

**EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA SOCIO-AMBIENTAL GENERADA POR  
LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA REGIÓN DEL CARARE Y  
PUERTO BOYACÁ**

**JHONN FREDY GONZÁLEZ AMADO**

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

**2016**

**EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA SOCIO-AMBIENTAL GENERADA POR  
LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA REGION DEL CARARE Y  
PUERTO BOYACÁ**

**JHONN FREDY GONZÁLEZ AMADO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero  
de Petróleos**

**Director del proyecto**

**OSCAR VANEGAS ANGARITA**

**Esp. Docencia universitaria**

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

**2016**

## DEDICATORIA

*A mi madre, que ha sido uno de mis motores para salir adelante, ha estado de corazón y de la manera más incondicional en todo momento conmigo.*

*A mi padre, que, aunque ya se encuentra ausente en mi vida; sé que desde donde se encuentre en algún lugar del universo va estar muy orgulloso de mi.*

*A mis hijos, que fueron mi principal incentivo para este gran paso de superación en mi vida, ellos que indirectamente fueron el motor principal para iniciar este proyecto y que espero verlos crecer y seguir mis pasos en un futuro,  
**Es para ellos este nuevo logro.***

*A mis hermanos, que de alguna manera en algún momento de este proceso aportaron su granito de arena para bien.*

*Al resto de mi familia, abuelos, tíos y primos que me apoyaron incondicionalmente sin esperar nada a cambio, solo el resultado positivo de este gran paso de mi vida. Gracias, muchas gracias por el apoyo que de alguna manera recibí de ellos.*

***Jhonn Fredy González Amado***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, a los ingenieros y docentes; que compartieron sus conocimientos, profesionalismo y su tiempo enseñándome sus conceptos claros del campo de la ciencia y excelente calidad humana.

A mis amigos, a mis compañeros de mi carrera, gracias por permitirme compartir con ellos.

A los ingenieros, KATHY MARGARITA DAZA BROCHERO y HARVING DIAZ CONSUEGRA, por su aporte y valiosa colaboración para este proyecto.

Al ingeniero OSCAR VANEGAS ANGARITA por la oportunidad y confianza para realizar este proyecto.

A las comunidades de la región del Carare y puerto Boyacá con quienes compartí información para realizar este proyecto.

Solo me queda decirles gracias, muchas gracias y mil gracias a todos los que de alguna manera han contribuido en mi formación para lograr culminar este proceso formativo, los llevo en mi corazón.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	20
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	22
1.1 TÍTULO	22
1.2 AUTOR	22
1.3 DIRECTOR	22
1.4 ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO	22
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivo General	23
1.5.2 Objetivos Específicos	23
1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	24
1.7 ALCANCE DEL PROYECTO	24
2. MARCO TEORICO	26
2.1 REGIÓN DEL CARARE	26
2.2 REGIÓN DE PUERTO BOYACÁ	27
2.3 CUENCA DEL VALLE DEL MAGDALENA MEDIO (VMM)	29
2.4 IMPACTOS SOCIALES	31
2.5 IMPACTOS AMBIENTALES	31
2.6 EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS	32
2.6.1 Exploración Sísmica:	33

2.6.2 Planificación integral de la exploración sísmica:	34
2.6.3 Fase Pre Operativa:	34
2.6.4 Operación en Campo:	34
2.6.5 Desmantelamiento y Restauración:	35
2.7 TIPOS DE SÍSMICA	35
2.7.1 Descripción Método de Prospección Sísmica	37
2.8 PERFORACIÓN DE POZOS	39
2.8.1 Pozo Exploratorio	39
2.8.2 Pozos Productores	40
2.8.3 Pozos De Desarrollo	40
2.8.4 Pozo de Avanzada	40
2.9 COMPLETAMIENTO DE POZOS	41
2.10 PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS	41
2.11 FACILIDADES DE SUPERFICIE	42
2.12 LA EXPLORACIÓN PETROLERA	42
2.13 LA PRODUCCIÓN PETROLERA	43
2.14 TRASPORTE DE HIDROCARBUROS	43
2.14.1 Principales medios de transporte de crudo	45
2.14.2 Oleoductos	45
2.14.3 Características de los oleoductos	46
2.14.4 Flujo de fluidos por tuberías	48
2.14.5 Mantenimiento.	48
2.15 REFINERÍAS Y COMERCIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS	50

2.16 HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES	51
2.16.1 Petróleo no convencional.	51
2.16.2 Arenas Petrolíferas (Oil Sands O Tarsands).	52
2.16.3 Petróleos Extra pesados (Bitumen).	52
2.16.4 Petróleo de esquistos, lutitas o pizarras bituminosas (shaleoil) o más genéricamente petróleo ligero de formaciones compactas (light tighoil).	52
2.16.5 Petróleo de formaciones compactas (Tightoil).	52
2.16.6 Gas No Convencional.	52
2.16.7 Gas de Esquisto (Shale Gas).	53
2.16.8 Gas de Arenisca de Baja Permeabilidad (Tight Gas).	53
2.16.9 Metano en capas de carbón gas grisú (coalbed methane).	53
2.16.10 Gas En Hidratos (Gas Hydrate).	53
2.17 FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	54
2.17.1 Perforación Horizontal	55
2.17.2 Fluidos De Fracturamiento.	56
2.17.3 Descripción general del proceso de fracturamiento hidráulico.	57
2.17.4 Equipamiento Común en el Fracturamiento Hidráulico.	61
2.17.5 Mezclador o Blender.	61
2.17.6 Bomba para fracturar o Frac Pump.	61
2.17.7 Tanque de almacenamiento de fluidos.	61
2.17.8 Impactos asociados a la fractura hidráulica	61
2.17.9 Riesgos Potenciales de Contaminación	62
2.17.10 Impacto Potencial en los recursos de agua potable.	65

2.17.11 Opciones para la deposición del agua de desecho.	72
2.17.12 Inyección subterránea	72
2.17.13 Piscinas	74
2.17.14 Tratamiento del Agua.	75
2.17.15 Proceso de tratamiento del agua en plantas públicas.	75
2.17.16 Proceso de tratamiento en plantas comerciales	77
2.17.17 Reutilización del agua	77
2.17.18 Impacto Potencial en la Atmósfera.	78
2.17.19 Riesgo Químico.	81
2.17.20 Otros impactos.	82
2.18 EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS DE CONTAMINACIÓN DURANTE UN FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	83
2.19 CIERRE Y ABANDONO DE LOS POZOS	90
2.20 MARCO NORMATIVO DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES	91
2.20.1 Normas y leyes ambientales generales.	92
2.20.2 Normas y leyes ambientales aplicables a yacimientos no convencionales	93
3. DESARROLLO DE OBJETIVOS DEL PROYECTO	101
3.1. METODOLOGÍA	101
3.2. FASE DE PLANEACIÓN	101
3.3. FASE DE RECOLECCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	101
3.4. FASE DE LA RECOLECCIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN TESTIMONIAL	102
3.4.1. Datos y testimonios transcritos según la comunidad, de afectados de la sísmica en la zona del municipio de Landázuri	105

3.4.2. Datos y testimonios transcritos de afectados según la comunidad, en la zona campo opón del municipio de cimitarra	136
3.4.3. Datos e información de afectados de la zona de la Ciénaga palagua del campo palagua del municipio de puerto Boyacá.	147
3.5. FASE DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA Y PROPUESTAS PARA MITIGAR LOS IMPACTOS SOCIO-AMBIENTALES	161
3.5.1. Análisis detallado y resultados de la información recolectada en la zona de Landázuri	161
3.5.2. Análisis detallado y resultados de la información de la zona afectada del municipio de Cimitarra.	162
3.5.3. Análisis y resultados de la información de la zona afectada en el municipio de puerto Boyacá.	164
3.5.4. Resultados y representación gráfica de impactos socio ambientales en la región del Carare y puerto Boyacá.	168
3.5.4.1. Resultados estadísticos de las tres zonas afectadas por impactos socio ambientales.	169
3.5.4.2. Comparativo de los impactos ambientales y sociales de las tres zonas documentadas.	181
3.5.5. Comparativo de la técnica de estimulación hidráulica o fracturamiento hidráulico “fracking”.	182
3.5.5.1. Impactos ambientales y sociales por causa del fracking en USA	184
3.5.5.2. Predicción a futuro para el caso de implementar la técnica de estimulación hidráulica en lutitas en Colombia.	187
3.6. FASE DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ANTE LA UIS	188
4. CONCLUSIONES	189
5. RECOMENDACIONES	191
BIBLIOGRAFIA	193
ANEXOS	198

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Plano de sísmica de dos dimensiones (2D) y tres dimensiones (3D)	37
Figura 2. Esquema general de un oleoducto	47
Figura 3. Mapa oleoductos de Colombia	50
Figura 4. Plataforma multipozos.	55
Figura 5. Esquema perforación horizontal y vertical	56
Figura 6. Proceso general del fracturamiento hidráulico	59
Figura 7. Impacto Potencial en los recursos de agua potable	66
Figura 8. Muro temporal para mitigar el ruido de las operaciones de shale gas	82
Figura 9. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a daño en la cementación del pozo por sobrepresión.	84
Figura 10. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico.	85
Figura 11. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico que interceptan un yacimiento convencional de aceite/gas	86
Figura 12. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico que interceptan fallas selladas o inactivas.	87
Figura 13. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico, las cuales interceptan otros pozos convencionales de aceite/gas deteriorados y comunican después al acuífero.	88
Figura 14. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico, las cuales interceptan otros pozos convencionales de aceite/gas que son	

inapropiadamente cerrados que comprometen el casing y comunica después al acuífero.	89
Figura 15. Reunión momento antes de recibir los testimonios	104
Figura 16. Reunión con campesinos afectados por la sísmica en el kilómetro 15 vía - Landázuri	105
Figura 17. Casa de la señora Clara Inés Ortiz Imagen 1	114
Figura 18. Casa de la señora clara Inés Ortiz Imagen 2	115
Figura 19. tomada en la Casa de la señora Clara Inés Ortiz Imagen 3	115
Figura 20. Casa de la señora Clara Inés Ortiz Imagen 4	116
Figura 21. Viaducto kilómetro 17 vía Cimitarra - Landázuri	116
Figura 22. Caserío San Marino km 18 vía Cimitarra - Landázuri	117
Figura 23. Movimiento de tierra del kilómetro 14 vía Cimitarra- Landázuri	117
Figura 24. Sistema de guaya montado en el kilómetro 14 vía Cimitarra- Landázuri	118
Figura 25. Kilómetro 14 vía Cimitarra-Landázuri	119
Figura 26. Kilómetro 17 vía Cimitarra-Landázuri	120
Figura 27. Reunión en la casa del kilómetro 15	130
Figura 28. Arroyo Caño Reo Vereda La Verde-Campo Opón Imagen 1	137
Figura 29. Arroyo Caño Reo Vereda La Verde-Campo Opón Imagen 2	138
Figura 30. Arroyo Caño Reo Vereda La Verde-Campo Opón Imagen 3	139
Figura 31. Quebrada La Verde en Campo Opón Imagen 1	143
Figura 32. Quebrada La Verde en Campo Opón Imagen 2	144
Figura 33. Caserío La Verde en Campo Opón Imagen 1	144
Figura 34. Caserío de La Vereda La Verde en Campo Opón Imagen 2	145
Figura 35. Finca Santa Fe de la Vereda La Verde Campo Opón	146
Figura 36. Caserío La Verde en Campo Opón Imagen 3	147
Figura 37. Finca El Desquite- Campo Palagua- Puerto Boyacá	148
Figura 38. Humedal de la Finca El Desquite-Campo Palagua	149
Figura 39. Res untada de crudo – Finca El Desquite	150
Figura 40. Tramo de Tubería de la Finca El Desquite- Campo Palagua	151

Figura 41. Res muerta en la Finca El Desquite- Campo Palagua	152
Figura 42. Derrame en la Finca El Desquite-Campo Palagua	152
Figura 43. Derrame de crudo en la Finca El Desquite-Campo Palagua	153
Figura 44. Ciénaga de Palagua- Campo Palagua	154
Figura 45. Bajo de agua o humedal de la Finca El Desquite- Campo Palagua	155
Figura 46. Instalaciones de un Pozo en Campo Palagua	156
Figura 47. Humedal de la Finca El Desquite-Campo Palagua	157
Figura 48. Derrame en la Finca El Desquite-Campo Palagua	158
Figura 49. Labores en la Finca El Desquite-Campo Palagua	158
Figura 50. Trabajadores en la Finca El Desquite- Campo Palagua	159
Figura 51. Ciénaga Palagua- Campo Palagua	159
Figura 52. Finca El Desquite-Campo Palagua	160
Figura 53. Documento ANLA	167

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Impactos ambientales en la zona de afectación del municipio de Landázuri	170
Gráfica 2. Impactos sociales en la zona de afectación del municipio de Landázuri	172
Gráfica 3. Impactos ambientales en la zona del municipio de cimitarra	174
Gráfica 4. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de cimitarra	176
Gráfica 5. Impactos ambientales de la zona de afectación del municipio de puerto Boyacá	178
Gráfica 6. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de puerto Boyacá	180

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Principales oleoductos de Colombia	46
Tabla 2. Normas ambientales generales	92
Tabla 3. Impactos ambientales en la zona de afectación del municipio de Landázuri	169
Tabla 4. Impactos sociales en la zona de afectación del municipio de Landázuri	171
Tabla 5. Impactos ambientales en la zona del municipio de Cimitarra	173
Tabla 6. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de cimitarra	175
Tabla 7. Impactos ambientales de la zona de afectación del municipio de puerto Boyacá	177
Tabla 8. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de puerto Boyacá	179

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. IMAGENES	198
ANEXO B. AUDIOS	198
ANEXO C. VIDEOS	198

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA SOCIO-AMBIENTAL GENERADA POR LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA REGIÓN DEL CARARE Y PUERTO BOYACÁ.\*

**AUTOR(ES):** JHONN FREDY GONZALEZ AMADO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** evaluación, problemática, socio-ambiental, hidrocarburos, fracturamiento hidráulico, estimulación hidráulica, fracking.

### DESCRIPCION:

Nuestro país afronta en la actualidad una crisis laboral y económica en lo que respecta a la industria petrolera, los gobernantes políticos y líderes de las empresas en el afán de compensar dicha crisis presentan alternativas para nuevas formas de exploración y explotación de los hidrocarburos en ambientes geológicos complejos y zonas socio-ambientalmente sensibles como lo es la cuenca del VALLE DEL MAGDALENA MEDIO; el mercado internacional exige cada vez más energía limpia para sostener su exponencial crecimiento, por lo que a su vez esto obliga a la industria de hidrocarburos a plantear nuevas técnicas con tecnología de punta para hacer la producción de energía más limpia y amigable con el medio ambiente mediante la implementación de responsabilidad ética, social y ambiental en todas sus operaciones.

Este trabajo de investigación busca determinar e identificar los diferentes impactos socio-ambientales generados por la exploración, explotación y producción de hidrocarburos para su comercio, en el área mencionada y así mismo hacer un pronóstico de los posibles impactos para el caso de implementación de fracturamiento hidráulico en lutitas, no desconociendo que estas técnicas de explotación aumentarían la producción significativamente en nuestro país.

El propósito de este proyecto tiene como finalidad identificar y caracterizar los impactos ambientales ya ocasionados por la industria petrolera en estas zonas de influencia y además los posibles impactos que se van a generar en futuros proyectos donde se implementaría la fracturación hidráulica en lutitas, haciendo un comparativo con los impactos ocasionados en otros países donde ya se ha implementado dicho proyecto de estimulación hidráulica, para así proponer alternativas de mitigación y políticas de prevención de estos impactos.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías físico químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Oscar Venegas Angarita

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF THE PROBLEMATIC SOCIO-ENVIRONMENTAL GENERATED BY EXPLOITATION OF HYDROCARBONS IN THE REGION OF THE CARARE AND PUERTO BOYACÁ.

**AUTHORS:** JHONN FREDY GONZÁLEZ AMADO\*\*

**KEYWORDS:** Assessment, problems, socio-environmental, oil, hydraulic fracturing, hydraulic stimulation, fracking.

### DESCRIPTION

Our country currently faces an economic and labor with respect to the oil industry crisis, political leaders and business leaders in an effort to offset the crisis present alternatives for new forms of exploration and exploitation of hydrocarbons in geological environments complex and socio-environmentally sensitive areas such as the basin of the Middle Magdalena Valley; the international market demands more and cleaner energy to sustain its exponential growth, which in turn this forces the hydrocarbon industry raise new techniques with the latest technology for the production of cleaner and more energy friendly to the environment by the implementation of ethical, social and environmental responsibility in all its operations.

This research seeks to determine and identify the different socio-environmental impacts generated by the exploration, exploitation and production of hydrocarbons to trade in the mentioned area and likewise make a forecast of the possible impacts for the case of implementation of fracking in shale does, not know that these exploitation techniques significantly increase production in our country.

The purpose of this project is to identify and characterize the environmental impacts already caused by the oil industry in these areas of influence and also the possible impacts that will be generated in future projects where hydraulic fracturing is implemented in shale's, making a comparative with the impacts in other countries where already implemented the project of hydraulic stimulation in order to propose alternative mitigation and prevention policies these impacts.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Engineering Physical Chemical. School Engineering Petroleum. Director: Oscar Vanegas Angarita

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enfoca en los municipios de Cimitarra y Landázuri de la región del carare y el municipio de Puerto Boyacá, en el periodo del año 2016 debido a los impactos ambientales vigentes posiblemente producidos por la exploración, explotación y producción de hidrocarburos en esta zona.

Es relevante que las comunidades de estas zonas se alerten sobre estos proyectos petroleros, ya que éstos continuarán en desarrollo, debido a que la cuenca del valle del magdalena medio (ubicación de las zonas estudiadas) es productora importante de hidrocarburos convencionales, y tiene un gran potencial de no convencionales; siendo útil dejar un trabajo investigativo para futuras consultas de los interesados y afectados por los impactos generados por la industria petrolera, y así poder fortalecer la memoria colectiva de estas comunidades, para que ayuden a tomar decisiones concretas cuando en un futuro se requieran.

