiedades fisicoquímica de las aguas subterráneas	-1	1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19	Irrelevante

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	Ac	EX	Mo	Pe	I	Si	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO	
INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO	ABIOTICO	GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante	
		ATMOSFERA	Emisión de sonidos contaminantes	-1	4	1	2	1	1	4	1	1	1	1	1	-27	Moderado
	SOCIO ECONOMICO	ECONOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local	-1	4	1	2	1	2	4	1	1	2	1	-29	Moderado	
CAMPAMENTO TEMPORAL	ABIOTICO	PAISAJE	Cambio en la percepción visual	-1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	-15	Irrelevante	
			intrusión visual contaminante	-1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-17	Irrelevante
		SUELO Y USO DE TIERRAS	Cambio en las propiedades fisicoquímica	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante
			cambio del uso y aprovechamiento	-1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-14	Irrelevante
		ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire	-1	4	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	-20	Irrelevante
	SOCIO ECONOMICO	ECONOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local	-1	4	1	2	1	2	4	1	1	2	2	-30	Moderado	
TRAT. Y DISP- DE RESIDUOS	ABIOTICO	ATMOSFERA	Emisión de sonidos contaminantes	-1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	-17	Irrelevante	
	SOCIO ECONOMICO	PARTICIPACION Y SOCIALIZACION	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.	-1	1	1	2	1	1	1	1	3	2	2	-19	Irrelevante	
			participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	-17	Irrelevante

Fuente: Autores

**Tabla 23: Evaluación de impacto ambiental en el Fracturamiento hidráulico**

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	AC	EX	Mo	Pe	I	SI	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO
MANO DE OBRA	ABIOTICO	PAISAJE	Cambio en la percepción visual	-1	4	4	2	4	4	8	2	4	2	2	-54	SEVERO
	SOCIO ECONOMICO	PARTICIPACION COMUNITARIA	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.	-1	2	2	4	3	2	1	4	2	3	1	-30	MODERADO
		COMPONENTE ECÓNOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local	-1	4	4	8	2	1	4	8	8	4	4	-63	SEVERO
		COMPONENTE POLITICO Y ARQUEOLÓGICO	Alteración del plan de desarrollo territorial	-1	2	2	1	2	1	1	2	4	2	2	-22	IRRELEVANTE
CAPTACIÓN DE AGUA	ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo	-1	4	3	4	2	4	8	8	4	4	8	-69	SEVERO
			calidad del suelo y subsuelo	-1	4	4	2	4	2	2	1	1	4	8	-38	MODERADO
		GEOMORFOLOGICO	estabilidad de terrenos	-1	2	4	4	2	4	8	4	4	8	4	-64	SEVERO
			Procesos erosivos	-1	2	1	4	2	4	2	2	2	4	2	-33	MODERADO
		PAISAJE	Cambio en la percepción visual	-1	1	2	4	2	2	4	4	2	2	1	-36	MODERADO
		SUELO Y USO DE TIERRAS	cambio del uso y aprovechamiento	-1	4	4	8	3	4	4	4	1	2	4	-54	SEVERO
		HIDROLOGÍA	Relevancia en la cantidad de agua captada	-1	2	4	8	4	2	8	8	4	8	4	-76	CRITICO
		GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo	-1	4	4	4	3	4	8	4	8	4	4	-67	SEVERO

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	AC	EX	Mo	Pe	I	SI	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO	
CAPTACIÓN DE AGUA	ABIOTICO	ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire	-1	4	2	8	4	4	8	4	4	6	4	-72	SEVERO	
			Emisión de sonidos contaminantes	-1	2	2	4	4	4	8	4	8	4	4	4	-64	SEVERO
	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	2	4	8	4	2	4	4	8	8	8	-68	SEVERO	
			Alteración de la flora	-1	4	2	8	4	2	8	4	8	4	2	-70	SEVERO	
	SOCIO ECONOMICO	COMPONENTE ECÓNOMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local	-1	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	-76	CRITICO	
CAPTACIÓN DE MATERIAL PROPANTE	ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo	-1	4	4	8	4	4	8	4	8	4	4	-76	CRITICO	
			calidad del suelo y subsuelo	-1	4	4	4	4	4	12	8	4	8	8	-88	CRITICO	
		GEOMORFOLOGICO	estabilidad de terrenos	-1	4	2	4	2	1	4	2	4	2	1	-38	MODERADO	
			Procesos erosivos	-1	2	4	2	1	4	2	4	2	1	4	-32	MODERADO	
		PAISAJE	Cambio en la percepción visual	-1	4	2	4	4	2	8	8	4	2	1	-59	SEVERO	
		SUELO Y USO DE TIERRAS	cambio del uso y aprovechamiento	-1	4	4	4	4	4	4	4	8	8	4	8	-64	SEVERO
		GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo	-1	4	4	8	4	4	8	8	8	4	4	-80	CRITICO	
		ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire	-1	4	2	2	1	4	12	4	2	1	2	-60	SEVERO	
			Emisión de sonidos contaminantes	-1	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	-35	MODERADO	

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	Ac	EX	Mo	Pe	I	SI	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO	
CAPTACION PROPANTE	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	4	4	4	4	4	8	8	8	4	8	-76	CRITICO	
	BIOTICO	E. TERRESTRE	Alteración de la flora	-1	4	2	4	4	8	12	4	8	8	8	-90	CRITICO	
	SOCIO-ECONÓMICO	COMPONENTE ECÓMICO Y CULTURAL	Alteración en la economía local	-1	2	4	2	4	4	2	4	8	1	2	-39	MODERADO	
AÑADIR QUIMICOS	ABIOTICO	SUELO Y USO DE TIERRAS	Cambio en las propiedades fisicoquímica	-1	4	4	8	2	4	8	8	8	4	4	-78	CRITICO	
	SOCIO-ECONÓMICO	PARTICIPACION COMUNITARIA	participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes	-1	2	1	4	2	4	2	4	8	2	1	-38	MODERADO	
		COMPONENTE ESPACIAL	servicio en la salud	-1	4	1	2	4	2	1	4	8	1	2	-33	MODERADO	
FRACTURAMIENTO HIDRAULICO	ABIOTICO	GEOLÓGICO	perdida de la capacidad agrologica del suelo	-1	4	4	4	2	1	4	2	2	4	8	-47	MODERADO	
			calidad del suelo y subsuelo	-1	4	4	4	2	4	8	8	4	2	8	-68	SEVERO	
		GEOMORFOLOGICO	estabilidad de terrenos	-1	4	4	4	2	4	8	8	4	4	4	-66	SEVERO	
			Procesos erosivos	-1	4	4	8	4	4	4	8	8	4	2	-66	SEVERO	
		PAISAJE	intrusión visual contaminante	-1	4	4	4	2	4	2	4	8	1	2	-43	MODERADO	
		SUELO Y USO DE TIERRAS	Cambio en las propiedades fisicoquímica	-1	4	2	4	8	4	4	8	4	4	2	1	-53	SEVERO
			cambio del uso y aprovechamiento	-1	4	4	8	4	2	2	4	8	4	2	-54	MODERADO	

ETAPA	MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	CA	EF	AC	EX	Mo	Pe	I	SI	Rs	Pr	Re	I.I.A.	RANGO
FRACTURAMIENTO HIDRAULICO	ABIOTICO	HIDROLOGÍA	Cambio en las propiedades fisicoquímica del agua	-1	4	4	8	4	4	8	4	4	4	8	-76	CRITICO
		GEOTECNIA	Modificación y/o destrucción del subsuelo	-1	4	4	8	4	4	4	8	8	8	2	-70	CRITICO
		ATMOSFERA	Emisión de residuos contaminantes al aire	-1	4	4	8	4	4	2	8	1	2	8	-57	SEVERO
			Emisión de sonidos contaminantes	-1	4	2	1	2	2	4	1	4	8	1	-38	MODERADO
	BIOTICO	ECOSISTEMA TERRESTRE	Alteración de la fauna	-1	4	1	2	4	4	8	4	8	8	1	-62	SEVERO
			Alteración de la flora	-1	4	2	4	4	2	12	4	8	4	4	-76	CRITICO
		ECOSISTEMA ACUATICO	Alteración de vida acuática	-1	4	4	8	4	4	8	4	4	4	8	-76	CRITICO
	SOCIO-ECONÓMICO	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	Informe de los impactos ambientales que genera a la comunidad.	-1	4	1	2	1	4	8	8	4	8	8	-66	SEVERO
			participación de la comunidad en decisiones ambientales importantes	-1	4	4	8	4	2	8	8	4	4	8	-78	CRITICO
		COMPONENTE ESPACIAL	Alteraciones de las vías de acceso	-1	4	2	8	4	2	2	4	8	1	2	-49	MODERADO
			Alteración en vivienda	-1	4	2	4	2	2	2	1	2	4	4	-35	MODERADO
		COMPONENTE POLITICO	Alteración del plan de desarrollo territorial	-1	4	2	1	4	2	8	2	4	2	4	-50	SEVERO

Fuente: Autores

## 5.5 INTERPRETACION DE RESULTADOS

### 5.5.1 Construcción de locación

Para ello se obtiene la siguiente información.

**Tabla 24: Resumen impacto de la construcción locación**

Irrelevante	14
Moderado	10
Otro	0

Fuente: Autores

**Figura 14: Distribución de los impactos en construcción locación**



Fuente: Autores

De los 24 impactos identificados, 14 se consideran irrelevantes, por lo que sus impactos al medio ambiente son mitigables de manera sencilla, no obstante, 10 son moderados, por lo que se debe tener precaución al momento de efectuar las labores, hay que tener mayor claridad en las acciones a efectuar, pero, en general, no es grave.

### 5.5.2 Perforación

A continuación, se presenta el resumen del estudio.

**Tabla 25: Resumen impactos de la perforación**

Irrelevante	22
Moderado	11
Otro	0

Fuente: Autores

**Figura 15: Distribución de los impactos en la perforación**



Fuente: Autores

Para la perforación, los problemas más serios, sería al vertimientos y captación de agua, entre las tres etapas presentes en este lugar, es la que más cantidad consume, lo que genera un posible problema de captación, hay que tener serio cuidado, no obstante, ello tiene legislación, para captar se requiere, según el decreto 1541 de 1978, en la sección 13, reglamento del uso de agua y declaración de reservas y agotamiento, en su primer artículo, reglamento de uso del uso de las aguas<sup>16</sup>

Se llega a la conclusión, de que, cumpliendo la normatividad, es muy poco probable llegar a causar impactos ambientales negativos severos o moderados.

### 5.5.3 Fracturamiento hidráulico

Para este caso solo, se tiene la siguiente información.

**Tabla 26: Resumen impactos en fracturamiento hidráulico**

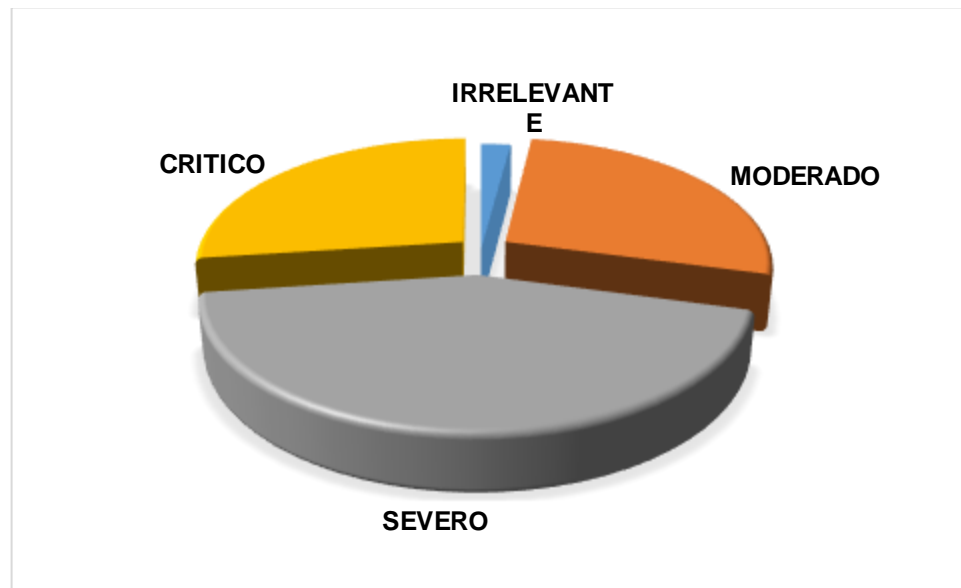
<b>Irrelevante</b>	<b>1</b>
<b>Moderado</b>	13
<b>Severo</b>	21
<b>Critico</b>	13

**Fuente:** Autores

---

<sup>16</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1076 (26, mayo, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible. p.318.

**Figura 16: Distribución de los impactos en el fracturamiento hidráulico.**



**Fuente:** Autores

Para este caso, es el más crítico, hasta el punto de haber gran posibilidad de cancelar el proyecto, al tener casi un 40% de impactos críticos, con los que se incluye contaminación de agua, posible destrucción de la vida acuática, activación de fallas, pérdidas de propiedades del suelo, migración de fluido contaminante a superficie, los cuales son prácticamente irremediables, por lo que el proyecto sería poco viable ambientalmente.

## **6. ESTUDIO SOCIOAMBIENTAL APLICADO A PROYECTOS EXTRANJEROS**

### **6.1 ESTUDIO DE IMPACTO EN ARGENTINA**

Como en cualquier industria, siempre existen costos ambientales. Algunos son manejables, otros no. En algunos casos la autoridad ambiental pública hace un buen

trabajo de controlar el comportamiento empresarial y contener la contaminación, en otros no. En algunos casos el sector privado hace un buen trabajo en la autorregulación ambiental, y en otros no. Los problemas ambientales principales causados por el fracking son relacionados con:

- Los recursos naturales empleados por la actividad (como el agua); Los recursos naturales impactados (agua, tierra, flora, fauna y aire);
- El volumen de agua utilizado;
- La contaminación hídrica;
- La contaminación climática por escape de gases;
- Fluidos utilizados y su nocividad para el ambiente y para las comunidades;
- Los ruidos generados por la actividad;
- El impacto del tránsito de la industria.

### **6.1.1 Agua**

El impacto del fracking en recursos hídricos, sea por volumen de consumo o por contaminación, es la mayor preocupación expresada por comunidades, por grupos ambientalistas y por autoridades regulatorias. Se requieren grandes cantidades de agua para la preparación, la extracción y la terminación de los pozos. Se utiliza agua en la etapa de perforación en cantidades similares a los pozos convencionales. La perforación vertical y horizontal de un pozo requiere de 400,000 litros a 4,000,000 litros de agua para los fluidos de perforación para mantener la presión hidrostática de fondo de pozo, para enfriar la cabeza de perforación, y eliminar los residuos de perforación. Según estimaciones del USDOE, en promedio, cada pozo de fracking consume unos 11,400,000 de litros de agua (3,000,000 galones) entre perforación y extracción. En términos mundanos, según fuentes oficiales en Estados Unidos, un pozo de fracking utiliza la misma cantidad de agua consumida por 11,000 familias tipo (4 personas) en un día, y llenaría a 6 piscinas olímpicas.<sup>7</sup> Además, debe considerarse que la utilización de estos volúmenes de agua se realiza en períodos muy abreviados, representando de esta manera un porcentaje significativo utilizado

intensamente en un período muy corto. En el ejemplo ofrecido por las autoridades estadounidenses, el principal consume de agua por un pozo de fracking es consumido en unos 2 a 5 días. Si se produjera la extracción de agua en un momento de sequía, o de muy bajo caudal, los impactos (particularmente el impacto acumulativo de todos los pozos realizando la actividad) podrían ser notorios. Es preciso generar mayor información sobre los tiempos de consumo de agua, por período y reserva. Otra dimensión de este debate tiene que ver con los riesgos existentes para las napas subterráneas de agua que pueden existir por encima de las reservas de gas/petróleo no convencional. Claramente la perforación de un pozo, que puede ser de varios miles de metros de largo, tanto vertical como horizontal, puede afectar la napa de agua si la atravesara. De hecho, ha habido casos donde las napas de agua han sido afectadas por problemas con las perforaciones realizadas para el fracking. Generalmente esto ha ocurrido por fallas en la calidad de los caños y cemento utilizado, o por la cercanía de las reservas a las napas. La industria argumenta que la geología naturalmente se interpone entre la reserva de gas no-convencional y las napas. Las rocas madre, en las cuencas de Argentina, generalmente se encuentran a varios miles de metros de profundidad, mientras que las napas están a apenas cientos de metros por debajo de la superficie. En teoría, las capas geológicas (sucesión de rocas de miles de metros de espesor) entre las napas y la roca madre es impermeable impidiendo que el gas alcanzado suba hasta las napas. Sin embargo, una pregunta válida que debemos considerar es ¿qué sucede con las fracturaciones realizadas en la piedra? ¿Estas podrían subir hasta las napas y contaminarlas? Otra pregunta es si no habría grietas/fracturas naturales que se formen y que liberen el gas o el petróleo a las napas. Existen técnicas como la microsísmica que permiten estimar el crecimiento de las fracturas hidráulicas, lo que a su vez nos da una pauta sobre cuán cerca será la fracturación a la ubicación de las napas en el lugar de operación. Finalmente podríamos también considerar la integridad del pozo y su revestimiento externo, y pensar que por esta superficie externa de la cañería podrían también pasar líquidos de fracking. ¿Cuán seguros son los caños y el cemento con el pasar del tiempo? ¿A 10 años? ¿A 100 años? ¿A 1,000 años? El revestimiento de cemento introducido