Con respecto al conocimiento científico que nos aporta la academia, este trabajo nos sirve para conocer la dinámica real como se desarrolla la industria petrolera en la parte social con las comunidades, y hacer un llamado a la academia para implementar ética profesional más rigurosa, cuando se trate de proteger el medio ambiente y nuestros recursos naturales. Recursos naturales que hoy desvaloramos y que en un futuro tendrán mucho más valor que los hidrocarburos comercializados en el mundo.

La exploración, explotación y producción de hidrocarburos produce impactos notables en el medio ambiente, esto hace que activistas y comunidades se movilicen masivamente en contra de estas prácticas de la industria petrolera,

provocando una confrontación con las fuerzas militares del estado, que al parecer no defienden a las comunidades que son los directos afectados , si no que entonces por orden de políticos que posiblemente muestran cierta afinidad a las multinacionales, atropellan a dichas comunidades para hacer efectivos las malas prácticas actuales de la industria petrolera quedando reflejado los intereses políticos y económicos que sobresalen entre dichos gobernantes políticos y líderes de las multinacionales y dejando como resultado todos los impactos ambientales que actualmente evidenciamos.

En este estudio se ha escogido para el análisis de impactos ambientales y sociales, el municipio de Cimitarra y Landázuri del departamento de Santander que pertenece a la región del carare y el municipio de Puerto Boyacá departamento de Boyacá, donde son evidentes los impactos ambientales ocasionados a lo largo del tiempo en estas zonas, se recogerán testimonios reales de los directos afectados y así analizaremos como podemos aportar ideas para la mitigación de dichos impactos.

## **1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO**

### **1.1 TÍTULO**

“EVALUACION DE LA PROBLEMÁTICA SOCIO-AMBIENTAL GENERADA POR LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA REGION DEL CARARE Y PUERTO BOYACA”

### **1.2 AUTOR**

Estudiante: JHONN FREDY GONZALEZ AMADO

Código: 2103529

### **1.3 DIRECTOR**

OSCAR VANEGAS ANGARITA

INGENIERO DE PETRÓLEOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

### **1.4 ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO**

ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS – EIP

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

UNIÓN SINDICAL OBRERA DE LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO (USO)

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Identificar y evaluar la problemática socio-ambiental bajo metodología testimonial sobre los impactos generados en el proceso de exploración, explotación y producción de hidrocarburos de la industria petrolera en la región del Carare y Puerto Boyacá.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los impactos socio-ambientales que se han generado en las comunidades y veredas donde influyen directa e indirectamente los estudios de exploración de hidrocarburos y campos petroleros según testimonios.
- Realizar una evaluación social y ambiental con respecto a los impactos e incidencias en el desarrollo de las comunidades impactadas por la industria petrolera en la región del Carare y Puerto Boyacá.
- Formular soluciones y recomendaciones basado en los testimonios de las comunidades, para la mitigación de los impactos socio-ambientales actuales, y proponer una crítica constructiva al pronóstico de los futuros impactos socio-ambientales en el caso de una futura explotación de hidrocarburos no convencionales mediante la técnica de estimulación hidráulica “fracking” en la región del Carare y Puerto Boyacá.
- Representar gráficamente las estadísticas y datos recolectados mediante este proyecto según criterio del autor del trabajo de investigación y hacer un comparativo de los impactos generados en la región del Carare y Puerto Boyacá.

- Identificar y proponer la importancia de adoptar políticas públicas enfocadas a la conservación y protección del medio ambiente y comunidades.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto tiene como finalidad identificar y caracterizar mediante testimonios reales de personas directamente afectadas con los posibles impactos socio-ambientales que se han generado por la exploración, explotación y producción de hidrocarburos y que posiblemente se van a generar en futuros proyectos de exploración, explotación y producción de hidrocarburos convencionales y además hidrocarburos no convencionales mediante la técnica de estimulación hidráulica “fracking” en la región del Carare y Puerto Boyacá; además formular soluciones y recomendaciones basados en los testimonios documentados, en conjunto con las comunidades directamente afectadas y proponer la importancia de adoptar políticas públicas enfocadas a la conservación, prevención y protección del medio ambiente y culturas de buenas costumbres.

## **1.7 ALCANCE DEL PROYECTO**

En el siguiente trabajo de investigación se obtendrá de manera directa información testimonial de los afectados, con el fin de obtener material que sirva como base de datos para generar conciencia en las comunidades afectadas y en adoptar y proponer políticas públicas donde prime la conservación, prevención y protección del medio ambiente, donde mitiguen o prevengan las afectaciones de mayor impacto posiblemente causadas por la exploración, explotación y producción de hidrocarburos en una parte de la región del Valle del Magdalena Medio de Colombia.

Al realizar este trabajo de investigación exploratoria, se obtendrán una base de datos de clasificación de los impactos socio ambientales, de acuerdo al nivel de gravedad en la afectación y testimonios de las comunidades, y se generarán las posibles soluciones, a partir de los procesos remediales existentes y las sugeridas por los mismos afectados, también se generará un pronóstico según el autor, de los posibles futuros impactos socio ambientales en el caso de una futura explotación de hidrocarburos mediante la técnica de estimulación hidráulica “fracking”.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 REGIÓN DEL CARARE**

La región del carare y el opón o núcleo provincial Carare Opón se encuentra ubicada en el departamento de Santander (Colombia),comprendida por los municipios de Cimitarra, Landázuri, Puerto Parra y Bajo Simacota, reconocido por el paso de la vía férrea conocida como el "Expreso del Sol".

Históricamente, ha sido reconocida desde tiempos de la conquista, al haber sido lugar de asentamiento de los amerindios Yariguíes dentro de las comunidades de los carares y los opones.

Expedicionarios a cargo de Gonzalo Jiménez de Quesada fueron encargados para la exploración de aquellos territorios. Siguiendo la desembocadura de los ríos Carare y Opón en el Río Grande del Magdalena, se encontraron con la resistencia y valentía de los Yariguíes, tribu autóctona de origen caribe que opuso una feroz resistencia a los conquistadores.

A comienzos del siglo XX, hubo un rápido aumento de población al hallarse reservas petroleras incalculables en la zona de las Barrancas Bermejas, comprendida hoy por el puerto petrolero de Barrancabermeja. La zona no es la única en su aprovechamiento, sino que toda la región se beneficia de esta riqueza.

Vivió una difícil situación política y social por las acciones de grupos de insurgencia: durante el inicio de la década de los 90, las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) tomaron el control de la región.

Posteriormente, el advenimiento de los grupos de autodefensa o paramilitares apoyados por hacendados, ganaderos, fuerzas militares y el estado marcó una época tristemente notoria de violencia y derramamiento de sangre motivados por el deseo desmedido de control de la región.

Es una región que actualmente ofrece expectativas en la explotación del crudo y de sus derivados. El potencial ganadero y el agrario, ligado éste con la piscicultura, se constituyen como potencializadores económicos de la región; Sin embargo, la corrupción local predominante en la región ha entorpecido el desarrollo de iniciativas que mejoren la calidad de vida, tanto en el ámbito económico como en el cultural y en el social.

Hoy en día, se intenta facilitar el desarrollo, disminuir la alta tasa de analfabetismo predominante, desarrollar programas sociales y eliminar la corrupción.

Posee uno de los últimos relictos de Selva Húmeda Tropical, formando parte del Área de Conservación del Cerro de Armas incluidas en el Distrito de Manejo Integrado de la Serranía de los Yariguíes. La Economía es mayoritariamente rural que gira en torno a la producción y comercialización agropecuaria, agroforestal y forestal; cuenta con un hato ganadero mayormente extensivo; se cuenta con plantaciones de caucho, reforestación comercial y explotación del carbón<sup>1</sup>.

## **2.2 REGIÓN DE PUERTO BOYACÁ**

Puerto Boyacá es un municipio y puerto colombiano del departamento de Boyacá, capital de la Zona de Manejo Especial y antiguamente denominada “Territorio

---

<sup>1</sup> WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Organización territorial de Santander (Colombia) [en línea] disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n\\_territorial\\_de\\_Santander\\_\(Colombia\)#Carare\\_Op.C3.B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_territorial_de_Santander_(Colombia)#Carare_Op.C3.B3n)

Vásquez”. Puerto Boyacá es uno de los principales puertos de la región del Magdalena Medio y con una población cercana a los 50.000 habitantes. Es la quinta ciudad del departamento, también es a la vez el principal puerto fluvial del departamento de Boyacá. Dista 255 Km de la capital departamental TUNJA vía Vélez - Moniquirá. En la actualidad se construye la carretera Chiquinquirá- Puerto Boyacá que permitirá conectar la capital en sólo dos horas y a una distancia de 170 Km.

Conocido como Territorio Vásquez en honor a Cayetano Vásquez, fue propiedad de la compañía de JESÚS la cual pasó a manos de Boyacá en 1882. El primer caserío se ubicó en la ribera del Río Negro con el nombre de Puerto Reyes en honor al Presidente de Colombia Rafael Reyes; al crearse la Inspección de Policía de Puerto Boyacá el territorio Vásquez pasó a ser administrada por Antioquia con el nombre de Territorio Vásquez, en 1926 la Texas Petroleum Company compra las tierras del Territorio Vásquez.

En 1936 el señor Héctor Escobar Motta salió de la ciudad de Tunja hasta Puerto Boyacá con el fin de recuperar el territorio para Boyacá pero se encuentran con campamentos de la Texas Petroleum Company. Los expedicionarios cambian de rumbo y fundan a Puerto Serviez en la desembocadura del Río Nare.

En 1945 la Texas Petroleum cambia de sitio el poblado a Puerto Niño donde comenzó las explotaciones. Debido a necesidad de construir un poblado la Texas cede algunas tierras donde se fundó Puerto Gustavo en honor a Gustavo Gabriel, para el 15 de diciembre de 1957 y por decreto No.615 se creó el municipio de Puerto Vásquez<sup>5</sup> y casi un año después por medio de la ordenanza No.4 del 17 de noviembre de 1958 se le cambió el nombre al municipio por el que tiene actualmente Puerto Boyacá.

La mayor parte del territorio del municipio se encuentra en el Valle del Río Magdalena, lo que proporciona terrenos planos y fértiles, propicios para la ganadería extensiva, principalmente de ganado bovino de doble propósito (producción de carne y leche). También existen cultivos de plátanos, cacao, yuca, maíz, cítricos y papaya.

La pesca es una actividad artesanal que se realiza durante todo el año como parte de la economía de subsistencia para los pescadores de los ríos Magdalena, Negro, Guaguaqui y Ermitaño de la Ciénega de Palagua. La subienda es una época de abundancia entre diciembre y febrero de cada año. También existen 345 estanques de los cuales 120 se aprovechan para la ceba de peces como la cachama blanca, la tilapia o mojarra roja y el bocachico.

En el territorio se han realizado explotaciones por parte de la Texas Petroleum Company, que inició las perforaciones en 1940 en el área de Puerto Niño, en 1968 ya se habían perforado 146 pozos. Ecopetrol se vinculó a la explotación en noviembre de 1986, en los campos de producción de Palagua y Caipal, antigua concesión de la Texas, mediante el sistema de bombeo mecánico. La firma OMIMEX de Colombia anuncio en 2004 que extraerá petróleo del fondo de río Magdalena en el campo denominado Under River, con el cual esperaba incrementar la producción local de 17.000 barriles por día a 26.500<sup>2</sup>.

### **2.3 CUENCA DEL VALLE DEL MAGDALENA MEDIO (VMM)**

Esta cuenca tiene un área de 34.000 km<sup>2</sup>, está ubicada a lo largo de la porción central del valle del Río Magdalena, entre las cordilleras Oriental y Central en los Andes colombianos, está limitada por los sistemas de fallas de salinas al

---

<sup>2</sup> WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Puerto Boyacá [en línea] disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto\\_Boyac%C3%A1](https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_Boyac%C3%A1)

Occidente, Bucaramanga al Oriente, Ibagué al Sur y Bucaramanga al Norte en cercanías a la población del Banco.

Después de la cuenca de los llanos orientales (pie de monte llanero); la cuenca del VMM Es la segunda cuenca más importante en producción de hidrocarburos del país, su mayor descubrimiento fue en el año de 1918, el primer campo gigante descubierto en Colombia la Cira infantas; El bloque es atravesado por el oleoducto Barrancabermeja-Ayacucho y se encuentra cerca de la principal refinería del país (Barrancabermeja) y a las estaciones de bombeo Galán y Ayacucho.

Es una cuenca madura, con alta producción y una amplia gama de crudos que oscila desde los (13°-45° API); el 97% del petróleo probado en la cuenca proviene de areniscas continentales cenozoicas de formaciones productoras como son la Lizama, Esmeraldas, La Paz, Mugrosa y Colorado. Los depósitos calcáreos fracturados (grupo calcáreo Basal y formación la luna) poseen un potencial exploratorio que aún está en estudio.

Las lutitas marinas de las formaciones Simití y Umir representan los sellos de los potenciales reservorios cretácicos. En contraste las arcillocitas plásticas continentales de las formaciones Esmeraldas y Colorados constituyen los sellos para los reservorios cenozoicos.

Las principales roca fuente en la cuenca fueron depositadas durante dos eventos anóxicos globales y corresponden a las calizas y lutitas de las formaciones La Luna, Simití y Tablazo; Su kerógeno es de tipo II.

En cuanto a las trampas que se han encontrado en esta cuenca están las de pliegues contraccionales asociados a fallas bajo superficie de cabalgamiento,

estructuras dúplex de cabalgamiento con cierre independiente, cierre independiente de falla y trampas en el lado bajo de las fallas sellantes<sup>3</sup>.

## **2.4 IMPACTOS SOCIALES**

El impacto se refiere a los efectos positivos y negativos que la intervención planteada de un proyecto tiene sobre una comunidad en general.

El impacto social se refiere al cambio efectuado en la sociedad debido al producto de las investigaciones.

## **2.5 IMPACTOS AMBIENTALES**

El impacto ambiental está definido como el efecto o el resultado que produce la actividad humana sobre el medio ambiente (aire, tierra, agua, flora, fauna, seres humanos y sus interrelaciones) El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico, técnicamente es la alteración de la línea de base ambiental.

La ecología es la ciencia que se encarga de medir este impacto y tratar de minimizarlo. Las acciones de las personas sobre el medio ambiente siempre provocarán efectos colaterales sobre éste. La preocupación por los impactos ambientales abarca varios tipos de acciones, el impacto ambiental en la industria de los hidrocarburos, se refiere a todas aquellas emisiones de gas, contaminación hídrica, contaminación de los mares, los desechos de la energía radioactiva o

---

<sup>3</sup> AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS Cuenca Valle Medio del Magdalena Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos [en línea] disponible en: <http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Tesis/6.%20Informe%20Final%20VMM.pdf>

radioactivos/nucleares, la contaminación auditiva, contaminación de suelos, la pérdida de superficie de hábitats naturales, entre otros y demás efectos causados por el uso de los recursos durante el proceso, para la obtención de hidrocarburos. Específicamente, el impacto ambiental es la categorización o valoración del cambio generado en el medio en el cual se desarrolla la actividad: inicia con la ubicación de la materia prima en este caso los hidrocarburos y termina cuando la vida útil del mismo finaliza.

## **2.6 EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS**

La exploración de hidrocarburos consiste en la búsqueda de un yacimiento de petróleo o gas, donde se utiliza un conjunto de técnicas o métodos, cuyo objetivo principal es ubicar un yacimiento petrolífero comercial.

Técnicas usadas en la exploración:

- Sensores remotos
  - Imágenes de radar
  - Imágenes satelitales
  - Fotografías aéreas
  
- Método geológico o Cartografía de superficie: Se base en geología estructural, disposición de capas, fallas geológicas, anomalías térmicas, entre otros.
  - Mapas geológicos
  - Geoquímica
  - Radioactividad
  
- Métodos geofísicos: Tiene en cuenta la toma de muestras en la superficie, la magnetometría, gravimetría y sísmica. La erosión y la afectación de las corrientes de agua son frecuentes en esta etapa.

- Gravimetría
- Magnetometría
- Geoelectricidad
- Sísmica
- pozos

Para interés de este trabajo investigativo definimos conceptos aplicados con el método de sísmica.

En esta etapa se realizan las actividades de: Apertura de trochas, deforestación y descapote de múltiples bosques y selvas con el fin de localizar las capas de roca sedimentaria que son probables a encontrar bajo el suelo.

**2.6.1 Exploración Sísmica:** Es una actividad altamente compleja y su desarrollo técnico se encuentra definido de acuerdo con estándares internacionales y ratificados en Colombia por investigaciones de la Universidad de los Andes. La etapa de exploración implica una importante movilización económica y logística y la ejecución de sus tareas como el establecimiento de campamentos, movilización de material, almacenamiento y uso de explosivos, instalación de medidores o desarrollo de protocolos de seguridad las cuales sin duda generan alteraciones al paisaje y al medio ambiente. Estos procedimientos se establecen en la Ley 99 de 1993 y en posteriores decretos, resoluciones y leyes. En este caso para las exploraciones sísmicas no se necesita licencias ambientales debido a que se cree que no genera cambios al medio ambiente, por lo cual solo deben seguir los requerimientos establecidos en la Guía Básica ambiental para programas de exploración sísmica terrestre, con las siguientes etapas<sup>4</sup>:

---

<sup>4</sup> SALAMANCA PEDRAZA Daniel Fernando Descripción del impacto que genera la exploración sísmica en la vereda alcaparral del municipio de firavitoba desde el año 2012 al 2014 Proyecto de investigación Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia Facultad de educación Escuela de ciencias sociales 2015

**2.6.2 Planificación integral de la exploración sísmica:** La empresa debe realizar la planificación ambiental que identifique y evalúe los impactos sobre el medio ambiente y la dinámica social del territorio en dos pasos. Primero deben realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Documento de Evaluación y Manejo Ambiental (DEMA) que corresponde a la región intervenida; y segundo un Plan de Manejo Ambiental (PMA) del área específica donde se desarrollara el proyecto sísmico, con el fin de establecer las medidas necesarias para prevenir o mitigar los impactos. Deben establecer la zonificación de manejo ambiental que dentro del área del programa sísmico identifica las áreas de exclusión, las áreas susceptibles de intervención y las áreas de intervención con restricción. En esta etapa se tramitan las licencias y permisos ambientales, y acercamientos con las comunidades<sup>5</sup>.