en el agujero de perforación - un sello de cemento entre la roca y el tubo de metal sobre toda la longitud del pozo - tiene por fin garantizar que no haya contacto entre la perforación y los acuíferos. La integridad presente y en el tiempo de esta cañería y su mantenimiento es fundamental para resguardar el recurso hídrico, y en particular a las napas de agua en la zona de actividad. Durante el proceso de fracking, si la cañería tuviera fallas, el fluido de fracking inyectado en el pozo y en la roca fracturada, puede escapar hacia las capas de aguas subterráneas a través de fracturas naturales en la roca. Por esta razón, es importante estudiar adecuadamente las fallas rocosas naturales en las áreas de exploración, y asegurar una adecuada distancia entre las fisuras y los acuíferos subterráneos, así como realizar estudios sísmicos para reducir la exposición de las aguas subterráneas a la contaminación producida por los fluidos del fracking. Un detalle importante en la determinación del riesgo implicado por actividades de fracking para los acuíferos es la distancia entre el depósito del hidrocarburo no-convencional y el acuífero. Para evaluar el riesgo de contaminación de napas, hay que tomar en cuenta la longitud de las fisuras artificialmente realizadas por detonaciones. Estas fisuras generalmente se extienden unos 100 metros de las perforaciones principales, pudiendo ser de menor o mayor longitud según la geología. En este sentido la distancia entre la grieta lograda por la fracturación y las napas de agua debe ser cuidadosamente estudiada. Mientras más cerca está la fisura de la napa, más riesgo existe de comprometer el agua de las napas.

### **6.1.2 Aire**

La actividad de fracking conlleva riesgos atmosféricos asociados con la perforación, con la extracción del gas, con la maquinaria utilizada para el proceso y por la contaminación de aire en el transporte del producto. De acuerdo con un estudio realizado por la organización "The Endocrine Disruption Exchange (TEDX)", el fracking puede generar varios problemas ambientales atmosféricos. Ciertos compuestos volátiles tóxicos como BETX, otros hidrocarburos y metano puedan escapar en algunas etapas de la fracturación hidráulica. Estos compuestos reaccionan con los óxidos de nitrógeno producidos por equipos diesel utilizados en

los procesos, formando ozono troposférico que es el ozono superficial precursor de metano. Si se inhala, el ozono troposférico puede quemar el tejido alveolar del pulmón, causando el envejecimiento prematuro y la exposición crónica a menudo conduce a la aparición del asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Si el ozono se combina con partículas en el aire, crea neblina, un fenómeno que ha demostrado ser perjudicial para la salud humana como lo demuestra el aumento de visitas a la sala de emergencia durante los períodos de elevación. El ozono troposférico además de considerarse como un contaminante del aire altamente perjudicial para la salud, es asimismo muy dañino para los cultivos. En un Evaluación Integrada sobre el ozono troposférico producido conjuntamente por científicos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de Meteorología se establece que el ozono troposférico causa disturbios en los patrones de lluvias y muertes prematuras por sus efectos en la contaminación de aire. El informe estima que la presencia de ozono troposférico es la causa de pérdidas de 52 millones de toneladas de cultivos por año, equivalente del 1 al 4 por ciento de la producción global de maíz, arroz, soja y trigo cada año. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE), el fracking puede resultar en la emisión de sustancias tóxicas incluyendo NO, compuestos orgánicos volátiles, material particulado, SO<sub>2</sub>, y metano, causando de esta manera riesgos ambientales, climáticos y respiratorios. Uno de los argumentos de la industria a favor del fracking es que la quema de gas natural es menos nociva para el ambiente (y en particular en términos de cambio climático) que otros combustibles fósiles. Si bien es cierta esta afirmación debemos distinguir entre lo que es la quema de gas natural en la utilización del producto, con la contaminación atmosférica producida en el lugar de la operación de fracking. Pues son dos cosas distintas. En cuanto a la quema de gas en el uso del producto, podemos citar al USDOE. En comparación con otros combustibles, el gas natural tiene algunos beneficios notorios.

### 6.1.3 Actividad sísmica

Durante el proceso de fracking la cañería del pozo, y la formación geológica es sometida a una fuerte presión para generar fracturas en la roca. Se utilizan detonaciones explosivas para abrir agujeros en la cañería principal, combinado con alta presurización hidráulica de los pozos. Esta metodología genera micro sismos (o micro temblores) que son mensurables con la instrumentación apropiada. Es evidente que esta estimulación explosiva y a presión hidráulica afecta a las condiciones geológicas de las formaciones cercanas al lugar de actividad. Se han establecido sensores para supervisar los impactos sísmicos del fracking y existen debates académicos de diversas posturas sobre este aspecto. Según la petrolera YPF de Argentina.

Sin embargo, en los estados de Ohio, Texas, Arkansas y otros en los Estados Unidos, numerosas afirmaciones y estudios indican que el fracking sí genera micro sismos que tienen o pueden tener impactos en las localidades donde se realiza la actividad. ¿Cuánto? Es una cuestión que aún necesita más estudios. En algunos casos, aunque no existen los estudios para comprobarlo, residentes en zonas de fracking asocian grietas en sus viviendas a las actividades de fracking. Lo cierto es que la ciencia aún no ha determinado con precisión la relación entre la actividad de fracking y la actividad sísmica registrada en los alrededores. De todas maneras, es necesario abordar este tema en lugares donde la sismología geológica lo merite.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> TAILLANT, Daniel; VALLS, Mariana; D'AGELO Eugenia, HEADEN, Candance, REOLOFF, Anna. Fracking Argentina Informe Técnico y Legal Sobre la Fracturación Hidráulica en Argentina Publicado en Córdoba Argentina: 2013. p.30-43.

## 6.2 IMPACTO AMBIENTAL EN ESTADOS UNIDOS

### 6.2.1 Agua

Para minimizar la potencial contaminación de cuerpos de agua, por los cientos de químicos encontrados en los fluidos de fracturamiento, es vital mantener la integridad de los pozos y tener sistemas de disposición apropiados para las aguas residuales del campo. En teoría, el fracturamiento hidráulico podría abrir fracturas incipientes en el subsuelo, miles de metros bajo tierra, conectando acuíferos someros con capas más profundas, lo cual proveería un conducto para que los químicos del agua del fracturamiento y las salmueras de la formación (las cuales son ricas en metales pesados y altamente contaminantes) migren arriba. En la práctica, que esto ocurra es poco probable debido a las profundidades de la mayoría de los yacimientos de shale gas (los cuales se encuentran en un rango de 1000 a 3000 metros) y debido a que los datos de microsísmica muestran que las hidrofracturas inducidas por el hombre rara vez se propagan más de 600 metros. Un escenario más factible sería si las fracturas se conectaran a una falla natural, a un pozo abandonado o hacia algún camino subterráneo, permitiendo que los fluidos migren hacia arriba. Sin embargo, existe una forma más sencilla para la contaminación de fuentes de agua subterránea, la cual es la integridad del pozo. analizaron la contaminación del agua potable de 68 casas localizadas sobre el Marcellus Shale en Pennsylvania, Estados Unidos. No se encontraron evidencia de un incremento de sales, metales o radioactividad en el agua potable de las casas en el rango de un kilómetro de los pozos de gas. Sin embargo, si se encontraron concentraciones de metano 17 veces mayores a las normales, además de altas concentraciones de etano y del isótopo  $^{13}\text{CH}_4$ , las cuales aparentemente son de fuentes termogénicas (como la de los combustibles fósiles).