**2.6.3 Fase Pre Operativa:** Se realiza la socialización del proyecto a la comunidad y las autoridades, se realizan la concertación con los propietarios de los predios, se contrata y se capacita a trabajadores, se ubican los campamentos y se definen los puntos de descargas y se realizan modificaciones necesarias al proyecto<sup>6</sup>.

**2.6.4 Operación en Campo:** Se acondicionan los campamentos, se construyen trochas, se realizan pozos (huecos) con profundidades entre 2 a 20 metros y 5 a 10 cm de diámetro, con distancia de 15 a 100 metros entre cada pozo (hueco), se cargan hasta con 2,5 Kg de explosivo sísmigel y se tapan, se extienden cables uniendo las cajas de los huecos a un sistema que recoge la información en los geófonos. Se realizan las explosiones una a la vez. Luego se desmantela el proceso retirando cables, equipos y elementos utilizados. Finaliza tapando los huecos. (Ver Figura 1)<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Ibíd.

<sup>6</sup> Ibíd.

<sup>7</sup> Ibíd.

**2.6.5 Desmantelamiento y Restauración:** Se realiza la limpieza de trochas y áreas ocupadas, se retiran los campamentos, se informa a las comunidades el estado del proyecto, se desarrolla el plan de restauración y abandono, se determina el estado de la calidad de los recursos naturales afectados.

Abandono del área. Se realiza la liquidación del personal, pago de daños e indemnizaciones, obtención de paz y salvos, el seguimiento ambiental y social y la evaluación expost. El producto final que se obtiene de la exploración sísmica es el conocimiento de las diferentes capas de rocas que se encuentran debajo de la tierra, para establecer si las estructuras geológicas tienen las características requeridas donde se almacena el petróleo. El estudio de exploración sísmica no determina en si la existencia de hidrocarburos, sino que permite visualizar aquellas condiciones geológicas que pudieren haber permitido su generación y acumulación. Adicional a lo anterior aquel que desarrolle estudios sísmicos tiene como obligación obtener permisos de aprovechamiento de los recursos naturales (forestal, agua, vertimientos, etc.) ante la autoridad ambiental respectiva, socializar con la comunidad respecto al alcance y condiciones de las actividades que se desarrollarán, cumplir con las distancias mínimas de los puntos de explosión, obtener del permiso de servidumbre y cobertura de las compensaciones a que hubiere lugar, en el evento que el proyecto atraviere propiedad privada y abandonar el área intervenida dejándola en buenas condiciones técnicas, sociales y ambientales<sup>8</sup>.

## **2.7 TIPOS DE SÍSMICA**

Existen diferentes métodos de prospección sísmica, los cuales son utilizados para conocer el subsuelo, algunos de ellos generan mayores impactos al medio, otros pueden llegar a ser más amigables con el medio ambiente, como la sísmica

---

<sup>8</sup> Ibíd.

satelital o OFT (Oil and Gas Finder Technology). En cuanto a los métodos de prospección sísmica convencionales, existen básicamente dos tipos de sísmica que son muy utilizadas actualmente en Colombia: la sísmica 2D o en dos dimensiones y 3D o tridimensional. La sísmica 2D permite obtener imágenes en dos dimensiones: las capas de la tierra, sus formas y sus estructuras. En cambio, la sísmica 3D genera gráficos tridimensionales que permiten mayor detalle para verificar la presencia o no de hidrocarburos.

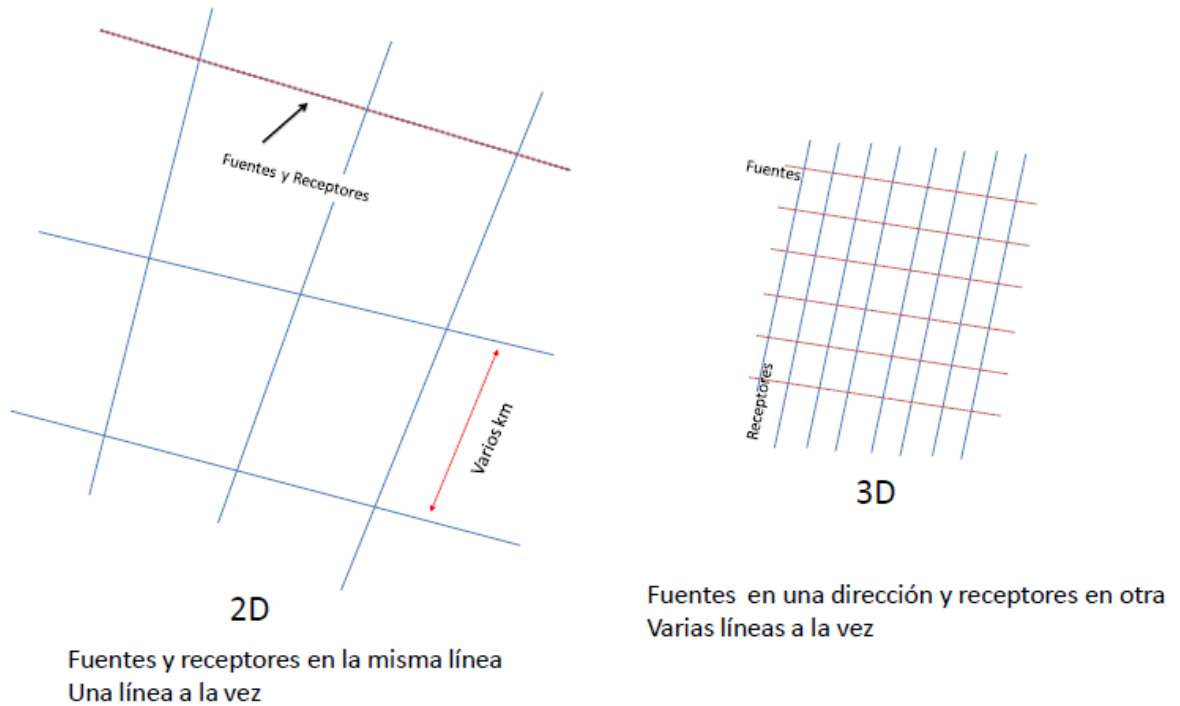
En principio, un tipo de sísmica se diferencia del otro por la distancia entre las líneas sísmicas o densidad de la malla, la cual es mayor en la sísmica 3D pues requiere aumentar el área de impacto con el fin de generar el cubo sísmico. Conseguir esa mayor densidad significa que las labores de la sísmica son mucho más intensas y por ello todas las afectaciones al entorno natural son mayores. Actualmente se utiliza la sísmica 3D, pues mientras la sísmica 2D aporta información solo en un plano vertical, ésta entrega muchos más datos al ser en tres dimensiones.

Para la sísmica 2D, en Colombia como en el resto del mundo, se usan dos tipos de líneas: Sparse y Stack Array. Las líneas 2D tipo Sparse son aquellas donde hay mayor densidad de receptores que de fuentes. Mientras que las líneas Stack Array son aquellas en las que el intervalo de receptores es igual al de las fuentes. A su vez para la sísmica 3D los métodos más usados son: ortogonal o diagonal. En Colombia se usan más los modelos ortogonales, ya que la limitante para usar los modelos diagonales se debe a que las distancias se alargan en comparación con el modelo ortogonal<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> ARDILA BARBOSA Wilman Yesid Impactos de la industria petrolera en el medio ambiente – upstream Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos Bucaramanga: universidad industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico-Químicas Escuela de Ingeniería de Petróleos 2014

**Figura 1. Plano de sísmica de dos dimensiones (2D) y tres dimensiones (3D)**



Arreglo de Malla Sísmica 2D vs 3D. Fuente: Sísmica, Mitos y Realidades, Presentación ACP. 24/04/2014

**2.7.1 Descripción Método de Prospección Sísmica** La Sísmica es un método geofísico que permite determinar en profundidad la forma y disposición de las diferentes unidades litológicas o capas de la tierra, mediante la detección de ondas acústicas, producidas por una fuente artificial (martillo, vibro, sismigel, etc.), propagadas a través del subsuelo según la elasticidad de las capas, que se detectan en la superficie tras reflejarse o refractarse usando sensores (geófonos).

La finalidad de los programas de exploración sísmica, es la de localizar las rocas porosas que almacenan los Hidrocarburos (Petróleo y Gas). Con la información obtenida se producen imágenes del subsuelo donde aparecen las diversas estructuras presentes en el área objeto de estudio, incluidas aquellas que

potencialmente pueden almacenar hidrocarburos, información fundamental a la hora de tomar la decisión en donde perforar.

Aunque el resultado del estudio es una radiografía del subsuelo, el método empleado para obtenerla (Sísmica con Explosivos), no es nada inofensivo y puede llegar a generar impactos significativos, principalmente en zonas y ecosistemas sensibles como los que se presentan en la cordillera oriental o en la Orinoquia, en el caso de Colombia. En muchos casos las explosiones en el medio poroso han causado problemas en diferentes sistemas naturales, no obstante; los impactos ocasionados por la sísmica con explosivos (Sísmigel), no pueden ser generalizados, estos dependerán del tipo e intensidad de carga, de las condiciones geológicas y estabilidad del terreno, tipo de roca presente en la zona intervenida y de cómo estén estructurados los canales de flujo de aguas subterráneas.

Los geólogos hacen un diseño de la malla sísmica. Ya en el terreno, se abren trochas, que son caminos por donde pasarán los cables eléctricos y donde se realizarán las perforaciones. Las trochas pueden tener un ancho entre los 2 y los 10 metros. Para el diseño de la malla sísmica se precisa la identificación de las zonas pobladas, pozos, nacimientos de agua, líneas de flujo y vías de acceso, así como del conjunto de líneas fuente y receptoras que entre sí conforman una cuadrícula bien definida. Se perforan pozos de poca profundidad, desde los 5 hasta los 20 metros, sobre una línea recta, con el fin de introducir los explosivos para generar la onda acústica. Su diámetro oscila entre 5 y 10 centímetros, y la distancia entre uno y otro varía de 15 a 100 metros.

En estos pozos se deposita material explosivo (Sismigel) en el caso de Colombia, que se tapa con el material extraído durante la perforación. Al detonarse ese material genera las ondas requeridas. Se extienden cables que unen todo el sistema de la sísmica y se instalan los geófonos, que son aparatos para ‘escuchar’

o registrar las ondas que provoca la explosión de las cargas en los pozos. Esas ondas viajan por el subsuelo y se reflejan desde las profundidades de la tierra al chocar con los diferentes tipos de rocas o de estructuras<sup>10</sup>.

## 2.8 PERFORACIÓN DE POZOS

La única manera de saber realmente si hay hidrocarburos en el sitio, donde la investigación sísmica y geológica propone que se podría localizar un depósito de hidrocarburos, es mediante la perforación de un pozo petrolero. Un pozo petrolero es una obra de ingeniería encaminada a poner en contacto un yacimiento de hidrocarburos con la superficie. Es una perforación efectuada en el subsuelo con barrenas de diferentes diámetros y con revestimiento de tuberías, a diversas profundidades, para la prospección o explotación de yacimientos. La perforación es un proceso que consiste en hacer un agujero mediante la rotación de la sarta de perforación y la aplicación de una fuerza de empuje en el fondo. La perforación rotatoria consiste en realizar un agujero por medio de un movimiento rotatorio y una fuerza de empuje de la barrena sobre la roca, convirtiéndola en recortes. El movimiento rotatorio se puede generar y aplicar en la superficie a través de una máquina rotatoria y se transmite por medio de la sarta de perforación, o bien, en forma hidráulica mediante la acción de un motor de fondo, el cual está conectado a la barrena.<sup>11</sup>

**2.8.1 Pozo Exploratorio** Es aquel pozo que se perfora en zonas donde no se había encontrado antes petróleo ni gas. Puede perforarse en un campo nuevo o en una nueva formación productora dentro de un campo existente.

---

<sup>10</sup> *Ibíd.*

<sup>11</sup> LA COMUNIDAD PETROLERA Depósitos definición y tipos de pozos petroleros [en línea] disponible en: <http://www.lacomunidadpetrolera.com/2014/10/depositos-definicion-y-tipos-de-pozos-petroleros.html>

En la fase de perforación de pozos exploratorios, se descapotan aproximadamente de 2 a 5 hectáreas en cada uno de los sitios de un pozo, y se alteran entre 10 a 15 hectáreas como consecuencia de la tala de árboles que se utilizan en las plataformas de operación<sup>12</sup>.

**2.8.2 Pozos Productores** Son aquellos que permiten extraer los fluidos de las formaciones productoras, mientras los no productores (secos), una vez terminados no producen ni petróleo ni gas en cantidades suficientes como para ser económicamente rentable<sup>13</sup>.

**2.8.3 Pozos De Desarrollo** Son aquellos pozos perforados con la finalidad de explotar, extraer y drenar las reservas de un yacimiento. El objetivo principal al perforar un pozo de desarrollo es aumentar la producción del campo, razón por la cual, se perforan dentro del área probada; sin embargo, algunos pueden resultar secos<sup>14</sup>.

**2.8.4 Pozo de Avanzada** Después de la perforación de un pozo exploratorio en un área inexplorada que resulta productor, se perforan los pozos de avanzada con el objetivo principal de establecer los límites del yacimiento<sup>15</sup>.

Algunos problemas que se generan son debidos a los lodos que se utilizan para hacer las perforaciones. Estos se almacenan en piscinas, no siempre recubiertas para evitar la contaminación del suelo y las aguas subterráneas.

---

<sup>12</sup> Ibid.

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Ibid.

<sup>15</sup> Ibid.

## **2.9 COMPLETAMIENTO DE POZOS**

Se define como el diseño, la selección e instalación de tuberías, empacaduras y demás herramientas o equipos dentro del pozo con el propósito de producir el pozo de manera controlada, segura y rentable. Esta etapa es el resultado de diferentes estudios realizados al pozo, empezando con la exploración hasta la evaluación del pozo en flujo algún tiempo después de haber sido perforado.

Los tipos de completamiento de pozos son:

- tubo de revestimiento
- tubo de producción

## **2.10 PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS**

En esta etapa, el pozo ya perforado se considera listo para la producción de hidrocarburos aceite o gas, se realiza una serie de perforaciones en la tubería de revestimiento horizontal para yacimientos no convencionales y vertical para yacimientos convencionales a la altura de las formaciones donde se halla el yacimiento.

Los impactos ambientales que generalmente se presentan en esta etapa se relacionan con el manejo de residuos sólidos, y la contaminación de aguas.

Para los yacimientos no convencionales esta etapa es de gran influencia ya que se profundiza sobre los fluidos o técnicas de fractura no convencionales como alternativa para disminuir los problemas ambientales que presenta los actuales y muy criticados fluidos de fractura o fluidos convencionales.

Los impactos ambientales que generalmente se presentan en esta etapa se relacionan con el manejo de lodos de perforación y la “estimulación” de los pozos mediante acidificación o fracturamiento hidráulico.

La contaminación de aguas superficiales y subterráneas es de mayor riesgo ya que la existencia de fracturas conductoras hacia los acuíferos o aguas subterráneas tienen un alto grado de probabilidad o exposición por lo que las aguas de producción pueden tener concentraciones muy altas de Cloro, Sodio, Azufre, metales pesados, fenoles, etc.

## **2.11 FACILIDADES DE SUPERFICIE**

Se define como el conjunto de equipos o elementos a través de la cual se realizan procesos de separación de las dos o tres fases de un campo de petróleo o de gas, y además se implementa el tratamiento de cada una de las fases para poderlas comercializar o disponerlas sin alterar el equilibrio del medio ambiente.

## **2.12 LA EXPLORACIÓN PETROLERA**

En esta etapa se construye una locación, en la cual ubican una plataforma con un taladro que perfora a gran profundidad para extraer el crudo que se supone se encuentra en el fondo. Este crudo se toma, se analiza y se establece su calidad, con el fin de observar si es viable la explotación en el pozo. Para este proceso la empresa debe solicitar la licencia ambiental ante la entidad del estado correspondiente.

### **2.13 LA PRODUCCIÓN PETROLERA**

Es la fase última en la cual la compañía establece los pozos, modifica las vías, solicita las respectivas licencias ambientales y empieza a extraer el crudo para su distribución y producción. A partir de este momento la empresa cuenta con 24 años para realizar labores industriales. Desde este momento la empresa empieza a pagar impuestos al estado.

Los impactos que generan la exploración sísmica varían de acuerdo a las condiciones ambientales y sociales de los territorios que pueden provocar deforestación, pérdida de nacederos de aguas, ruido y migración de fauna, contaminación de las aguas y del aire, desestabilización de los suelos y de las viviendas, e incluso podría afectar la salud de todos los seres vivos. El problema de las denuncias y quejas es que los daños y perjuicios se empiezan a notar al pasar del tiempo cuando la empresa ya se ha retirado del territorio. Además las entidades de control creen que las exploraciones sísmicas no generan daños graves al medio ambiente, lo que hace que las entidades no realicen una supervisión necesaria hasta que la comunidad denuncie, y en la mayoría de los casos se queda impune. Lo anterior basado en los testimonios documentados en las comunidades de estudio.

### **2.14 TRASPORTE DE HIDROCARBUROS**

Debido a su gran desarrollo y en contraste poca implementación de sistemas de prevención, mitigación y/o corrección de los diferentes eventos amenazantes que puede generar, la actividad petrolera se convierte en un riesgo para el equilibrio del medio ambiente pues no está exento que por causa de derrames de crudo ya sea en oleoductos o carro tanques los ecosistemas se vean afectados. A lo

anterior se suma la flexibilidad de la legislación y normatividad vigente relacionada con los requerimientos de tipo ambiental.

Estos eventos pueden ocurrir por accidentes de tipo operativo, fallas mecánicas y/o humanas, además los sistemas de transporte petroleros se han convertido en algunos países en blanco de atentados terroristas, situaciones provocadas por grupos al margen de la ley que atacan contra la infraestructura energética de los estados, caso especial el de Colombia 51<sup>16</sup>.

Existen diferentes grados de alteración de las condiciones naturales que constituyen un ecosistema, que van desde la simple explotación de algunos de sus recursos vegetales, minerales, o animales, que conducen a cambios en las densidades demográficas de las especies explotadas, hasta la radical destrucción de las comunidades y del suelo en que éstas se desarrollan, como ocurre en los casos más extremos de derrames de crudo.

Cuando el crudo alcanza el mar, por ejemplo, cubre las comunidades que allí viven y envenena a los diversos organismos al introducirse dentro de la cadena alimentaria, pudiendo afectar a especies que en un primer momento no se habían perjudicado por el vertimiento. Además de los problemas causados por el consumo de organismos contaminados por el petróleo, algunos de los animales de respiración pulmonar reciben el impacto de manera múltiple cuando suben a la superficie para tomar aire, donde se encuentran con la mancha que los impregna y que puede ocasionar el taponamiento de sus vías respiratorias, provocándoles la muerte por asfixia.

La trágica situación descrita afecta la fuente de ingresos de las comunidades pesqueras, produce un envenenamiento indirecto de la población por el consumo de peces contaminados. Esta necesidad motiva a los gobiernos estatales a

---

<sup>16</sup> ARDILA BARBOSA Wilman Yesid. Op. Cit

inquietarse frente a estos eventos para desarrollar un plan de acción organizado el cual permita adoptar decisiones rápidas con el fin de proteger el ecosistema, instalaciones, actividades acuáticas, la pesca e inclusive la vida humana. Colombia no es la excepción y es el país que presenta el mayor número de atentados a su infraestructura petrolera en especial el oleoducto Caño Limón – Coveñas<sup>17</sup>.

**2.14.1 Principales medios de transporte de crudo** En el mundo del petróleo los oleoductos y los buques tanqueros son los medios por excelencia para el transporte del crudo. El paso inmediato al descubrimiento y explotación de un yacimiento es su traslado hacia los centros de refinación o a los puertos de embarque con destino a exportación<sup>18</sup>.

**2.14.2 Oleoductos** Es una canalización o unión de tubos de acero que transporta y distribuye productos petrolíferos a diferentes partes con el fin de garantizar su suministro y comercialización.

La manera más práctica de transportar petróleo por tierra es bombeándolo por oleoductos. Los oleoductos para crudo generalmente son de gran diámetro en Colombia van desde 4 a 36 pulgadas; a lo largo de su recorrido y a intervalos regulares hay estaciones de bombeo. La construcción de un oleoducto, constituye una gran tarea de ingeniería, que por lo general es realizada conjuntamente por varias empresas que contribuyen a la enorme inversión del capital necesario<sup>19</sup>.

La experiencia y las modalidades del transporte de crudos por tuberías (oleoductos) han dado respuestas satisfactorias a las necesidades de despachar y recibir diariamente grandes volúmenes de petróleo liviano, mediano, pesado y extra pesado desde los campos petrolíferos a las refinerías y/o terminales

---

<sup>17</sup> Ibíd.

<sup>18</sup> Ibíd.

<sup>19</sup> Ibíd.

ubicadas a corta, mediana o grandes distancias, en un mismo país o países vecinos. El oleoducto se ha hecho necesario porque transporta crudo ininterrumpidamente veinticuatro horas al día, salvo desperfectos o siniestros inesperados, y a precios que difícilmente otros medios de transporte podrían ofrecer en igualdad de condiciones. Los oleoductos notorios con los que se cuenta en Colombia son los siguientes:

**Tabla 1. Principales oleoductos de Colombia**

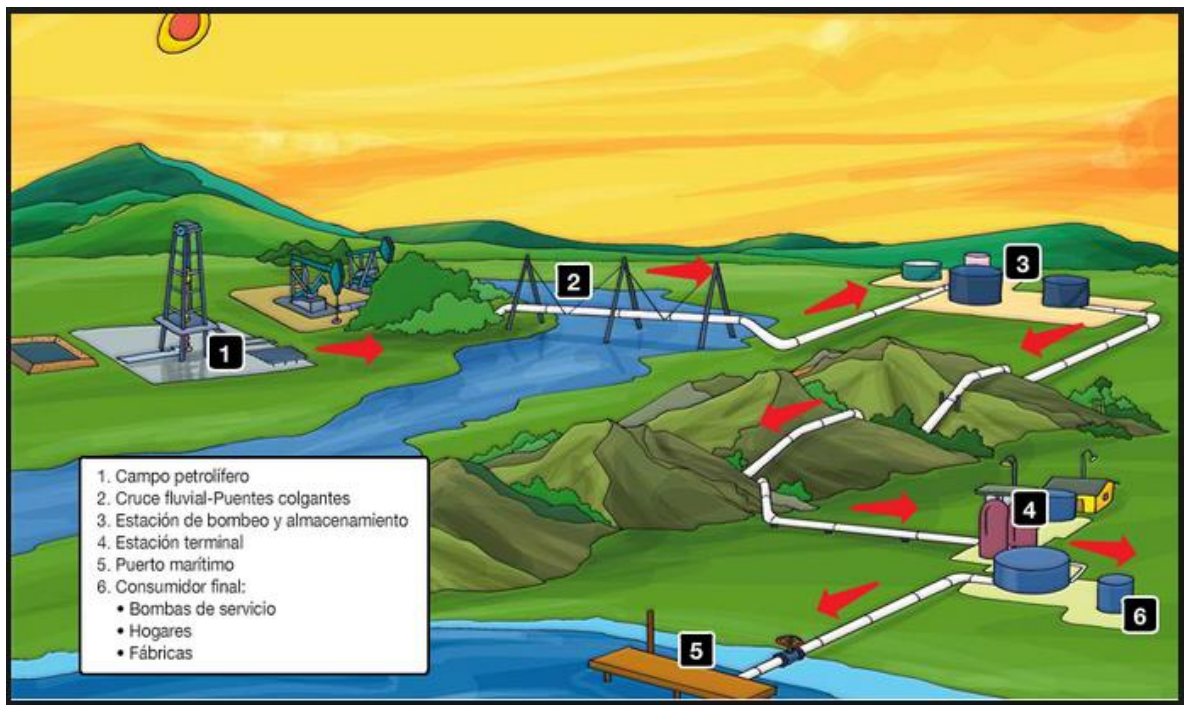
<b>OLEODUCTO</b>	<b>TRAYECTO</b>	<b>LONGITUD (Km)</b>
<b>Oleoducto de los Llanos S.A – ODL</b>	Campo Rubiales – Las estaciones de Monterrey y de Cusiana	262
<b>Oleoducto Central S.A. – OCENSA</b>	Los campos Cusiana y Cupiagua – La terminal marítima de Coveñas	830
<b>Oleoducto de Colombia S.A – ODC</b>	La estación de Vasconia – El puerto de Coveñas	481
<b>Oleoducto Caño Limón</b>	Campo Caño Limón – El puerto de Coveñas	770
<b>Oleoducto Alto Magdalena</b>	Campo Palagua – La estación de Vasconia	400
<b>Oleoducto Trasandino</b>	Orito – Tumaco	306

Fuente: ECOPETROL Características Oleoductos Colombianos. [en línea] disponible en: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

**2.14.3 Características de los oleoductos** La capacidad de transporte de los oleoductos varía y depende principalmente del diámetro de la tubería. Es decir, cuanto más grande sea el diámetro, mayor la capacidad. En Colombia hay oleoductos desde 4 hasta 36 pulgadas de diámetro.

- Estas líneas de acero pueden ir aéreas en puentes colgantes en superficie o bajo tierra. En Colombia, las tuberías bajo tierra generalmente van enterradas a 1,20/2,0 metros de profundidad.
- En la parte inicial del oleoducto una “estación de bombeo” impulsa el petróleo y, dependiendo de la topografía por donde éste pase, se colocan estratégicamente otras estaciones denominadas de reimpulso o refuerzo, necesarias para que le permitan superar sitios de gran altura, como las cordilleras en Colombia, y transportar el petróleo hasta la estación terminal.
- Los oleoductos disponen también de válvulas de seccionamiento y válvulas de choque que permiten controlar el paso del petróleo entre la estación inicial y terminal y atender oportunamente situaciones de emergencia

**Figura 2. Esquema general de un oleoducto**



Fuente: ECOPEL Esquema General Oleoducto. [en línea] disponible en: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

**2.14.4 Flujo de fluidos por tuberías** El volumen de crudo transportado está en función del diámetro de la tubería y de la presión que se le imponga al crudo para moverlo por ésta. Como podrá apreciarse, la presión también está en función de la densidad y de la viscosidad del crudo. La tecnología de la transmisión de fluidos por tuberías arranca de los conceptos y apreciaciones formuladas a través de años por muchos investigadores. Todo lo antes mencionado tiene su efecto sobre el diseño y los detalles del programa de construcción de un oleoducto. Ese efecto, combinado con los aumentos generales de precios de materiales, equipos, herramientas, transporte y remuneraciones al personal, se traduce en substanciales incrementos de costos por kilómetro de oleoducto. Tampoco es raro que en medio de tanta alza de costos predominen circunstancias que permitan en un tiempo dado rebajas en las inversiones<sup>20</sup>.

**2.14.5 Mantenimiento.** Este es un aspecto importante de las operaciones y manejo de los oleoductos. El oleoducto, como sistema de transporte, tiene un punto de partida representado por un área, donde se erige un cierto número de tanques para almacenar el crudo que diariamente va a ser bombeado por el oleoducto. Los tanques deben mantenerse en buen estado para evitar fugas o filtraciones del petróleo almacenado. Además, el estado de limpieza del almacenamiento debe ser tal que el petróleo retirado esté libre de impurezas, agua y/o sedimentos. El volumen y las características del petróleo que se recibe y despacha del almacenamiento son medidos y fiscalizados para tener una relación cronológica del movimiento de crudos. Las bombas succionan petróleo de los tanques y lo descargan al oleoducto para llevarlo al punto de entrega. Estas bombas requieren atención y mantenimiento para que todo el tiempo funcionen eficazmente.

El propio oleoducto requerirá también su cuota de atención y mantenimiento. Con el tiempo, se depositan en la pared interna del oleoducto capas de hidrocarburos y

---

<sup>20</sup> Ibíd.

sedimentos finos que paulatinamente reducen el diámetro del conducto. Tales obstrucciones redundan en incrementos innecesarios de la presión de bombeo y reducción del volumen bombeado. Por esto, es necesario limpiar el oleoducto de tales sedimentos.

Otro aspecto del mantenimiento es cerciorarse del estado exterior del oleoducto, ya que éste está sujeto a fuerzas internas (bombeo, corrosión, erosión, fatiga) que a la larga pueden debilitar su resistencia y causar filtraciones o estallidos. Puede ocurrir el caso que un tramo de la tubería del oleoducto se parta por completo.

Estos casos son más fáciles de detectar desde la estación de bombeo, ya que la presión disminuye instantáneamente. Se suspenderá automáticamente el bombeo de petróleo y se ubicará el sitio donde ocurrió el accidente. Una vez que se ha detectado el sitio del derrame se bloquean ambos extremos del ducto para reparar el tramo dañado y así continuar con el proceso de transporte.

Para evitar interrupciones inesperadas en el funcionamiento y tomar medidas preventivas oportunamente, siempre es aconsejable conocer de antemano el estado físico del oleoducto, y esto se hace a través de observaciones visuales o exámenes de la tubería por rayos (x) u otros medios apropiados para luego proceder a las reparaciones debidas.

El final del oleoducto puede ser una refinería o la combinación de refinería y terminal de embarque. Allí el volumen y la calidad de crudo entregado deben corresponder al despachado. De igual manera, las instalaciones de recibo en la refinería y/o terminal deben mantenerse en buen estado físico y seguridad de funcionamiento, como se mencionó con respecto al área de tanques, origen del oleoducto. En la figura 3, se presenta el mapa de la red nacional de oleoductos<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Ibíd.

Figura 3. Mapa oleoductos de Colombia



Fuente: ECOPETROL Red Nacional de Oleoductos [en línea] disponible en: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

## 2.15 REFINERÍAS Y COMERCIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS

Una refinería de petróleo o destilería es una plataforma industrial con equipos diseñados para la refinación del petróleo o separación de hidrocarburos por medio

de la cual mediante procesos adecuados se obtienen diversos combustibles fósiles atractivamente comerciales o combustibles utilizados para los mismos equipos, capaces de ser utilizados en motores de combustión (gas, diésel, gasolina, etc.), aceites minerales, asfaltos y otros, para luego ser comercializados en el mercado nacional o internacional.

## **2.16 HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES**

Se cree que la formación de los hidrocarburos requirió de millares de años; primero se dio la acumulación de materia orgánica en el suelo y a medida que transcurría el tiempo, se sedimentaron capas de partículas, las cuales aumentaron la presión y temperatura convirtiendo dicha materia en compuestos líquidos y gaseosos: petróleo y gas. La roca en la que se dio este proceso de sedimentación y transformación se conoce como “roca generadora”, la cual se caracteriza por tener baja porosidad y permeabilidad, por lo que los hidrocarburos no pueden fluir y escaparse de ella. Los movimientos ocurridos en la corteza terrestre, provocaron fisuras permitiendo la migración de hidrocarburos hacia formaciones más permeables a partir de los cuales se crearon los yacimientos de gas y petróleo convencionales.

Los yacimientos no convencionales son aquellos que contienen hidrocarburos que aún se encuentran atrapados en la roca generadora. La diferencia con los convencionales, radica en el tipo de formación geológica en la que se encuentran, las tecnologías para su extracción y las características del hidrocarburo<sup>22</sup>.

**2.16.1 Petróleo no convencional.** El petróleo no convencional tiene como principal característica que es un recurso energético obtenido por técnicas no

---

<sup>22</sup> AREVALO BALLEEN Omar Esneyder, SUAREZ ACEVEDO Paola Ximena, Estudio del impacto ambiental por fracturamiento hidráulico en Colombia Tesis Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico – Químicas Escuela de Ingeniería de Petróleos 2015

convencionales de producción. Los petróleos no convencionales pueden clasificarse en:<sup>23</sup>

**2.16.2 Arenas Petrolíferas (Oíl Sands O Tarsands).** Estas arenas se encuentran generalmente en superficie (hasta 75 m de profundidad) y se explotan en la forma de minería a cielo abierto. En caso de encontrarse en profundidad suelen utilizarse técnicas de inyección de vapor o solventes para lograr su explotación<sup>24</sup>.

**2.16.3 Petróleos Extra pesados (Bitumen).** A diferencia de las arenas petrolíferas, este crudo solo se encuentra en el subsuelo, es de menor densidad y puede explotarse a través de las técnicas de perforación horizontal<sup>25</sup>.

**2.16.4 Petróleo de esquistos, lutitas o pizarras bituminosas (shaleoil) o más genéricamente petróleo ligero de formaciones compactas (light tighoil).** Se trata de petróleo contenido en rocas sedimentarias, básicamente lutitas muy compactadas y laminadas. En caso de presencia de estos recursos a nivel del suelo se explotan en la forma de minería a cielo abierto. En caso de encontrarse en el subsuelo se utiliza la tecnología de fractura hidráulica<sup>26</sup>.

**2.16.5 Petróleo de formaciones compactas (Tightoil).** Petróleo contenido en formaciones geológicas definidas más o menos arbitrariamente ya que su definición no depende de la conformación y composición de la roca, sino de su permeabilidad<sup>27</sup>.

**2.16.6 Gas No Convencional.** Las principales diferencias con el gas convencional están relacionadas con la formación geológica en la que se encuentra o el tipo de

---

<sup>23</sup> Ibíd.

<sup>24</sup> Ibíd.

<sup>25</sup> Ibíd.

<sup>26</sup> Ibíd.

<sup>27</sup> Ibíd.

tecnología necesaria para su explotación. El gas no convencional puede clasificarse en cuatro categorías<sup>28</sup>

**2.16.7 Gas de Esquisto (Shale Gas).** Es el gas natural contenido en formaciones rocosas, comúnmente clasificados como pizarra. Son formaciones de esquisto que se caracterizan por una baja permeabilidad, donde el gas fluye con menor facilidad que en un depósito convencional<sup>29</sup>.

**2.16.8 Gas de Arenisca de Baja Permeabilidad (Tight Gas).** Es un término general para el gas natural que se encuentra en formaciones de menor permeabilidad aún que el shale gas. En ambos casos deben emplearse tecnologías para estimular el flujo del gas, como por ejemplo, la fracturación hidráulica<sup>30</sup>.

**2.16.9 Metano en capas de carbón gas grisú (coalbed methane).** También conocido como gas de hulla, es el gas natural contenido en capas de carbón. La extracción de metano en capas de carbón se llevó a cabo inicialmente por razones de seguridad en las minas. En la actualidad se produce a partir de las capas de carbón no explotables<sup>31</sup>.

**2.16.10 Gas En Hidratos (Gas Hydrate).** Son moléculas de metano atrapadas en capas permanentes de hielo formando estructuras cristalinas con las moléculas del agua. Se localizan en regiones de muy baja temperatura y alta presión, principalmente en el Ártico, a profundidades mayores a los 200 metros y en sedimentos marinos a profundidades de más de 500 metros. Aunque el potencial

---

<sup>28</sup> Ibíd.

<sup>29</sup> Ibíd.

<sup>30</sup> Ibíd.

<sup>31</sup> Ibíd.

energético estimado de este recurso es enorme, no existen en la actualidad proyectos en ejecución para su recuperación<sup>32</sup>.

## 2.17 FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

El fracturamiento hidráulico o fracking no es una tecnología nueva, los registros indican que fue desarrollado por primera vez en 1903, pero su primera aplicación comercial se produjo en 1948. Desde 1998, Estados Unidos ha visto un aumento en la perforación horizontal y el fracturamiento hidráulico como resultado del desarrollo del shale Barnett en Texas.<sup>33</sup>

El fracturamiento hidráulico es el proceso de usar fluido a alta presión compuesto principalmente por agua y arena, y por ciertos componentes químicos, con el fin de abrir los poros de la roca y permitir que las fracturas permanezcan abiertas para que salga el crudo/gas al pozo<sup>34</sup>.

Sin embargo esta técnica se considera bastante compleja cuando es aplicada en rocas de baja permeabilidad, debido a que las zonas donde se depositarán los sedimentos para formar los esquistos es bastante extensa geográficamente y la forma en cómo se depositarán podría haber sido diferente para cada zona, por lo que el campo de esfuerzos al que se encuentra sometido podría variar<sup>35</sup>.