En otro estudio analizó pozos de agua potable para 141 casas rurales en la misma región Marcellus en Pennsylvania, y utilizó datos extensivos de relaciones de gas y de identificación isotópica para poder dar con las causas de la alta concentración

de gas natural observada. Los resultados sugieren que, en algunas casas, residuos del gas de la formación Marcellus eran los contaminantes, mientras que en otras casas se debía a capas convencionales de gas provenientes del devoniano superior. Los investigadores concluyeron que los problemas en la cementación del pozo fueron los posibles causantes del gas metano fugado en los acuíferos someros de la zona. El efecto que tienen los aditivos químicos del fracturamiento en el agua es más controvertido. En Pavillion, Wyoming probablemente se encuentre uno de los casos más controversiales en este tema. En este lugar, los investigadores de la EPA encontraron niveles de benceno (conocido cancerígeno) en niveles 50 veces mayor a los permisibles, además de contaminantes altamente peligrosos como el tolueno y el 2-Butoxyetanol, un solvente comúnmente utilizado en fluidos de fracturamiento. A diferencia de las otras áreas de desarrollo de shale gas, esta formación se encontraba a profundidades atípicamente someras (322 metros), mientras que los pozos de agua potable se encontraban a 244 metros. Esta falta de separación entre las capas horizontales hizo que la conductividad entre estratos se viera afectada, favoreciendo la posible comunicación. Se continúa investigando en otros aspectos de la calidad del agua potable y su relación con el fracturamiento hidráulico, incluyendo el potencial para altas concentraciones de metales y otros elementos cercanos a pozos de shale gas, tomó muestras de 100 pozos de agua potable sobre el Barnett shale y documentó niveles significativamente altos de arsenico, selenio, estroncio en los pozos de agua en un radio menor a 3 km de los pozos de gas.

A pesar de las publicaciones hechas por la EPA, las comunidades locales, ambientalistas y otras entidades, no dejan de expresar y denunciar las posibles contaminaciones de las operaciones de Shale gas, alegando principalmente la contaminación del agua potable. Extraer agua superficial durante flujos bajos (cambios de estación) podría afectar los suministros de aguas municipales e industriales, así como la vida acuática. El agua que se extrae del pozo en la producción con el shale gas contiene altas concentraciones de sólidos totales disueltos, además de diversos productos químicos orgánicos e inorgánicos, metales

y materiales radiactivos naturales (Naturally Occurring Radioactive Material) o NORM por sus siglas en ingles. Esto no permite que los residuos puedan ser depositados en ningún curso de agua natural después de ser producidos, por esta razón el agua debe ser reutilizada o reinyectada, y aun así cierta cantidad significativa de agua requiere su eliminación. Algunos operadores reinyectan estas aguas en un pozo específico (usado solo para ese fin), otros los transportan a plantas de tratamientos públicos o privadas que pueden no estar equipadas para tratar este tipo de aguas, dando como resultado descarga de contaminantes a los ríos, lagos o cualquier otro donde pueden afectar el agua potable o la vida acuática. La inyección subterránea ha sido tradicionalmente la primera opción de eliminación más utilizada por las operaciones de petróleo y gas. Sin embargo, la inyección subterránea de agua producida no es factible en algunos plays de shale de gas, como el de Marcellus, donde las limitaciones geológicas evitan la inyección subterránea profunda. Como resultado, el agua producida es a veces transportada en camiones por cientos de kilómetros a las instalaciones de eliminación de residuos. Esto genera mayores impactos en las carreteras y las comunidades como consecuencia del aumento del tráfico de camiones, así como un aumento de los costos para los operadores. En otras áreas, como el Shale de Barnett alrededor de la Ciudad de Fort Worth (Dallas), se han construido tuberías para transportar el agua a algunos pozos inyectoros de eliminación, y así minimizar el impacto asociado con el transporte de camiones de agua.

### **6.2.2 Aire**

Extraer combustibles fósiles de yacimientos de baja permeabilidad es un proceso industrial que emite contaminantes al aire en cada etapa de operación. En comparación a la extracción de hidrocarburos convencionales, el gas natural proveniente de yacimientos no convencionales requiere una mayor densidad de pozos (aproximadamente 1 por cada 10 hectáreas) y una perforación más sostenida para mantener los niveles de producción debido al alto declinamiento en la

producción del pozo (Jackson et al., 2015). Las emisiones de contaminantes por energías no convencionales empiezan desde el momento que se construye el sitio para la perforación, las redes de tubería, estaciones de compresión y facilidades de superficie. La preparación en infraestructura, incluyendo el acceso a carreteras y crear un pad de pozos de 3 a 5 acres y perforar como tal, genera emisiones de dióxido de carbono, material particulado y nitratos, a partir de los motores diésel de los equipos. Las emisiones en las operaciones de shale gas son muy similares a las operaciones convencionales de gas natural. Una vez que un pozo está produciendo, se pueden presentar emisiones fugaces en compresores, bombas o conexiones en tuberías de transporte, asimismo también se presenta emisiones al aire desde el fluido de fracturamiento almacenado en las piscinas. Estas fugas pueden ser minimizadas a través de inspecciones periódicas de las válvulas, conectores y líneas abiertas con las tecnologías de detección, y además de las mejores prácticas de manejo oBMPs por sus siglas en inglés (Best Management Practices) que son diversas prácticas para proteger los suministros de agua, preservar la calidad del agua y asegurar que los residuos de perforación y producción sean desechados correctamente con la finalidad de cumplir con la reglamentación del aire limpio (Act Clean Air) dictadas por la jurisdicción federal, estatal y local (Arthur, 2010) Un estudio de contaminación del aire realizado en Fort Worth, Texas, publicado en febrero de 2011, detectó numerosos compuestos orgánicos volátiles y otras sustancias tóxicas en el aire alrededor de muchos pozos de shale gas de la región. La comunidad de Fort Worth comenzó a preocuparse por las peticiones de la industria para que les permitieran perforar a menos de 1200 pies de distancia de las escuelas locales. Debido a esto, la comunidad pidió a expertos independientes estudiar cómo la contaminación viajaría por el aire y así determinar los riesgos de los pozos a las escuelas. En la universidad de Texas en Arlington, un profesor de ingeniería ambiental y otros expertos corrieron modelos de computadora para estudiar esto. Los modelos mostraron que dentro de una milla en dos sitios donde se realizó la prueba, el disulfuro de carbono (un neurotóxico) estaba presente en cantidades mayores en un muy corto tiempo para lo que es considerado aceptable para la salud. Con base a este estudio la comunidad concluyó que “los niveles

medidos de disulfuro de carbono eran significativamente superiores para los límites regulados y recomendados a los que un trabajador puede exponerse a corto tiempo. El reporte explica lo que puede causar a una persona si se expone más tiempo del indicado en esa concentración, "cambios en la respiración, dolor de pecho, dolor muscular, debilidad, pérdida de sensación en las manos o pies, problemas en los ojos, ampollas en la piel, fatiga crónica, pérdida de memoria, cambios de personalidad, irritabilidad, mareos, anorexia, pérdida de peso, psicosis, polineuropatía. El daño de los riñones y el hígado, dermatitis, deterioro mental, enfermedad de parkinson y demencia ", por lo que sugerían que los sitios de perforación estuvieran a por lo menos una milla de todas las escuelas.

### **6.2.3 Actividad sísmica**

La sismicidad inducida asociada a fracturamientos hidráulicos de altos volúmenes ha recibido una atención considerable en los Estados Unidos. Es necesario examinar la evidencia por sismicidad inducida en dos etapas de la extracción del recurso: fracturamiento hidráulico, el cual raramente induce terremotos lo suficientemente grandes para ser sentidos por las personas en la superficie, e inyección de aguas residuales, la cual causa terremotos con una energía mucho mayor. El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos provee una revisión de sismicidad inducida debido a extracción energética en general. La reactivación de fallas a partir del fracturamiento hidráulico, disposición de aguas residuales u otros procesos subterráneos, ocurre a partir de un incremento en la presión de poro de las rocas, consecuentemente, existe una reducción del esfuerzo efectivo en una zona de falla. El nuevo incremento en presión permite que la energía elástica almacenada en la roca sea liberada más fácilmente, tal y como remover el peso de una caja hace que sea más fácil deslizarla en el piso. Inyectar líquidos para fractura, o disponer de aguas residuales en el fondo, podría intersectar una zona de falla de manera directa, o transmitir un pulso de presión el cual reduzca el esfuerzo efectivo en la falla. La sismicidad atribuida al fracturamiento hidráulico ha sido

documentada solo en un puñado de casos, y en ninguno de estos eventos sísmicos se ha registrado una magnitud mayor a 4.0 Mw. En el 2011, el fracturamiento hidráulico indujo temblores de entre los 2.3 y los 2.8 Mw en el campo Eola en Oklahoma, USA. En algunos casos, las fallas son un objetivo del fracturamiento hidráulico debido a que los planos de falla son asociados frecuentemente con caminos de flujo altamente permeables. Sin embargo, el número de reportes de sismicidad inducida debido al fracturamiento hidráulico es bajo en comparación con otros agentes humanos.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> CONTRERAS, Krupscaya. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EXTRACCIÓN DE GAS POR MÉTODOS NO CONVENCIONALES - SHALE PLAYS EN ESTADOS UNIDOS: 2015. p.41-47.