---

<sup>32</sup> *Ibíd.*

<sup>33</sup> ARTHUR James Daniel HOCHHEISER H. William COUGHLIN Bobbi Jo State and Federal Regulation of Hydraulic Fracturing: A Comparative Analysis [en línea] disponible en: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-140482-MS>

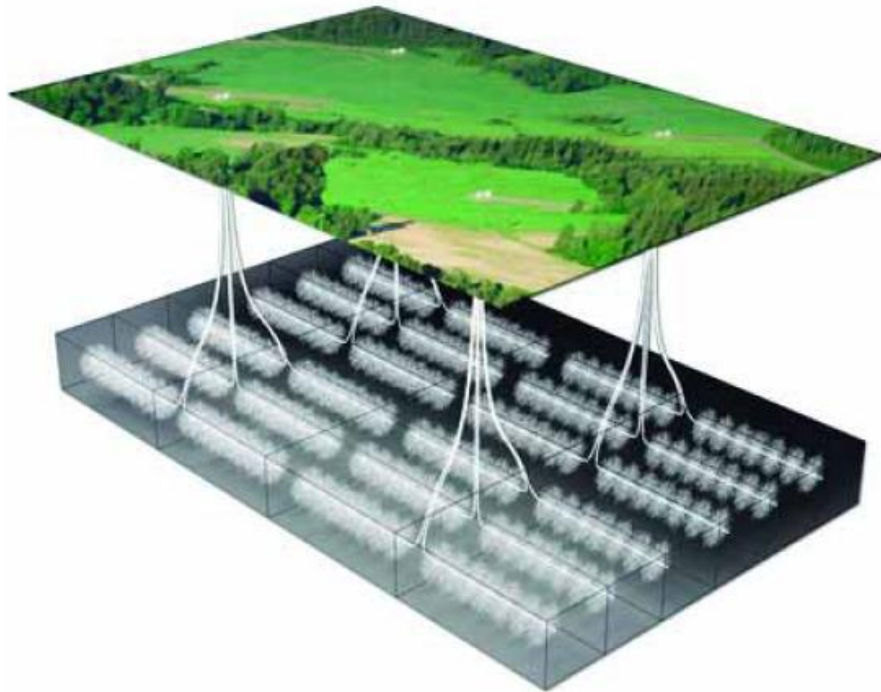
<sup>34</sup> S.L. SAKMAR, ESQ., UNIVERSITY OF SAN FRANCISCO Shale Gas Developments in North America: An Overview of the Regulatory and Environmental Challenges Facing the Industry, SPE 2011

<sup>35</sup> ONEPETRO Environmental Considerations of Modern Shale Gas Development [en línea] disponible en: <https://www.onepetro.org/...paper/SPE-122931-MS>

Esto quiere decir que un diseño de fractura puede resultar exitoso para un área, pero no para otras.

La utilización de las técnicas de perforación de pozos horizontales y el fracturamiento hidráulico genera diferencias con las explotaciones convencionales respecto de la cantidad y distribución de pozos sobre los yacimientos. Debido a que este proceso permite que se perforen pozos múltiples desde una misma plataforma como se muestra en la figura

**Figura 4. Plataforma multipozos.**

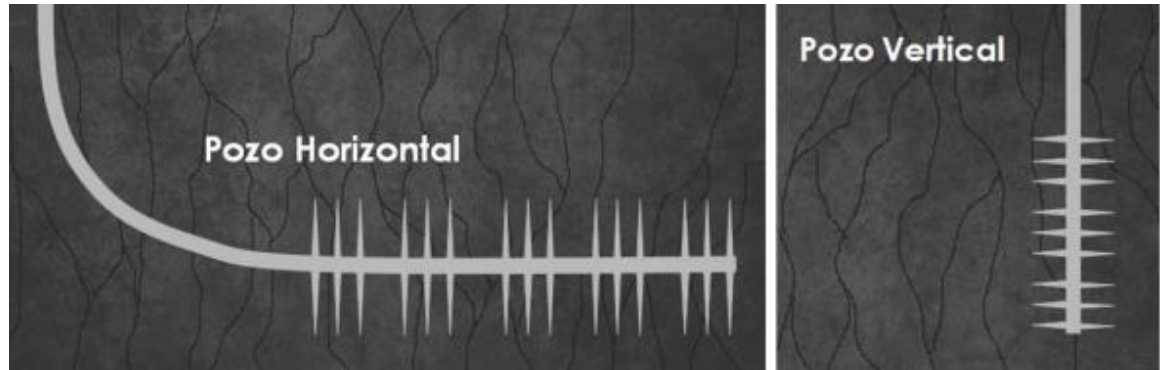


Fuente: CAVAZZOLI Gustavo, RACHID Raúl, 2010.

**2.17.1 Perforación Horizontal** La perforación horizontal es una técnica que permite aprovechar el área superficial de la formación donde se encuentra el hidrocarburo y así agotar más los recursos de shale gas y shale oíl en una zona geográfica que con un solo pozo vertical en la misma zona. En comparación, un

pozo horizontal puede extenderse desde 2.000 a 6.000 pies de largo y drenar un área aproximadamente 4.000 veces mayor que la drenada por un pozo vertical.

**Figura 5. Esquema perforación horizontal y vertical**



Fuente: Tomado y modificado de FAISAL N. ALENEZI. Development of Type Curves for Gas Production from Hydraulically Fractured Horizontal Wells in Unconventional Reservoirs. West Virginia 2011.

**2.17.2 Fluidos De Fracturamiento.** Los fluidos de fracturamiento pueden ser a base de aceite, gel, ácido o agua, pero el más usado en un trabajo de fracturamiento son los fluidos a base de agua (slickwater). Además del agua el cual se requiere aproximadamente entre dos y cinco millones de galones por pozo, los fluidos de fracturamiento pueden contener una amplia gama de aditivos, cada uno diseñado para cumplir una función particular. Por ejemplo, en el fracturamiento hidráulico de shale gas en zonas profundas, el agua se mezcla habitualmente con un reductor de fricción para reducir la resistencia del fluido inyectado que se mueve a través del casing, biocidas para prevenir el crecimiento bacteriano, inhibidores de incrustaciones para evitar la acumulación de cristales, y apuntalantes, estos últimos pueden ser arena, perlas de cerámica, u otros para mantener las fracturas abiertas.

El número de aditivos químicos en un típico tratamiento de fracturamiento varía dependiendo de las condiciones específicas del pozo que está siendo fracturado.

Los reductores de fricción permiten que los fluidos de fracturamiento y los propantes sean bombeados a la zona de interés a una alta velocidad, reduciendo así la presión mucho más que si fuera solo el agua el único componente bombeado. Los biocidas previenen el crecimiento de microorganismos para reducir la contaminación biológica de las fracturas; Los eliminadores de oxígenos y otros estabilizadores previenen la corrosión de las tuberías; los ácidos se utilizan para remover el lodo de perforación y a disolver minerales de la formación ayudando a generar las fracturas en la roca. En general la concentración de los aditivos puede variar de un 0.5% a 2% dependiendo de la cuenca geológica o de una formación a otra<sup>36</sup>.

Debido a que las características de cada pozo varían, no existe una única fórmula de los volúmenes de cada aditivo, por lo que las compañías de servicios han desarrollado un número de aditivos con propiedades funcionales similares para ser usados en el mismo propósito.

**2.17.3 Descripción general del proceso de fracturamiento hidráulico.** Antes de que las compañías operadoras y de servicios realicen un tratamiento de fractura hidráulica a un pozo, deben llevar a cabo una serie de pruebas para asegurarse de que el pozo, el equipo de cabeza del pozo y el equipo para fracturar tienen un buen funcionamiento y que van a resistir las presiones y tasas a bombear. En Estados Unidos el mínimo de requerimiento para realizar esta práctica está establecido por cada estado. Luego de probar que todos los equipos se encuentran en buenas condiciones, se realiza la perforación vertical atravesando capas de rocas y acuíferos, desde la plataforma en la superficie hacia donde se encuentra la capa de shale. Antes de llegar a la capa de shale comienza la perforación horizontal para poder penetrar en el estrato de interés. Como las distancias horizontales son muy largas, el proceso de fractura hidráulica que se

---

<sup>36</sup> CLEANWATER 85 State Oil and Natural Gas Regulations Designed to Protect Water Resources, mayo 2009 86 Modern Shale Gas Development in the United States: un Primer, 2009 [en línea] [citado en Abril de 2013] Disponible en: <http://cleanwater.org/page/fracking-process>.

iniciará después se lleva a cabo en varias etapas independientes. El proceso de perforación se lleva a cabo ininterrumpidamente las 24 horas del día durante meses. A medida que se van instalando los tubos de revestimiento (casing) que refuerzan el hueco de la perforación, se va cementando el espacio existente entre el exterior del tubo y la pared del pozo (espacio anular). La cementación es de suma importancia puesto que en la fase de fractura hidráulica el pozo es sometido a múltiples cambios de presión muy fuertes<sup>37</sup>

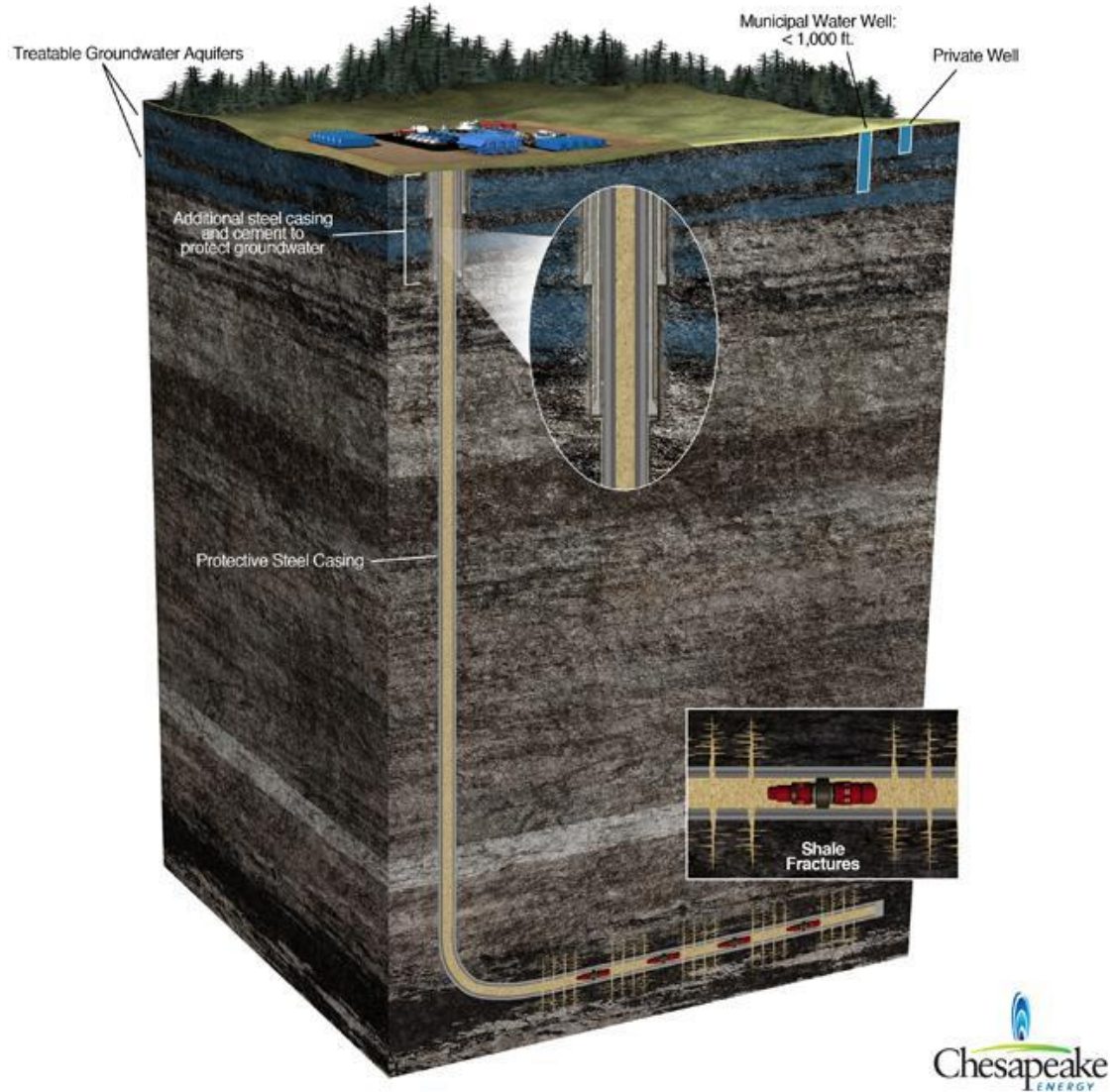
Los tubos de revestimiento junto con el cemento cumplen una función estructural importante que es proporcionar solidez y consistencia al pozo, además de prevenir hundimiento del pozo. También cumplen otra función importante que es proteger los acuíferos de posibles contaminaciones por los lodos de perforación, el fluido de fractura, como el propio gas metano, metales pesados, partículas radioactivas u otras, o cualquiera de las sustancias presentes en la roca (figura 6). Una vez alcanzado el estrato deseado se utilizan explosivos para crear pequeñas grietas alrededor del orificio de producción<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> ONEPETRO Environmental Considerations of Modern Shale Gas Development [en línea] disponible en: <https://www.onepetro.org/...paper/SPE-122931-MS>

<sup>38</sup> COMIMSA Extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica en Burgos, 2012 [en línea] disponible en: <http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/6-La%20extracci%C3%B3n%20de%20Gas%20No%20Convencional.pdf>

**Figura 6. Proceso general del fracturamiento hidráulico**



Fuente: HYDRAULIC FRACTURING Proceso general del fracturamiento hidráulico [en línea] disponible en: <http://www.hydraulicfracturing.com/Process/Pages/information.aspx>

Con la fractura hidráulica se generan estas pequeñas grietas, las cuales se extienden por varios cientos de metros debido a la elevada presión con que entra el fluido inyectado. El tramo horizontal es dividido en varias etapas independientes empezando por el extremo final (pie). Cada etapa es fracturada alrededor de 15 veces consecutivas y cada una con aditivos específicos. Por lo tanto, cada pozo

es sometido a un gran número de fuertes compresiones y descompresiones que ponen a prueba la resistencia de los materiales y la correcta realización de la cementación, de las uniones, del sellado, etc.

Aproximadamente un 98% del fluido inyectado es agua y un agente de apuntalamiento (normalmente arena) que sirve para mantener abierta las fracturas formadas, permitiendo así la extracción posterior del gas a través del tubo de producción. El 2% restante son productos químicos que sirven para lograr una distribución homogénea del agente de apuntalamiento, facilitar el retroceso del fluido, inhibir la corrosión, limpiar los orificios y tubos y como antioxidante, biocida/bactericida<sup>39</sup>.

La perforación y el fracturamiento hidráulico de pozos horizontales de shale gas requieren de aproximadamente entre 2 a 7 millones de galones de agua por pozo, dependiendo de las características de la formación y de cada pozo en particular. El agua con frecuencia proviene de los cuerpos de agua superficiales como ríos y lagos, pero también pueden provenir de las aguas subterráneas y aguas producidas reutilizadas<sup>40</sup>.

Las necesidades de agua de las operaciones de fractura entran en conflicto con el suministro para la demanda local. Esto puede tener nefastas consecuencias para la vida acuática, la pesca y otras actividades recreativas, así como para industrias o explotaciones agrícolas o ganaderas<sup>41</sup>.

Otra fase del proceso es la gestión del fluido de retorno que emerge a la superficie junto al gas y que puede oscilar entre el 15 y el 80% del líquido inyectado. La parte no recuperada del fluido permanece en el subsuelo desde donde podría migrar

---

<sup>39</sup> Ibid.

<sup>40</sup> Cumulative Impacts of Shale-Gas Water Management: Considerations and Challenges

<sup>41</sup> BURGOS Extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica, 2012

hacia la superficie o hacia los acuíferos. El fluido es altamente tóxico y sigue emergiendo en cantidades menores durante un período prolongado<sup>42</sup>.

**2.17.4 Equipamiento Común en el Fracturamiento Hidráulico.** Las operaciones de fracturamiento hidráulico requieren el uso de una variedad de equipos, entre ellos<sup>43</sup>:

**2.17.5 Mezclador o Blender.** En este equipo extrae de los tanques de almacenaje el fluido fracturante (viscoso) para mezclar con un propante (arena). Esta lechada es usada para mantener la fractura abierta una vez que el tratamiento ha sido terminado. Este equipo es peligroso porque el polvo de los productos que se están mezclando y la salpicadura de los fluidos pueden provocar daños a los pulmones, irritación a los ojos y/o quemaduras.<sup>44</sup>

**2.17.6 Bomba para fracturar o Frac Pump.** Esta lechada es luego pasada a una bomba de alta presión la cual introduce los fluidos al pozo. El tipo de bomba se escoge de acuerdo a las necesidades específicas<sup>45</sup>.

**2.17.7 Tanque de almacenamiento de fluidos.** En las operaciones de fracturamiento se emplean varios tamaños y configuraciones de tanques para almacenar los fluidos<sup>46</sup>.

**2.17.8 Impactos asociados a la fractura hidráulica** Hoy en día EEUU es el líder de la industria en términos de desarrollo de shale gas, el éxito de este ha sido tal, que ahora ningún otro país en el mundo se quiere quedar atrás en esta revolución energética. Sin embargo, esta experiencia ha ayudado no solo a este país sino al

---

<sup>42</sup> Ibid.

<sup>43</sup> Ibid.

<sup>44</sup> Ibid.

<sup>45</sup> Ibid.