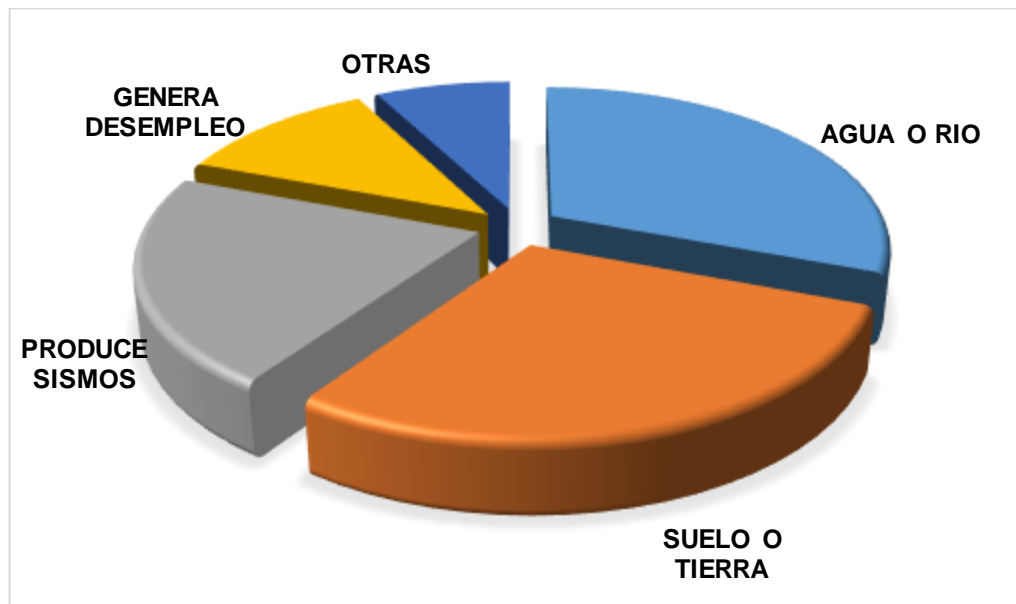
## 7. ENCUESTA DE PERCEPCIÓN

La encuesta realizada a los habitantes del municipio San Martín, vereda Cuatro Bocas y caserío Morrison, del departamento del Cesar. Desarrollada con el fin de obtener información sobre la percepción que podría causar el fracturamiento hidráulico de lutitas (Fracking) en la zona y anexar dicha información para el trabajo de grado del presente proyecto.

### 7.1 DATOS EN LA RECOPIACION DE LA ENCUESTA

#### 7.1.1 Percepción de impactos que la población supone dejara el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking)

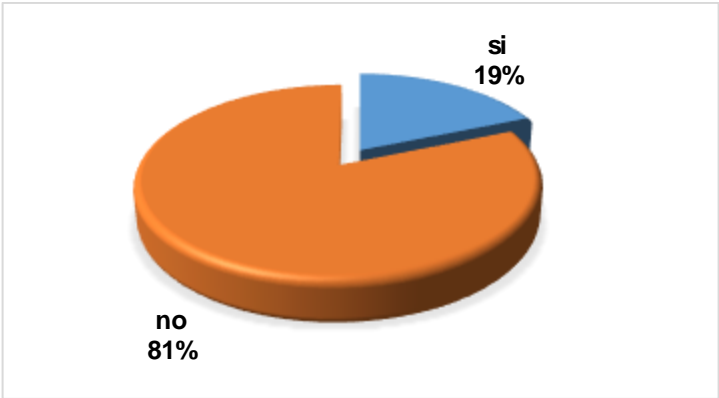
figura 17: Percepción de impactos por el fracking



Fuente: Autores

**7.1.2 Conocimientos en temas como proceso de fracturamiento, químicos o aditivos a usar y/o cantidad de agua a usar**

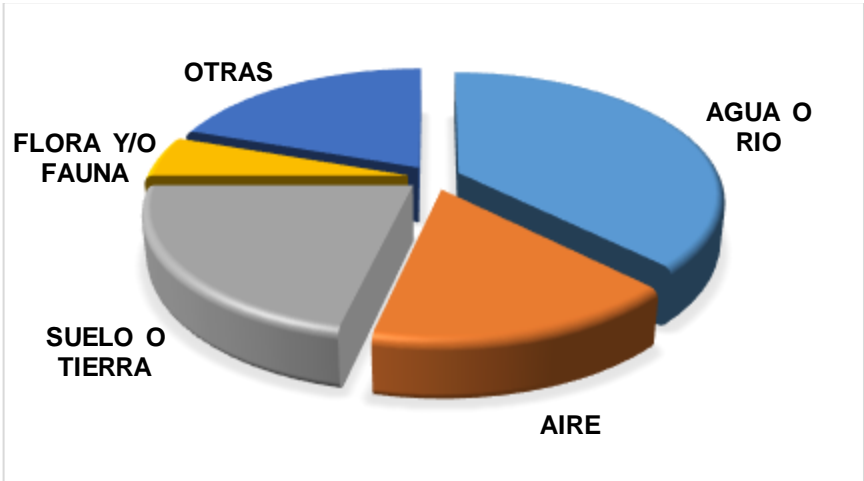
**figura 18: Conocimiento sobre el fracturamiento hidráulico**



**Fuente:** Autores

**7.1.3 Afectación, de alguna índole, en la exploración y explotación de crudo que se efectúa en la zona**

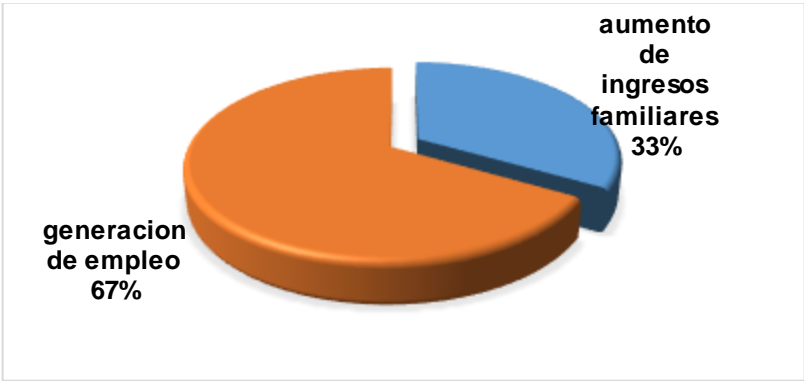
**figura 19: Afectación de procesos convencionales.**



**Fuente:** Autores

**7.1.4 conocimiento de la resolución 90341 del 2014**

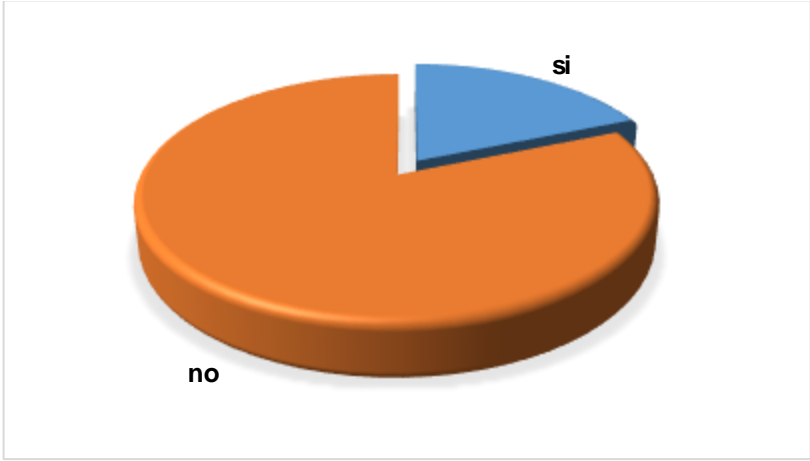
**figura 20: conocimiento de la resolución 90341 de 2014**