<sup>46</sup> Ibid.

mundo entero a tomar grandes decisiones sobre esta práctica. Algunas compañías productoras de shale gas han empezado por iniciativa propia, a tener más conciencia y compromiso en proteger al medio ambiente, al reutilizar los fluidos producidos durante un fracturamiento hidráulico y a contribuir dando a conocer la información sobre los químicos utilizados a las diferentes organizaciones interesadas. Sin embargo, estas acciones no han evitado que los diversos grupos ambientalistas y legisladores dejen de resistirse a que continúe la explotación del shale gas, debido a que el impacto ambiental que se ha ocasionado en Estados Unidos, por estas operaciones, es inmenso e irreparable, y las actividades y normatividades ambientales no han sido reglamentadas aún. A su vez, la oposición que se ha gestado en Estados Unidos se ha replicado en otros lugares del mundo, logrando así, por ejemplo, que en el 2011 Francia aprobara una ley que prohíbe la técnica de fracturamiento hidráulico (Observatorio Petrolero Sur (2012) Yacimientos no Convencionales en Argentina). En Estados Unidos o EUA se han presentado numerosas denuncias debido a la contaminación del medio ambiente durante todo el ciclo de la explotación y extracción del shale gas. Es por ello que, para llevar a cabo un desarrollo adecuado de este recurso, se requiere un estudio cuidadoso sobre posibles impactos ambientales generados por la práctica de esta técnica y las posibles regulaciones que se pueden plantear para evitar riesgos potenciales al medio ambiente y la salud pública. La principal entidad encargada de este estudio en los EUA es la agencia de protección ambiental EPA (por sus siglas en ingles), y es la que se encargará de entregar al Congreso de ese país, la ponencia de ley con la exposición de motivos detallado, para que este último sea el que tome la decisión de imponer o no nuevas regulaciones a la explotación del shale gas.<sup>47</sup>

**2.17.9 Riesgos Potenciales de Contaminación** El desarrollo de shale gas en los Estados Unidos ha sido ampliamente reconocido como una de las tendencias más

---

<sup>47</sup> VESGA DUARTE Jeniffer Sofia Efectos ambientales del shale gas Tesis Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingeniería de Petróleos Escuela de ingenierías fisicoquímicas 2013

prometedoras en términos de creación de empleo y beneficios económicos con el desarrollo de plays de shale gas como Barnett, Marcellus, Fayetteville y Haynesville, a su vez también es visto como un gran potencial para aumentar los suministros domésticos de gas natural, y como un combustible fósil de combustión más limpia que podría mejorar la independencia energética. Si bien hay muchos defensores de shale gas, también existe oposición a las tecnologías usadas para producir shale gas. Esta oposición se ha intensificado a medida que en la industria del petróleo y el gas se aplica el fracturamiento hidráulico y la perforación horizontal de pozos en más partes del país.

Cuando la Exxon Mobil compro a la compañía XTO Energy en junio de 2010 convirtiéndose en una de las principales compañías productoras de Shale gas en los EUA, causó en los ambientalistas y en algunos legisladores una intensa preocupación debido a que aumentaría el uso de fracturamiento hidráulico o FH como puede ser nombrado de aquí en adelante, la perforación horizontal y con ello la contaminación del agua potable. Frente a esta controversia Rex Tillerson presidente de la Exxon Mobil defendió la tecnología de fracturamiento hidráulico asegurando que con los recientes avances en la perforación horizontal se puede encontrar y producir gas natural de manera segura, eficiente y ambientalmente responsable, y que sin el fracturamiento hidráulico no se podría extraer el gas contenido en las rocas de shale. Según CHESAPEAKE ENERGY CORP una de las compañías perforadoras más importantes en el área del Shale de Marcellus, el agua es el elemento esencial para llevar a cabo un fracturamiento hidráulico y que de acuerdo a su experiencia en esa área, un pozo requiere en promedio de 5,5 millones de galones de agua, sosteniendo así que ellos solo usan una pequeña cantidad de agua en comparación con otras actividades diferentes a la explotación del shale gas, concluyendo así que el recurso del agua no se encuentre en riesgo<sup>48</sup>.

---

<sup>48</sup> Shale Gas Developments in North America: An Overview of the Regulatory and Environmental Challenges Facing the Industry

Sin embargo, la combinación de las tecnologías de fracturamiento hidráulico y la perforación horizontal son la clave para desbloquear las vastas reservas de Shale gas en Norte América. Esto implica que para lograr el éxito en el desarrollo de los plays no solo se debe tener en cuenta las tecnologías para extraer el recurso, sino que además debe considerar las cuestiones ambientales.

Los pozos horizontales en comparación con los pozos verticales tienen ciertas ventajas tanto técnicas como ambientales, estos se pueden extender hasta un poco más 6000 pies de largo y drenar un área de aproximadamente 4000 veces mayor que la drenada por un pozo vertical. El aumento de drenaje crea una serie de importantes ventajas en relación con las preocupaciones ambientales, disminuyendo las áreas perdidas de vegetación, el hábitat perturbado y la construcción en general. Reducir el número de pozos de producción en un campo también reduce la necesidad de personal de campo, el tráfico de camiones, el ruido del tráfico además de menos personal de mantenimiento de las carreteras. Estos impactos pueden reducirse aún más por medio de estrategias de mitigación dentro del campo, tales como muros de sonido y otros.

Debido a que el shale contiene algunas zonas de agua y es propenso a daños durante la perforación con lodo, algunos pozos del shale de Marcellus son perforados con aire. El aire al igual que el lodo de perforación, tienen las funciones de lubricar, enfriar la broca y quitar cortes secos que pueden ser más fácilmente manejados que los residuos húmedos, pero esta está limitada a formaciones de menor presión, tales como las del Shale de Marcellus<sup>49</sup>

Pese a todas estas ventajas y a las afirmaciones de la industria de que la fracturación hidráulica es una tecnología segura y probada, organizaciones ambientales, organizaciones de salud pública y las comunidades locales han

---

<sup>49</sup> Environmental Considerations of Modern Shale Gas Development

expresado numerosas preocupaciones acerca de los potenciales impactos ambientales por el uso de fracturamiento hidráulico en todo el país<sup>50</sup>.

Ha habido numerosas denuncias de que la fracturación hidráulica ha llevado a la contaminación del aire como resultado de la liberación de compuestos orgánicos y gases de efecto invernadero, contaminación de tierras, aguas superficiales, aguas subterráneas, entre otros impactos negativos para el medio ambiente y la salud pública. Esta controversia se ha intensificado y extendido ampliamente generando así un crecimiento de terratenientes, ambientalistas y ciudadanos que alegan que la tecnología de fracturación hidráulica consume enormes cantidades de agua generando muchos inconvenientes relacionados con el medio ambiente poniendo en riesgo el suministro de agua de toda la nación. Además, exigen una investigación y regulación federal frente a este hecho que proporcione un mínimo piso legal de protección del agua potable en el país y principalmente en los Estados donde se está llevando a cabo la perforación y producción del shale gas, puesto que hasta ahora no existe ninguna regulación para el fracturamiento hidráulico.

En respuesta a la preocupación pública, el Congreso de EUA ordenó a la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) o EPA (por sus siglas en inglés) para que llevara a cabo una investigación científica y examinara la relación entre el fracturamiento hidráulico y los recursos de agua potable<sup>51</sup>.

**2.17.10 Impacto Potencial en los recursos de agua potable.** La EPA en la publicación de su último reporte en diciembre de 2012 sobre el avance del estudio de los impactos potenciales en los recursos de agua potable, especifica no hacer aún conclusiones sobre los impactos del fracturamiento hidráulico, porque estos se darán solo en el estudio final en el 2014. Además, dejan claro que el papel

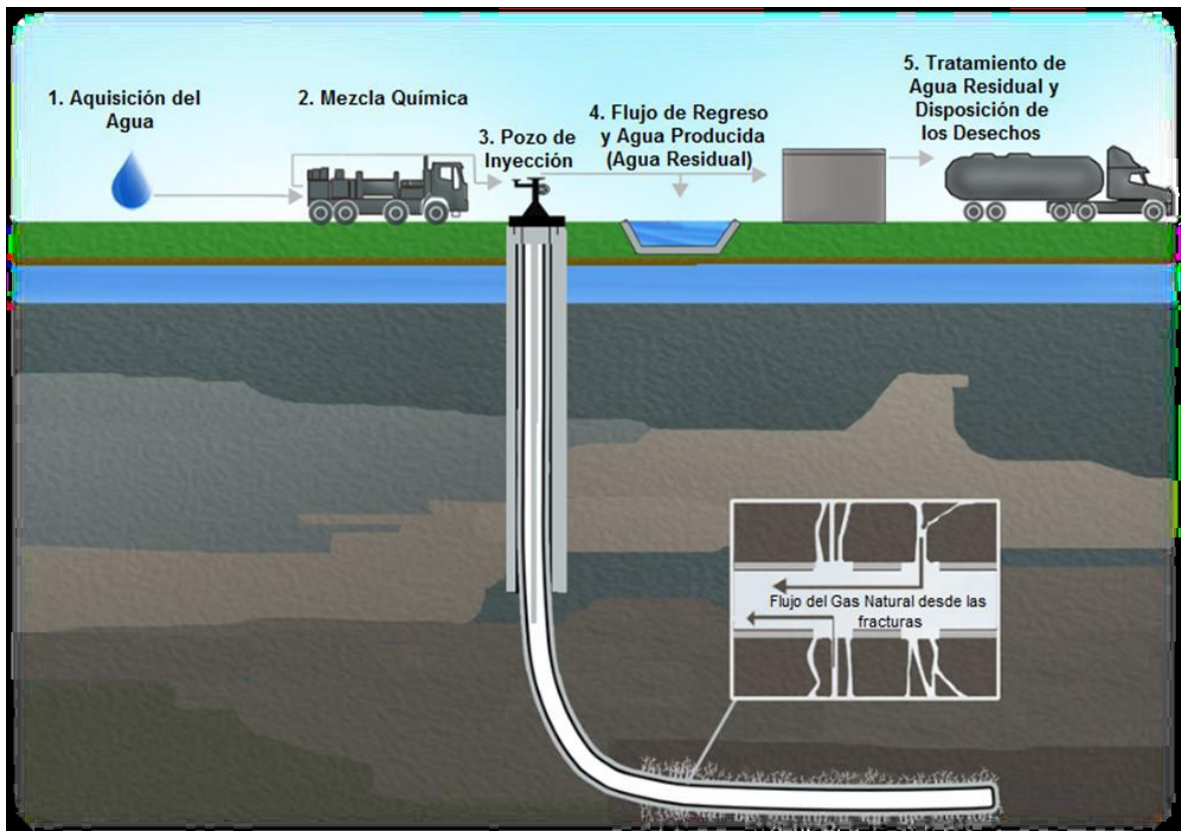
---

<sup>50</sup> VESGA DUARTE Jeniffer Sofia Op. Cit.

<sup>51</sup> EPA Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, 2011

central de la EPA en este estudio es asegurar que la producción de este recurso sea seguro y responsable, debido a que el gas natural desempeña un papel central en el futuro energético del país como fuente de combustible doméstico, el cual tiene una amplia seguridad económica, y beneficios ambientales con respecto a otros recursos. El alcance de la investigación incluye el ciclo de vida del agua en las operaciones de fracturamiento hidráulico, desde su adquisición en los recursos de agua, la mezcla con productos químicos, su utilización en el proceso de fracturamiento, la etapa de post-fracturamiento, incluyendo la gestión de flujo de retorno, el agua producida y su tratamiento final y disposición como se observa en la figura 7<sup>52</sup>

**Figura 7. Impacto Potencial en los recursos de agua potable**



Fuente: Modificado de: [www.epa.gov/hfstudy/index.html](http://www.epa.gov/hfstudy/index.html)

<sup>52</sup> EPA PA's Study of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas and Its Potential Impact on Drinking Water Resources [en línea] disponible en: [www.epa.gov/hfstudy/index.html](http://www.epa.gov/hfstudy/index.html)

De acuerdo a esto la EPA plantea el siguiente cuestionamiento siguiendo ese orden del ciclo de vida del agua en el fracturamiento hidráulico:

- **Etapa 1, Adquisición del agua:** como grandes volúmenes de aguas superficiales y subterráneas (abastecen pozos y manantiales) son utilizados en el proceso de FH, la EPA investiga el cambio en la cantidad de agua disponible para beber, así como la calidad del agua potable<sup>53</sup>.
- **Etapa 2, Mezcla Química:** Una vez el agua es llevada al lugar donde se encuentra el pozo, esta es combinada con aditivos químicos y apuntalantes para generar el fluido de fracturamiento. Los aditivos químicos se usan para una variedad de propósitos diferentes. La EPA investiga sobre la liberación por derrames o goteos del fluido de FH en superficies o zonas vecinas (o cercanas a cuerpos de aguas potables) durante este procedimiento<sup>54</sup>.
- **Etapa 3, Inyección en el pozo:** El fluido de FH es inyectado a presión creando así grietas dentro de la formación geológica, permitiendo que el gas escape hacia el pozo para luego ser recolectado en la superficie. Los posibles impactos que se están investigando en esta etapa son la liberación de los fluidos del FH a las aguas subterráneas debido a la inadecuada construcción del pozo así como la inadecuada operación, movimiento de los fluidos de FH de la formación de interés a los acuíferos de agua potable a través de fracturas naturales o fracturas generadas por el hombre en el tratamiento, y movimiento de materiales naturales como metales o materiales radioactivos que se encuentran dentro de la tierra y se movilizan por las actividades del FH hacia los acuíferos<sup>55</sup>.

---

<sup>53</sup> Ibíd.

<sup>54</sup> Ibíd.

<sup>55</sup> Ibíd.

- **Etapa 4, Flujo de retorno y agua producida:** Cuando la presión en el pozo es liberada, el fluido de fracturamiento, el agua de la formación y el gas natural comienzan a fluir de regreso al pozo. Esta combinación de fluidos que contiene aditivos químicos del FH y sustancias de origen natural, son almacenadas normalmente en tanques o piscinas antes de su tratamiento, reciclado o eliminación. Esta agua que se devuelve a la superficie se denomina comúnmente como "flujo de retorno". El posible impacto de contaminación sería la liberación a las aguas superficiales o suelo por derrames o fugas en los sitios de almacenamiento<sup>56</sup>.
- **Etapa 5, Tratamiento de Aguas Residuales y Disposición o Eliminación de Residuos:** Las aguas residuales son tratadas de varias maneras, a través de la eliminación por inyección subterránea, o por un tratamiento seguido por una deposición a cuerpos de agua en superficie, o a través del reciclado (con o sin tratamiento) para usarse en operaciones futuras de FH. Los posibles impactos en los recursos de agua potable son la contaminación por medio de las aguas residuales que alcanzan el agua potable debido a descargas de agua en la superficie e inadecuado tratamiento de aguas residuales, y los subproductos formados en las instalaciones de tratamiento de agua potable por la reacción de los contaminantes del FH con los desinfectantes<sup>57</sup>.

Responder estas preguntas implica los esfuerzos de científicos e ingenieros con una amplia gama de conocimientos, en petróleo, simulación, hidrología, toxicología, geología, entre otros.

En última instancia, los resultados de este estudio serán para informar al público y proporcionara los legisladores conocimientos científicos sólidos que se puedan utilizar para el proceso de toma de decisiones en cuanto a las regulaciones.

---

<sup>56</sup> *Ibíd.*

<sup>57</sup> *Ibíd.*

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.

La tecnología de fracturamiento hidráulico consume grandes cantidades de agua requeridas para este proceso generando muchos inconvenientes relacionados con el medio ambiente. Extraer agua superficial durante flujos bajos (cambios de estación) podría afectar los suministros de aguas municipales e industriales, así como la vida acuática (Arthur, Uretsky y Wilson 2010). 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 radioactivos naturales (Naturally Occurring Radioactive Material) o NORM por sus siglas en inglés. 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<sup>58</sup>

Sin embargo, la reutilización del agua producida como una fuente alternativa de agua puede ser limitada debido a que la calidad del agua sobre el rendimiento de un fluido de fracturamiento no producirá el mismo efecto que si fuera tomado directamente de una fuente de agua<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> EPA Unconventional Oil and Gas Extraction Effluent Guidelines [en línea] [citado en marzo de 2013] disponible en: <http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/shale.cfm>.

<sup>59</sup> Cumulative Impacts of Shale-Gas Water Management: Considerations and Challenges

Esto es debido a que la concentración de sólidos disueltos en el agua producida no está dentro del rango deseado y no será tan eficiente en una posterior utilización. Aun así, muchos operadores utilizan una combinación de agua producida mezclada con agua fresca para diluir el agua y dejarla caer dentro de los intervalos de concentración aceptables. Esta mezcla puede hacer que el agua producida sea una fuente viable de agua para suplir cierta cantidad de agua necesaria en el fracturamiento hidráulico.

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 (ALL y GWPC 2009). 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<sup>60</sup>.

El tratamiento del agua producida se puede hacer a través de los sistemas situados en la localización de los pozos, plantas de tratamiento de agua municipales o instalaciones comerciales de tratamiento. Esta alternativa de gestionar las aguas residuales se encuentra limitada a zonas donde existen plantas de tratamiento con suficiente capacidad. Sin embargo, el tratamiento en las plantas municipales para aguas residuales por lo general no abarca altos

---

<sup>60</sup> Ibid.

contenidos de sodio y cloruro que frecuentemente se encuentran en las aguas producidas y generan problemas<sup>61</sup>.

Como ya se mencionó anteriormente extraer agua superficial durante flujos bajos podría afectar los suministros de agua de la población sino se tienen los controles adecuados sobre el caudal, el tiempo y el lugar donde se puede realizar los retiros. De esta manera si no se extrae agua cuando los caudales son altos aprovechando los cambios estacionales se puede generar impactos adversos en la cantidad y calidad de los recursos acuáticos y en el hábitat terrestre. Las extracciones de agua subterránea pueden no tener un impacto significativo cuando se realiza muy esporádicamente, sin embargo, cuando se realiza múltiples veces en un mismo acuífero se podría volver muy significativo.

Además del ciclo de vida del agua dentro de las operaciones de fracturamiento hidráulico, también se debe tener en cuenta el ciclo del agua en el medio ambiente, este involucra una circulación continua de agua importante para mantener el equilibrio en el ambiente. En este ciclo, el agua pasa de la superficie terrestre en la fase de vapor a la atmósfera para luego retornar a la superficie en forma de precipitación. El agua que precipita en la tierra tiene varios destinos, a través de la escorrentía superficial que se concentra en ríos y arroyos, y el restante que se filtra en el interior del suelo donde parte de esa agua infiltrada se transpira a la atmósfera mientras que el resto se convierte en agua subterránea.

Existe la preocupación de que, cuando el agua del suelo o la superficial se utiliza en la perforación y en el fracturamiento hidráulico de pozos de shale gas, esta agua extraída de acuíferos se considera que se pierde definitivamente del ciclo hidrológico (Penn State University 2010).