**Fuente:** Autores

**7.1.5 Está de acuerdo con el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking)**

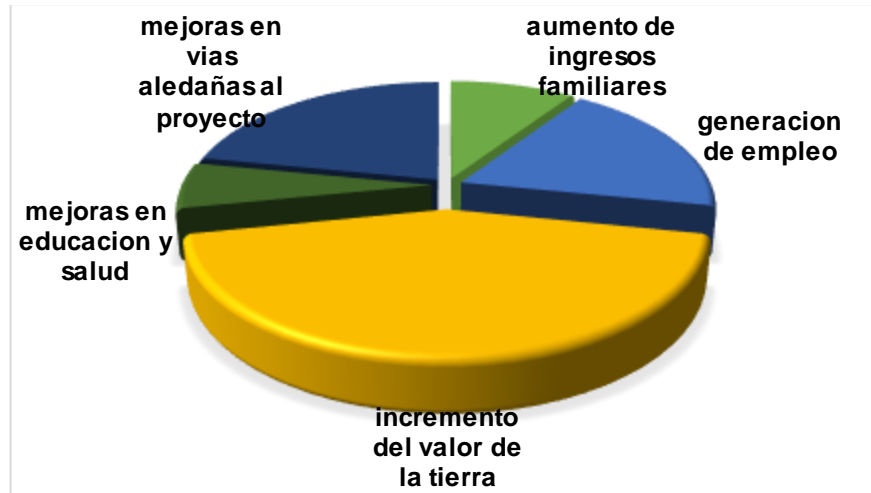
**figura 21: Acuerdo sobre el fracturamiento hidráulico**



**Fuente:** Autores

### 7.1.6 Efectos positivos por el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking)

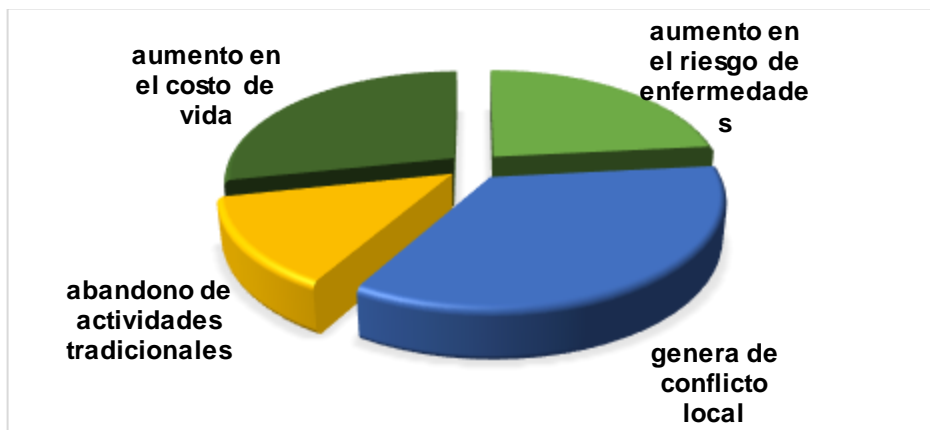
figura 22: aspectos positivos en el fracking



Fuente: Autores

### 7.1.7 Aspectos más afectados por el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking)

figura 23 Aspectos críticos por el fracking



Fuente: Autores

## 7.2 ANALISIS DE RESULTADOS

1. La mayoría de los habitantes de la vereda Cuatro Bocas consideran que el fracturamiento afecta a todos los criterios mencionados, siendo el más afectado las aguas, por su contacto con sustancias químicas, en segundo lugar, les preocupa el origen de sismos, todo esto bajo el criterio de estudios ambientales de otros países que han recibido a través de conferencistas nacionales e internacionales.

Las aguas subterráneas es un tema muy importante para tener en cuenta, en varias viviendas se contaba con pozos de agua perforados en el rango de los 10 a 30 metros, la vereda se abastece por un pozo que esta perforado a 90 metros, esto nos deja claro que esta zona es rica en recurso hídrico subterráneo y es necesario con tarde con un mapa hidrológico que nos permita mejores prácticas.

2. Más del 65% de la población tiene conocimientos básicos de lo que es el proceso y las cantidades de agua que se usan normalmente, admiten saber del uso de químicos, pero no conocen en detalle que químicos son los usados, el restante 35% son ajenos a las charlas y socializaciones realizadas por Conoco Phillips y entidades ambientales.
3. Cuatro Bocas y sus zonas aledañas son zonas potencialmente petroleras, donde el desarrollo lleva un recorrido aproximado de 50 años, el proceso convencional que evidencia ya impactos, es declarado por la comunidad que el agua es el mayor afectado ya que evidencian quebradas y ríos contaminados, aire por malos olores que deja el vertimiento de aguas residuales sobre las vías afectando las viviendas próximas a las vías, entre otros problemas que consideran consecuencia de la actual exploración están las peleas internas debidas a la lucha por un puesto de trabajo y el

aspecto salud que se ve afectado por malos olores y consumo de aguas contaminadas.

4. la norma 90341 del 2014 es la última norma expedida y es la que rige lo referente a el uso de métodos no convencionales para la extracción de hidrocarburos, dicha norma no es conocida por los habitantes, algunos dijeron que, si debería haber alguna normatividad, pero no conocen que tan rigurosa o permisiva es, y si se ajusta a las necesidades colombianas.
5. Aproximadamente El 81% de la población no está de acuerdo con el fracturamiento hidráulico, consideran que esta técnica en definitiva haría de su vereda un lugar casi que desértico, pasarían de gozar de alimentos y agua potable a tener que traer de otros lugares su comida y agua, temen el hecho de que animales y cultivos sean contaminados con los químicos usados y esto equivalga a que no puedan comercializar sus productos.

El 19% de la población que estaría de acuerdo considera que podría existir un balance entre la comunidad y el proyecto si se les incluyera de la forma en que debería ser, cuatro bocas es una vereda que a pesar de estar a poca distancia de un pozo productor de gas no cuenta con gas domiciliario, no posee acueducto ni alcantarillado, las carreteras son trochas y posee puentes que se inundan con el crecimiento de las quebradas en épocas de lluvia, otro aspecto que consideran es la infraestructura, no cuentan con espacios deportivos, inspección de policía , el puesto de salud a pesar de contar con buenas instalaciones carece de personal profesional, y finalmente la principal condición es el sistema de contratación ya que no quieren esperar un turno de trabajo de 28 días que llega cada 5 o más años.

6. En este punto la gente Mosteo por una parte su negativa a aceptar que fuera posible que las empresas u entidades gubernamentales que han visitado la zona hablen con total transparencia del proceso, pero en caso dado

quisieran conocer en detalle el uso de los químicos y un detallado informe de los efectos que tendrían esto si llegasen a entrar en contacto con el agua y posteriormente a los animales, alimentos y seres humanos.

7. La mayoría de la población ya no es creyente de las promesas que trae consigo la industria petrolera, no es fácil lograr convencer a la ciudadanía de algo que no han visto durante 50 años, en el aspecto de los ingresos familiares aseguran que tienen acceso a 28 días de trabajo y no más, la generación de empleo se da pero de manera limitada y esporádica, criterios importantes como la salud y la educación no tienen real afectación positiva, debido a que no pasan de ser edificios sin personal calificado, y en la parte de las vías no se ven las obras y las pocas que hay los mismos carro tanques han desgastado al punto de prácticamente no contar con pavimento en la zona.
8. En la vereda existe una creciente problemática en el ámbito social, existe una rivalidad con los ciudadanos del casco urbano de San Martín, pues asegura estos son quienes están más al alcance de las oportunidades laborales, aseguran se creó una plataforma a la cual ellos desde sus fincas o sus hogares donde no hay el medio no pueden acceder por tal razón se sienten en desventaja, en este mismo aspecto hay una rivalidad más que se desarrolla internamente en la vereda por la división entre quienes están a favor y quienes están en contra apoyando las protestas y los paros, el riesgo de enfermedades les preocupa bastante por la posible mayor contaminación del agua, el tercer aspecto que les preocupa es el costo de vida, este sin lugar a duda crecería al iniciarse este proyecto.