---

<sup>61</sup> Ibid.

Después de que las operaciones de fracturamiento hidráulico se han completado, cierto volumen de agua permanece en la formación. Esa cantidad de agua que no es producida y que queda dentro de la formación, es en algunos casos de hasta el 70 por ciento de agua no recuperada a través del pozo, y por ello se retira del ciclo hidrológico. Otra manera de eliminar el agua del ciclo hidrológico es con el tratamiento del agua para su posterior reutilización en operaciones de perforación, sin embargo, si se realiza el tratamiento y se asegura que el agua obtenida es de buena calidad, esta podrá descargarse a fuentes superficiales y de esta manera permanecerá en el sistema<sup>62</sup>.

Este impacto potencial se puede reducir o evitar mediante el trabajo conjunto entre los operadores y los responsables de la administración del agua para desarrollar un plan de cuándo y dónde se producirán los retiros sin interferir con las necesidades de la comunidad<sup>63</sup>.

**2.17.11 Opciones para la deposición del agua de desecho.** Los operadores de shale gas manejan el agua producida a través de: inyección subterránea, tratamiento, reciclaje y descarga.

**2.17.12 Inyección subterránea** Esta práctica empezó desde la década de 1930, donde los productores de petróleo comenzaron a eliminar la salmuera (brine) producida junto con el crudo, reinyectándola en la misma formación de la cual fue extraída. En esta misma década, se utilizó la reinyección de salmuera producida con el fin de empujar el petróleo a un pozo adyacente, comenzando así la práctica de recuperación mejorada (Enhanced Oil Recovery, EOR por sus siglas en inglés). En la década de 1940, las refinerías de petróleo comenzaron a usar la inyección en pozos profundos para la eliminación de sus residuos, una década más tarde varias plantas químicas siguieron esta tendencia. En la década de 1950, a medida

---

<sup>62</sup> Ibid.

<sup>63</sup> Ibid.

que la práctica de la eliminación de salmuera mediante inyección en pozos profundos continuó creciendo, muchos estados comenzaron a implementar regulaciones. En la década de 1960, los casos documentados de contaminación del agua subterránea asociada con la inyección subterránea de residuos comenzaron a aflorar, en especial el caso del pozo de inyección de residuos de la compañía Hammermill Paper Company en Erie, Pennsylvania, el cual sufrió una falla en el casing y el residuo inyectado escapó dentro de la tierra y entró al lago Erie. Aunque nunca se comprobó, un líquido negro se encontró fluyendo de un pozo de petróleo abandonado aproximadamente a cinco millas del pozo de residuos de Hammermill, el cual se cree que es el mismo era licor de pulpa proveniente de este último pozo.

En respuesta a este y otros casos, el Congreso de EUA aprobó la Ley de Agua Potable Segura (Safe Drinking Water Act, USDW por sus siglas en inglés) en 1974 y dio a la EPA la autoridad para regular la inyección subterránea de todos los residuos con el fin de proteger los USDW. En la siguiente década, la regulación de Control de Inyección Subterránea Federal (Underground Injection Control, UIC por sus siglas en inglés) aprobó cinco clases de pozos que se encuentran bajo el programa UIC, y los correspondientes requisitos (desarrollados por la EPA) a los Estados y tribus para llevar a cabo su aplicación bajo su propia responsabilidad y supervisión en sus diferentes territorios<sup>64</sup>. Actualmente existen seis tipos de pozos de inyección de residuos, pero el tipo de pozo que relacionan los desechos de la industria de petróleo y gas es la Clase II.

Los pozos clase II han inyectado de una manera segura, aproximadamente más de 33 trillones de galones de residuos producidos en los pozos de aceite y gas sin poner en peligro las fuentes subterráneas de agua potable<sup>65</sup>.

---

<sup>64</sup> Underground Injection Wells for Produced Water Disposal, Chesapeake Energy Corporation

<sup>65</sup> Ibid.

Dentro de esta clasificación están los pozos de inyección usados para la recuperación mejorada EOR de crudo y gas, y los utilizados para disponer los fluidos asociados con la producción de petróleo y gas o también llamados pozos de eliminación de salmueras (Saltwater Disposal Wells, SWD).

En muchas regiones de los EE.UU., la inyección subterránea es el método más común de eliminación o disposición de líquidos u otras sustancias provenientes de las operaciones de extracción. 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 (ALL y GWPC 2009)<sup>66</sup>.

**2.17.13 Piscinas** Estos depósitos son utilizados para almacenar el agua dulce que será posteriormente utilizada en las operaciones de fracturamiento hidráulico o para almacenar agua utilizada o de desecho generada por la misma operación (ALL y GWPC 2009). Cada piscina está diseñada para retener los líquidos evitando que se infiltren (revestimiento sintético) en recursos hídricos vulnerables (figura 8). Las piscinas tienen un estándar dentro de la industria petrolera pero no es apropiado en todos lados. El volumen de agua producida es una mezcla de los fluidos de fracturamiento y de sustancias naturales radioactivas que forman parte de las rocas llamados NORM (naturally occurring radioactive material) por sus siglas en inglés.

Las piscinas presentan ciertos problemas potenciales tales como el desborde del agua de desecho como consecuencia de la lluvia, generando así infiltración al suelo, además se puede presentar otro tipo de infiltración dentro de ellas por presencia de fugas internas. También se puede generar liberación de gases volátiles hacia la atmósfera por la exposición abierta de estos depósitos<sup>67</sup>.

---

<sup>66</sup> Ibid.

<sup>67</sup> Summary of Environmental Issues, Mitigation Strategies, and Regulatory Challenges Associated

**2.17.14 Tratamiento del Agua.** El manejo del flujo de retorno y el agua producida, es generalmente la inyección subterránea en pozos Clase II, o tratamientos de estos residuos para su posterior reutilización o descarga en fuentes de agua. El tratamiento de estos desechos presenta grandes desafíos, ya que contiene elevadas cantidades de sólidos disueltos totales TDS (Total Dissolved Solids) por sus siglas en inglés. El TDS es una medida del contenido de la materia disuelta en el agua que comprende sustancias naturales (sales, materia orgánica, minerales, etc.) combinada con sales inorgánicas (calcio, sodio, magnesio, potasio, cloruros, entre otros). Entre más tiempo permanezca el fluido de fracturamiento en contacto con la roca, más cantidad de TDS, metales y componentes naturales radioactivos (NORM) recogerá<sup>68</sup>.

En el 2010 en Pennsylvania se crearon nuevas regulaciones para las descargas de aguas producidas en las operaciones de shale gas para proteger los cuerpos de agua y el agua potable pública, estableciendo que los estándares de TDS para el agua de desecho debía ser menor a 500 ml/L, para los cloruros de 250 ml/L y para el bario y estroncio debía ser de 10 ml/L<sup>69</sup>.

El tratamiento del agua puede ser a través de las plantas de tratamiento públicas o a través de instalaciones comerciales de tratamientos de residuos. Un proceso convencional de tratamientos de residuos en plantas publicas consta de cuatro etapas: primaria, secundaria, terciaria y tratamiento avanzado.

**2.17.15 Proceso de tratamiento del agua en plantas públicas.** El tratamiento primario elimina sólidos grandes y otros constituyentes del agua residual que se

---

With Shale Gas Development in the United States and Applicability to Development and Operations in Canada, SPE

<sup>68</sup> Water's Journey Through the Shale Gas Drilling and Production Processes in the Mid-Atlantic Region, The Pennsylvania State University, 2012 - Marcellus Shale Wastewater Issues in Pennsylvania-Current and Emerging Treatment and Disposal Technologies, The Pennsylvania State University, 2011

<sup>69</sup> Water's Journey Through the Shale Gas Drilling and Production Processes in the Mid-Atlantic Region, The Pennsylvania State University, 2012

precipitan o flotan. Estos procesos incluyen tamices, vertederos, mallas removibles y/o sedimentación y flotación (clarificación). El tratamiento secundario elimina compuestos orgánicos biodegradables, mediante el uso de procesos microbianos (bioreactor) en medios fijos (filtros percoladores) o en columnas de agua (tanques de aireación). Normalmente hay otra etapa típica de asentamiento en el proceso secundario donde los sólidos suspendidos generados en el tanque de aireación son eliminados al sedimentarse (clarificación secundaria). En algunos sistemas el proceso terciario o el tratamiento avanzado es aplicado, usando la desinfección con UV, este tratamiento avanzado o proceso terciario es un extra paso del mejoramiento del agua para conseguir un agua de alta calidad (por ejemplo, para su reutilización en el riego). La empresa pública de tratamiento de aguas después de realizar la purificación puede descargar dichas aguas a las corrientes superficiales si no se pretende su reutilización o reciclado en el proceso de producción. Los residuos sólidos formados como subproductos de los procesos de tratamiento pueden contener metales, material orgánico, y radionúclidos que se han eliminado del agua. Los residuos son normalmente deshidratados y enterrados o incinerados.

El número exacto de estas plantas que aceptan los residuos del fracturamiento hidráulico no se tiene claro. En Pennsylvania donde se lleva a cabo la producción del Shale gas de Marcellus, aproximadamente 15 de estas plantas estaban aceptando los residuos de las operaciones de Shale gas hasta mayo de 2011, debido a que el departamento de protección ambiental de Pennsylvania anunció a los operadores de Shale gas cesar voluntariamente la entrega de sus residuos a estas 15 plantas públicas. Esto se debía a que muchas de estas plantas no estaban preparadas adecuadamente para tratar el alto volumen de agua residual con su alto contenido de TDS para su posterior descarga a fuentes de agua y a que durante el tratamiento del agua podía formarse trihalometanos por la

combinación de bromuro con cloro, lo cual genera cáncer en los seres humanos a largo plazo en concentraciones elevadas.<sup>70</sup>

**2.17.16 Proceso de tratamiento en plantas comerciales** Los procesos comerciales para el tratamiento de los residuos del fracturamiento hidráulico incluye la cristalización (descarga cero líquida), destilación térmica/evaporación, electrodiálisis, osmosis inversa, intercambio iónico, coagulación y floculación seguida por asentamiento y/o filtración. Algunos tratamientos son mejores para tratar las aguas con alto contenido de TDS, que es una característica común del agua residual del fracturamiento hidráulico. Los procesos térmicos requieren bastante energía, pero son muy efectivos en el tratamiento del agua con alto contenido de TDS, además pueden ser capaces de generar descarga líquida cero dejando solo un residuo de sal. La electrodiálisis y la osmosis inversa pueden ser viables para el tratamiento de residuos con más bajo contenido de TDS. Estas tecnologías son capaces de tratar contenidos de TDS de hasta 45000 mg/L, pero cuando la concentración es mayor a este valor se requiere de un pre-tratamiento como coagulación y filtración para minimizar incrustaciones en la membrana.

Este tipo de planta puede ser utilizada como un pre-tratamiento a una planta de tratamiento pública, o bajo un permiso aprobado puede descargar directamente a aguas superficiales<sup>71</sup>.

**2.17.17 Reutilización del agua** Los productores de Shale gas están acelerando los esfuerzos para reutilizar y reciclar las aguas residuales del fracturamiento hidráulico en algunas regiones del país, a fin de reducir los costos asociados con

---

<sup>70</sup> Water's Journey Through the Shale Gas Drilling and Production Processes in the Mid-Atlantic Region, The Pennsylvania State University, 2012 - Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, EPA, 2012

<sup>71</sup> Ibid.

la adquisición de nuevos suministros de agua, el transporte y el tratamiento de aguas residuales, traslado y deposición<sup>72</sup>.

En mayo de 2011 la EPA pidió información sobre las prácticas actuales del manejo de las aguas residuales a seis operadoras de Shale gas en la región de Marcellus. Las respuestas a la solicitud de la información, fue que las tecnologías aplicadas por ellos para el tratamiento de los residuos eran similares a las utilizadas típicamente en una planta pública, si los tratamientos eran dentro de las instalaciones ellos incluían tanques de sedimentación y filtración para su posterior reutilización, pero algunos tenían los tratamientos fuera de las instalaciones, y estos incluían clarificación primaria, procesos de precipitación, y clarificación secundaria. Algunos detalles específicos de los métodos de tratamiento fuera de las instalaciones fueron carentes ya que ellos lo consideran de su propiedad<sup>73</sup>.

Hasta qué punto las tecnologías de tratamiento comunes utilizados en las instalaciones de tratamientos de residuos, son efectivos en la eliminación de los productos químicos es actualmente incierto. Por eso el departamento de medio ambiente de Pennsylvania para obtener más información acerca de los impactos en las aguas superficiales pidió a 14 plantas de tratamientos de agua pública muestras de agua para realizar junto con la EPA pruebas de radionucleidos, TDS, pH, alcalinidad, cloruro sulfato y bromuro<sup>74</sup>.

**2.17.18 Impacto Potencial en la Atmósfera.** 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

---

<sup>72</sup> EPA Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, , 2012

<sup>73</sup> Ibid.

<sup>74</sup> EPA Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, 2012

inspecciones periódicas de las válvulas, conectores y líneas abiertas con las tecnologías de detección, y además de las mejores prácticas de manejo o BMPs 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<sup>75</sup>.

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,

---

<sup>75</sup> Summary of Environmental Issues, Mitigation Strategies, and Regulatory Challenges Associated With Shale Gas Development in the United States and Applicability to Development and Operations in Canada, SPE

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<sup>76</sup>.

Debido a que el desarrollo del Shale gas de Barnett se está llevando a cabo dentro de esta gran área urbana, la ciudad de Fort Worth, los operadores están implementando las mejores prácticas de manejo BMPs para mitigar las preocupaciones ambientales (ALL y GWPC 2009).

Actualmente en Estados Unidos se usan tecnologías para capturar el gas natural, las cuales se resumen dentro del programa Natural Gas STAR de la EPA. Este programa incentiva a las empresas petroleras y de gas natural a adoptar tecnologías y prácticas rentables y eficientes con el fin de reducir las emisiones de metano, además de incentivarlas a que documenten voluntariamente sus propias prácticas y tecnologías.<sup>77</sup>

La extracción de gas natural no convencional se ha presentado a nivel mundial como una solución para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto es debido, a la reducción que ocurre gracias a que la combustión de gas natural emite menor cantidad de CO<sub>2</sub> para la producción de energía (energía limpia), en comparación con la cantidad que emite el petróleo y el carbón. El gas natural está formado en un 97% por metano, el cual es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento de alrededor de 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub> ciclo de vida completo engloba las emisiones desde que se inicia su extracción hasta su combustión final para producir energía.<sup>78</sup>

---

<sup>76</sup> Recommendations for policy changes for Gas Drilling Near Schools, Ft. Worth League of Neighborhoods, 2011

<sup>77</sup> EPA [en línea] [citado en abril de 2013] disponible en: <http://www.epa.gov/gasstar/basic-information/index.html>. Fecha de consulta: Abril de 2013

<sup>78</sup> INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y SALUD DE ESPAÑA Impacto Ambiental del Sistema de Fracturación Hidráulica para la Extracción de Gas No Convencional, , 2012

**2.17.19 Riesgo Químico.** Durante años diferentes organizaciones en EUA han exigido la divulgación completa de las mezclas y sustancias químicas que se emplean en el fracturamiento hidráulico, ya que su no identificación es uno de los principales problemas para realizar la evaluación de riesgos de esta técnica e incluso para aplicar tratamientos médicos en caso de accidentes.

PROPUBLICA es una organización periodística no lucrativa que se encuentra adelantando una amplia investigación sobre el uso del fracturamiento hidráulico y la producción de shale gas por todo los estados unidos. Según dicha investigación, se han presentado numerosas denuncias en diversos Estados, de casos de derrames de materiales peligrosos así como contaminación de agua potable debido a las operaciones donde se usa el fracturamiento hidráulico, incluso hay juicios pendientes sobre estos hechos. También ha informado que para los científicos es difícil determinar si las contaminaciones en las aguas subterráneas es generada por pozos donde se realiza fracturamiento hidráulico, debido a derrames de camiones que transportan los químicos o por fugas de fluidos del fracturamiento dentro del pozo o por flujos accidentales de las aguas residuales dentro de la tierra en pozos de inyección<sup>79</sup>.

Uno de los retos ha sido la negativa de la industria a hacer pública la composición química del fluido de fracturamiento hidráulico utilizado en un pozo en particular.

Esto es debido a que existe una ley que cobija la confidencialidad de los químicos utilizados para el fluido de fracturamiento de las compañías operadoras. Sin esta información, las autoridades ambientales no pueden concluir con certeza cuándo ni cómo ciertas sustancias químicas entraron en el agua<sup>80</sup>.

---

<sup>79</sup> PROPUBLICA [en línea] [citado en marzo 2013] disponible en: <http://www.propublica.org>.

<sup>80</sup> Shale Gas Developments in North America: An Overview of the Regulatory and Environmental Challenges Facing the Industry

**2.17.20 Otros impactos.** El ruido durante la perforación puede crear un reto operativo para los operadores de Shale gas, especialmente en áreas urbanas. La preparación de la ubicación del pozo y la construcción de carreteras de acceso utiliza excavadoras, retroexcavadoras y otros equipos de construcción que generan bastante ruido en especial en zonas muy cercanas a la población como es el caso de la ciudad de Fort Worth. El ruido que es ocasionado en la perforación horizontal es mayor que el de la perforación convencional de gas. Así mismo, el fracturamiento hidráulico ocasiona ruido debido a los volúmenes y presiones que se necesitan para poder estimular la formación con éxito. El ruido generado por la torre de perforación puede ser reducido por sistemas de mitigación como muros temporales de sonido (fig. 8)

**Figura 8. Muro temporal para mitigar el ruido de las operaciones de shale gas**



Fuente: ENERGY Gas shale drilling and hydraulic fracturing [en línea] disponible en: <http://energy.about.com/od/drilling/ig/Gas-drilling-and-fracking/Sound-barriers-at-gas-drilling-site.htm>

Además, estas operaciones alteran la superficie de la tierra impactando tanto la vida salvaje como su hábitat durante las etapas de exploración, desarrollo, operación y abandono. Sin embargo las tecnologías de perforación de pozos horizontales y las plataformas multipozos reducen esta perturbación de la superficie<sup>81</sup>.