## CONCLUSIONES

- Según la resolución 90341 de 2014, para efectuar el proceso de fracturamiento hidráulico, se requiere seguir unos procesos específicos, tanto en superficie como en el yacimiento, se requiere como mínimo averiguar el radio de fractura, con un programa de simulación, y con base a ello se puede fracturar a mínimo 1 km de una falla activa y por lo menos 3 veces el radio de fractura de un acuífero o pozo de agua apta para el consumo, también se debe tener claro, que según el decreto 631 del 2015, no se puede verter agua al suelo o cuerpo hídrico sin que cumpla unos estándares mínimos de seguridad, además, para el proceso de captar agua, según el decreto 3930 de 2010, no se puede obtener agua a menos que su uso no afecte a la zona de influencia. Es también muy claro que, como todo proceso de extracción de hidrocarburos, puede estar sujeto a suspensión, si no cumple con la normatividad vigente.
- El análisis de ciclo de vida (ACV) tiene un proceso en donde se puede analizar el impacto que genera cada acción, pero tiene falencia en cuanto a impactos sociales, es un proceso muy útil en cuanto a lo ambiental. Según la recopilación de datos en cuanto a la percepción, incumple, en primera instancia al impacto social y económico del estudio, pero es de tener presente que es percepción, no realidad, por lo que no se puede desvalorizar de todo el método del todo. Según la percepción, se puede generar una gran desconfianza, no exactamente al método, sino al hecho de no obtener las garantías que el proceso se realice de manera correcta y precisa, un hecho justificable. Si se realiza los procesos adecuados, los impactos ambientales se pueden reducir el riesgo de un impacto ambiental.
- Como pudimos observar en la figura 9. “Geología e Hidrología del bloque VMM3”, esta zona contenida en este bloque se caracteriza por ser Llanuras de Inundación (Qfal) y Depósitos de Abanicos y Terrazas Aluviales, lo cual

evidencia que es una zona rica en fuentes hídricas como ciénagas, caños y quebradas, destacando la Ciénaga Pita, Ciénaga Estopos, Caño Papay y caño Jiménez que se encuentran próximos al Pozo Picoplata-1, en el mapa geológico observamos que esta zona posee la secuencia de formaciones geológicas N1R - E3N1c - E3M - K2U - K21 - K1s, siendo de interés para el proyecto la formación Simití (K1s) y la formación la Luna (k21) que se encuentran a profundidades comprendidas entre los 1000 y 3000 pies, la presencia de fallas es evidente según el mapa geológico, predominando los lineamientos fotogeológicos y la falla de rumbo inferida Cañabral la cual se encuentra a 2,5 km del pozo Picoplata-1, bajo estos criterios necesitamos establecer estudios geológicos a profundidad que nos permitan hacer que la técnica sea un poco más viable.

- En cuanto a las aguas subterráneas según el convenio 097-2003-06-2007 del 2009 hace referencia a la presencia de aguas subterráneas indica que en el área de San Martín existen más de 100 pozos de agua potable con profundidades que van desde los 3 hasta los 120 metros de profundidad, según Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla) en el Sector del Bloque Astrea-San Alberto; Litológicamente constituido por limos, arcillas, gravas y arenas posee acuíferos libres, con calidad del agua Dulce, Bicarbonatada cálcico magnésica a excepción del área de Saloa-Las Vegas Zapatosa donde tiene problemas por pH y valores altos de Mn. Lo cual indica que en la zona se cuenta con suministro de agua pero esto puede ser también un inconveniente ya que se debe tener cuidado con estas grandes masas de agua lo cual conseguimos haciendo correcto uso de la normatividad vigente.
- Hay gran preocupación en la población de San Martín, Cesar, cuatro bocas y corregimientos aledaños, por el impacto que podría generar el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking), por sus posibles consecuencias las cuales han sido evidenciadas en otras partes del mundo donde se practica el método con las mejores tecnologías y con más información recopilada de la zona de interés,

lo cual nos permite establecer que bajo las condiciones actuales podríamos decir que probablemente Colombia no está totalmente preparada para adoptar el método, pero podemos encaminar la industria a que sea cada vez más viable si nos acogemos de forma estricta a la normatividad existente que permita buenas prácticas, monitores constantes de todas las variables que anuncien la presencia de impactos ambientales y la puesta en práctica de la ética profesional por parte de los dirigentes de estos proyectos.

## RECOMENDACIONES

- Para hacer un estudio geológico más profundo sería bueno contar con la realización de un mapa de aguas subterráneas donde se pueda evidenciar claramente su distribución, profundidades y espesores, para así poder establecer zonas de alto riesgo donde debería considerarse metodologías específicas para aplicar el proyecto.
- Se recomienda que desde la academia se propongan mecanismos que eduquen y evalúen tanto a las comunidades como a los mismos dirigentes ya que más que falta de normatividad vemos un mal uso de la misma y un exceso de acontecimientos fraudulentos que no permiten un correcto desarrollo de la Industria Petrolera.
- Proponer sistemas de contratación y de capacitación a los habitantes de las zonas aledañas a los proyectos a desarrollar, dicho sistema debería contener una forma de generar trabajos estables que den seguridad a la comunidad y rompan con la negatividad de las personas ante proyectos que podrían llevarse a cabo bajo buenas prácticas regidos a la norma.

## BIBLIOGRAFÍA


- AREVALO, Omar. SUAREZ, Paola. (2015). EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR RACTURAMIENTO HIDRAULICO EN COLOMBIA.
- Arlete, Guzman. (2013). ANÁLISIS DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LOS SISTEMAS ÁCIDOS UTILIZADOS EN OPERACIONES DE FRACTURAMIENTO EN LOS CAMPOS DEL ATG.
- ARMENTA, Jorge. CERVANTES, Hugo. (2009). EVALUACION DEL POTENCIAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS MUNICIPIOS DE CURUMANI, PAILITAS, TAMALAMEQUE, PELAYA, LA GLORIA, GAMARRA, AGUACHICA, RIO DE ORO, SAN MARTIN Y SAN ALBERTO DEPARTAMENTO DEL CESAR.
- Asociación Colombiana de Petróleos. (2014). LOS YACIMIENTOS NO CONVECIONALES Y SU IMPORTANCIA PARA COLOMBIA (Bogotá).
- Bogota, Colombia. (2013). Instructivo, Diligenciamiento de la Matriz de Identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales. Subdirección de Políticas y Planes Ambientales.
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1594 de 1984. por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 3004, 26 de Diciembre de 2013. Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Resolución 90341, 27 de Marzo de 2014. Por la cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
- COMBARIZA, Marianny. (2015). Analisis del impacto ambiental generado por la extracción de gas por métodos no convecionales. Shale play en Estado Unidos.
- Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (2013). GESTIÓN DEL AGUA EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RESERVORIOS NO

## CONVENCIONALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CUENCA NEUQUINA

- Contreras, Krupscaya. (2015). ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EXTRACCIÓN DE GAS POR MÉTODOS NO CONVECIONALES – SHALE PLAYES EN ESTADOS UNIDOS.
- NTC-ISO 14040. (2006). GESTIÓN AMBIENTAL. ANALISIS DE CLICLO DE VIDA. PRINCIPIOS Y MARCO DE REFERENCIA.
- PEMEX. (2012). Guía de diseño para fracturamiento hidráulico.
- ROBLES, Jorge. (2008). Curso de fracturas, introducción teórica.
- San Martin, Cesar, Colombia. (2017). ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE SAN MARTIN, CESAR.
- TAILLANT, Daniel. VALLS, Mariana. D´AGELO, Eugenia. READEN, Candance. REOLOFF, Anna. (2013). Fracking Argentina Informe Técnico y Legal Sobre la Fracturación Hidráulica en Argentina Publicado en Córdoba Argentina.
- *VALDÉS, Claudia. (2011). El Fracking: Impactos ambientales y socioeconómicos.*
- *VANEGAS, Oscar. (indefinido). VERDADES SOBRE EL FRACKING.*
- *VARDE, Oscar. JÁUREGUI, Luis. MARIN, Isidoro. SCWARD, Ricardo. (2013). ASPECTOS AMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS DEYACIMIENTOS NO CONVENCIONALES.*

## ANEXOS

### Anexo. 1 Carta de presentación como tesista

  
Universidad  
Industrial de  
Santander


Bucaramanga, abril 5 de 2017

**A QUIEN PUEDA INTERESAR**


Atentamente presento a los estudiantes de décimo semestre de la carrera de Ingeniería de Petróleos LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ identificado con cédula de ciudadanía número 1.096.224.529 de Barrancabermeja-Santander, código y JHON MICHAEL ANTONY FLOREZ ROA, identificado con cédula de ciudadanía número 1.096.231.248 de Barrancabermeja Santander. Los mencionados estudiantes se encuentran en el desarrollo del proyecto de grado titulado: "Problemáticas Socio-Ambientales Debido al Impacto que Podría Generar el Uso del Fracking en San Martín, Cesar", para obtener el Título de Ingenieros de Petróleos, por lo que amablemente les solicito de su apoyo y colaboración para que puedan acceder a la información requerida para avanzar su trabajo de grado.

Agradezco la atención a la presente solicitud.

Cordialmente,



**NICOLAS SANTOS SANTOS**  
Director  
Escuela de Ingeniería de Petróleos UIS

  
Ciudad Universitaria, Carrera 27 - Calle 9  
Apartado Aéreo 678 PBX: (7) 6344000  
Bucaramanga, Colombia. [www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)

## Anexo. 2: Solicitud de permiso para realizar encuesta

San Martín Cesar, 20 de abril de 2017

Señores  
ALCALDÍA MUNICIPAL  
San Martín, Cesar

**ALCALDÍA MUNICIPAL DE SAN MARTÍN CESAR**  
ADMINISTRACIÓN CENTRAL  
ARCHIVO CENTRAL  
RADICADO: 02396  
FECHA: 20-04-17  
RECIBIDO: [Firma] 2:20pm

Cordial saludo

Por medio de la presente, solicitamos ante ustedes el permiso para realizar una **ENCUESTA DE PERCEPCIÓN** a los habitantes del casco urbano de la ciudad de San Martín Cesar y en la vereda Cuatro Bocas, para el desarrollo del proyecto de investigación como parte de nuestro trabajo de grado titulado " **PROBLEMÁTICAS SOCIO-AMBIENTALES DEBIDO AL IMPACTO QUE PODRÍA GENERAR EL USO DE FRACTURAMIENTO HIDRAULICO DE LUTITAS EN SAN MARTÍN, CESAR**".

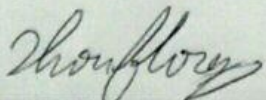
Somos estudiante de la U NIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, del programa académico INGENIERÍA DE PETRÓLEOS, identificados como:

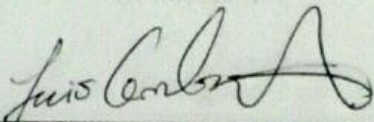
JHON MICHAEL ANTONY FLOREZ ROA  
CC: 1'096.231.248 Barrancabermeja (Santander)  
Código institucional: 2123736  
Correo electrónico : [jhonmichael3118@gmail.com](mailto:jhonmichael3118@gmail.com)

LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ  
CC: 1'096.224.529 Barrancabermeja (Santander)  
Código institucional: 2123586  
Correo electrónico : [luis.eduardo.gonzalezf.alvarez@gmail.com](mailto:luis.eduardo.gonzalezf.alvarez@gmail.com)

Anexo 1: Carta de presentación como tesis UIS  
Anexo 2: Encuesta a realizar

Agradecemos la colaboración prestada

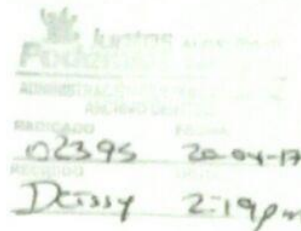
  
\_\_\_\_\_  
JHON MICHAEL ANTONY FLOREZ ROA

  
\_\_\_\_\_  
LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ

### Anexo. 3: Solicitud POT San Martin, Cesa año 2017

San Martin Cesar, 20 de abril de 2017

Señores  
SECRETARÍA DE PLANEACIÓN  
San Martín, Cesar



Cordial saludo

Por medio de la presente, solicitamos ante ustedes el permiso para acceder a su base de datos con el fin de manejar la información necesaria referente al plan de ordenamiento territorial y aspectos ambientales del municipio, para el desarrollo del proyecto de investigación como parte de nuestro trabajo de grado titulado " **PROBLEMÁTICAS SOCIO-AMBIENTALES DEBIDO AL IMPACTO QUE PODRÍA GENERAR EL USO DE FRACTURAMIENTO HIDRAULICO DE LUTITAS EN SAN MARTÍN, CESAR**".

Somos estudiante de la U NIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, del programa académico INGENIERÍA DE PETRÓLEOS, identificados como:

JHON MICHAEL ANTONY FLOREZ ROA  
CC: 1'096.231.248 Barrancabermeja (Santander)  
Código institucional: 2123736  
Correo electrónico : [johnmichael3118@gmail.com](mailto:johnmichael3118@gmail.com)

LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ  
CC: 1'096.224.529 Barrancabermeja (Santander)  
Código institucional: 2123586  
Correo electrónico : [luis.eduardo.gonzalezalvarez@gmail.com](mailto:luis.eduardo.gonzalezalvarez@gmail.com)

Anexo 1: Carta de presentación como tesis UIS




Agradecemos la colaboración prestada

JHON MICHAEL ANTONY FLOREZ ROA

LUIS EDUARDO GONZALEZ ALVAREZ

## Anexo. 4: Encuesta

*Cooperio Morimón y Vereda y bonif.*

ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO SAN MARTIN. DEPARTAMENTO DE CAESAR. DESARROLLADA CON EL FIN DE OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LA PERCEPCIÓN QUE PODRÍA CAUSAR EL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO DE LUTITAS (FRACKING) EN LA ZONA Y ANEXAR DICHA INFORMACIÓN PARA EL TRABAJO DE UN PROYECTO DE GRADO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

**ENCUESTA DE PERCEPCION SOBRE EL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO (FRACKING).**

NOMBRE	andres lara
CORREO O TELEFONO	
TIEMPO DE RESODENCIA	21

Marque con una X la respuesta que considere.

1. ¿considera que el fracturamiento hidráulico (fracking) es dañino para el ambiente, en que aspecto

Afecta Agua y/o ríos.	<input checked="" type="checkbox"/>
Suelo o tierras	<input checked="" type="checkbox"/>
Produce sismos	<input checked="" type="checkbox"/>
Genera desempleo	<input type="checkbox"/>
Otro, especificar.	<input type="checkbox"/>

2. Tiene usted conocimiento de los temas relacionados al fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking).

SI

Proceso de fracturamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
Químicos o aditivos asar	<input type="checkbox"/>
Cantidad de agua a usar	<input type="checkbox"/>

NO

3. Ha sentido afectación, de alguna índole, por el proceso de exploración y explotación de crudo que se viene efectuando en la zona, cuales:

Agua.	<input checked="" type="checkbox"/>
Aire.	<input checked="" type="checkbox"/>
Suelo o tierras	<input checked="" type="checkbox"/>
Flora y/o fauna	<input type="checkbox"/>
otros	<input type="checkbox"/>



4. Sabe si Colombia tiene normatividad o legislación relacionada al uso del fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking), como es el decreto 90341 del 2014.

SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input checked="" type="checkbox"/>

5. ¿Está de acuerdo con el fracturamiento hidráulico, bajo qué condiciones estaría de acuerdo?

SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input checked="" type="checkbox"/>

¿POR QUÉ?

produce muchas contaminaciones ambientales en las cuales nos afecta en la vida cotidiana

6. ¿Qué información quisiera saber sobre el fracturamiento hidráulico de lutitas (fracking)?

Por que lo hacen sabiendo ellos que nos causa un gran potencial de afectación a las vidas humanas, seres vivos y naturaleza.

7. ¿De qué forma considera usted que se podría verse afectado positivamente con el desarrollo del Fracturamiento Hidráulico?

Aumento de los ingresos familiares	<input checked="" type="checkbox"/>
Generación de empleo	<input checked="" type="checkbox"/>
Incremento en el valor de la tierra	<input checked="" type="checkbox"/>
Mejoras en educación y salud	<input type="checkbox"/>
Mejoras en las vías aledañas al proyecto	<input type="checkbox"/>

8. ¿Cuál o cuáles de estos aspectos considera tendrá mayor impacto negativo con la implementación del Fracturamiento Hidráulico?

Aumento en el riesgo de enfermedades	<input type="checkbox"/>
Generación de conflictos locales comunitarios	<input checked="" type="checkbox"/>
Abandono de actividades tradicionales	<input checked="" type="checkbox"/>
Mejoras en educación y salud	<input type="checkbox"/>
Aumento del costo de vida	<input checked="" type="checkbox"/>

**Anexo. 5 Registro fotográfico Vereda Cuatro Bocas**



**Espacio deportivo**



**Escuela**



**Centro de Salud**



**Iglesia**



**Vía Ferroviaria**



**Potrerros Ganaderos**



**Pozo subterráneo central (90 mts)**