Otro de los riesgos del subsuelo que ha recibido atención recientemente es la posibilidad de que la perforación y fracturamiento hidráulico de pozos de Shale gas podría causar terremotos de baja magnitud, los cuales a largo plazo podrían generar fallas en la cementación pudiendo conducir a graves contaminaciones<sup>82</sup>.

## **2.18 EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS DE CONTAMINACIÓN DURANTE UN FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO**

La EPA junto con los diversos expertos plantea seis posibles escenarios de contaminación de los recursos de agua potable subterránea durante una operación de fracturamiento hidráulico.

Lawrence Berkeley National Laboratory, en coordinación con la EPA, está utilizando simulaciones numéricas para investigar los seis mecanismos posibles que podrían dar lugar a la migración de los fluidos desde un yacimiento de shale gas, y de las condiciones en que tales escenarios hipotéticos pueden ser posibles<sup>83</sup>.

---

<sup>81</sup> Summary of Environmental Issues, Mitigation Strategies, and Regulatory Challenges Associated With Shale Gas Development in the United States and Applicability to Development and Operations in Canada

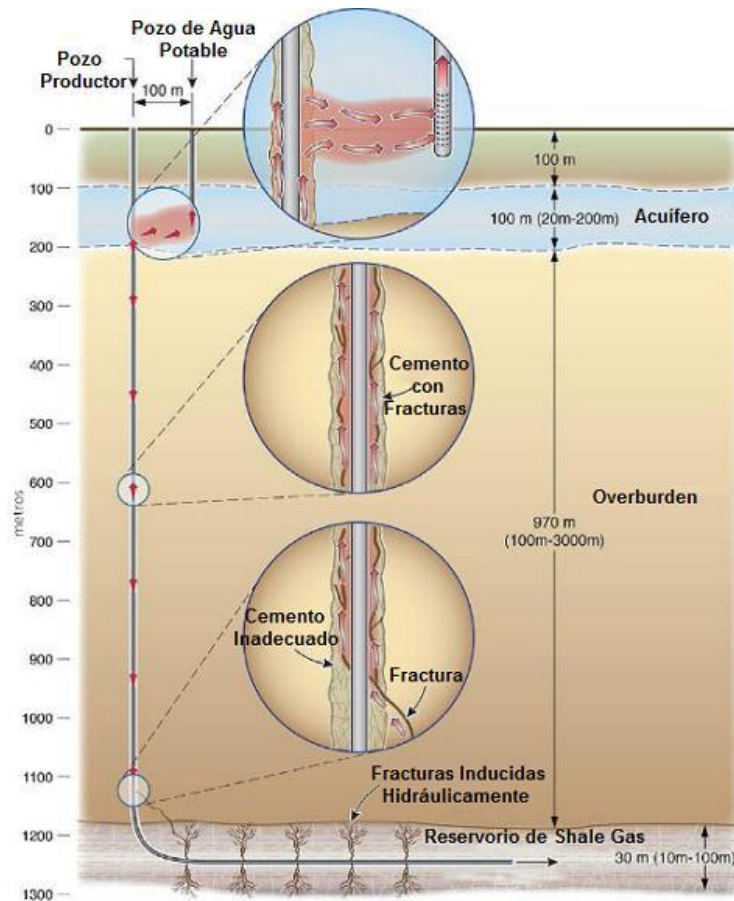
<sup>82</sup> Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development, Zoback, Kitasei y Copithorne 2010

<sup>83</sup> EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources 2012

Estos posibles mecanismos son:

- **Escenario 1:** Este escenario simula una vía de migración hipotética que se produce cuando un pozo de producción sufre daño durante una presión excesiva en las operaciones de fracturamiento hidráulico. Una vía de migración se genera a través del cemento o área cerca al pozo, por donde los fluidos pueden viajar hasta llegar a los acuíferos (figura 9)<sup>84</sup>.

**Figura 9. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a daño en la cementación del pozo por sobrepresión.**

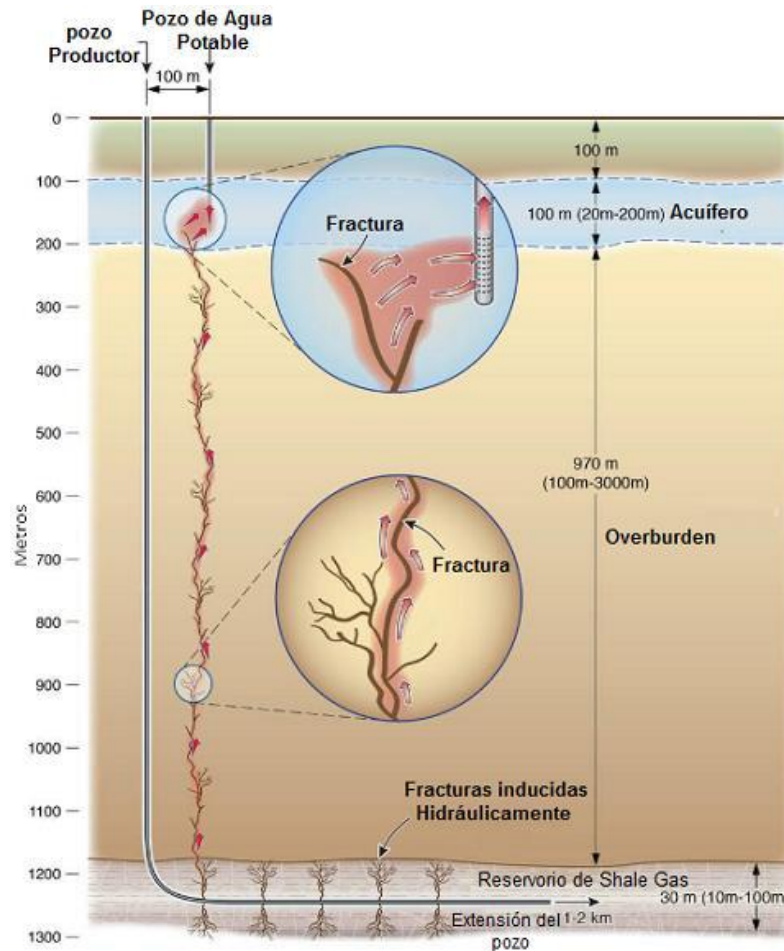


Fuente: Modificado de: EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources 2012

<sup>84</sup> Ibíd.

- **Escenario 2:** Este escenario simula un diseño inadecuado de las operaciones de fracturamiento hidráulico dando como resultado fracturas que permiten la comunicación entre el yacimiento de shale gas y el acuífero. Indirectamente una forma de comunicarse se produciría si las fracturas se interceptaran con una formación permeable entre la formación de shale gas y el acuífero (figura 10)<sup>85</sup>.

**Figura 10. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico.**

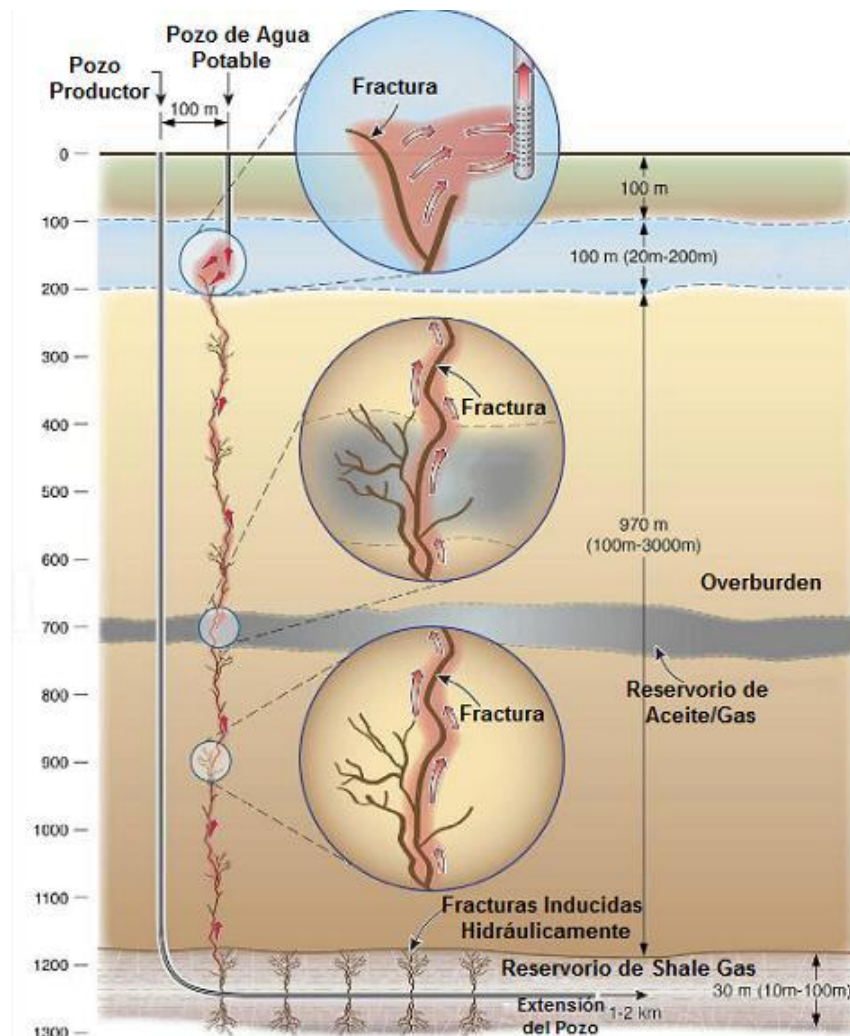


Fuente: Modificado de: EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, 2012

<sup>85</sup> Ibíd.

- **Escenario 3:** al igual que el escenario 2, se puede generar fracturas en el overburden interceptando yacimientos convencionales de hidrocarburos que se encuentra entre el reservorio de shale gas y el agua subterránea, creando así una doble fuente de contaminación para el acuífero (figura 11)<sup>86</sup>.

**Figura 11. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico que interceptan un yacimiento convencional de aceite/gas**

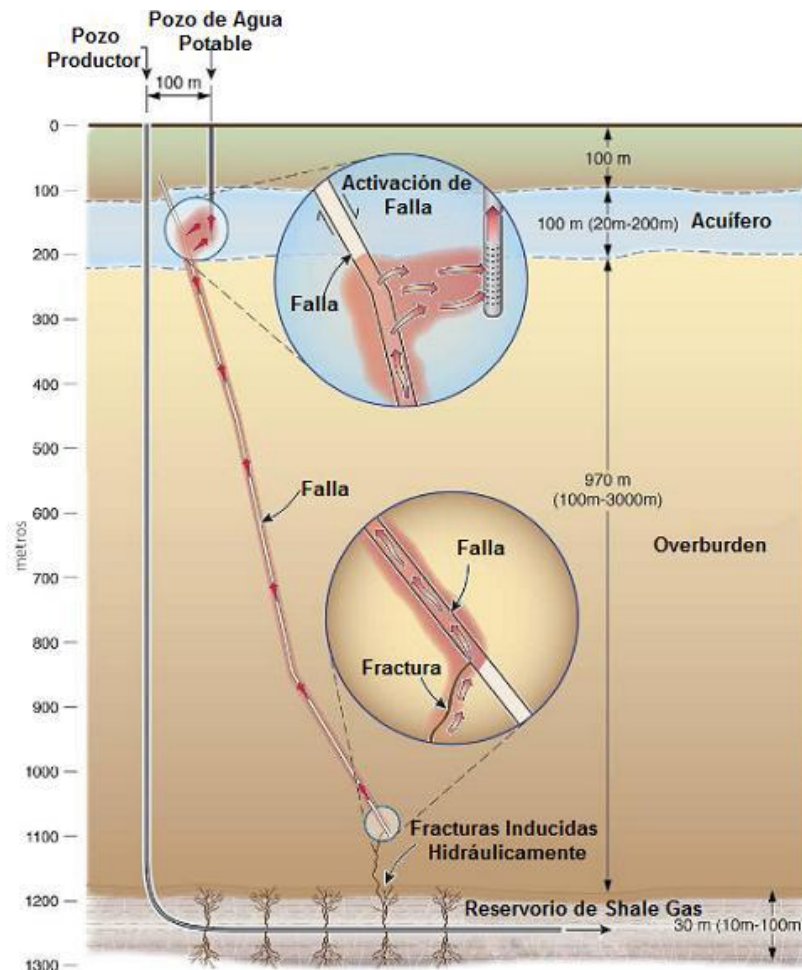


Fuente: Modificado de: EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, 2012

<sup>86</sup> Ibíd.

- **Escenario 4:** este escenario hipotético simula la migración de los hidrocarburos y otros contaminantes desde las fracturas inducidas que salen de la zona de interés y que se interceptan con fracturas selladas o fallas inactivas las cuales se activan por las operaciones de fracturamiento hidráulico llegando así a los recursos de agua subterránea (figura 12) <sup>87</sup>.

**Figura 12. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico que interceptan fallas selladas o inactivas.**

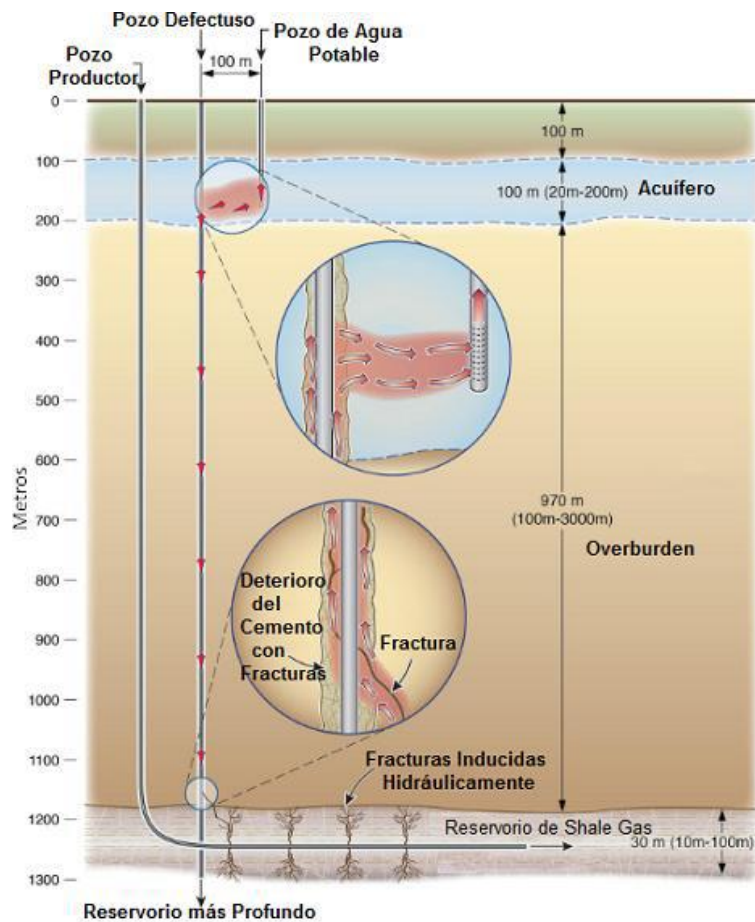


Fuente: Modificado de: EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, 2012

<sup>87</sup> Ibíd.

- **Escenario 5:** este escenario hipotético simula la migración del fluido desde las fracturas inducidas por el fracturamiento hidráulico, las cuales se interceptan con pozos de hidrocarburos convencionales vecinos que poseen una cementación deteriorada o completamientos inadecuados y que pueden crear vías de acceso de contaminantes hasta los acuíferos (figura 13) <sup>88</sup>.

**Figura 13. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico, las cuales interceptan otros pozos convencionales de aceite/gas deteriorados y comunican después al acuífero.**

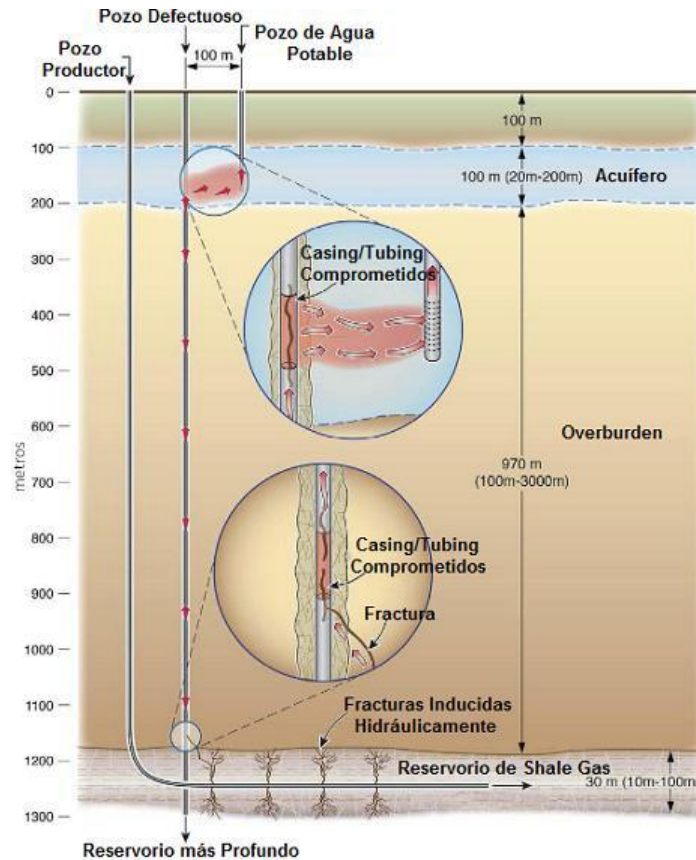


Fuente: Modificado de: EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources 2012

<sup>88</sup> Ibíd.

- **Escenario 6:** este escenario simula como los fluidos migran a través de las fracturas inducidas que interceptan pozos cercanos de hidrocarburos convencionales mal terminados, con casing y tubing comprometidos que proporcionan una baja resistencia a la migración del fluido y que lo conecta con el acuífero (figura 14) <sup>89</sup>.

**Figura 14. Esquema de la hipotética contaminación del acuífero debido a fracturas generadas en el overburden por el fracturamiento hidráulico, las cuales interceptan otros pozos convencionales de aceite/gas que son inapropiadamente cerrados que comprometen el casing y comunica después al acuífero.**



Fuente: Modificado de: EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources 2012

<sup>89</sup> Ibid.

## 2.19 CIERRE Y ABANDONO DE LOS POZOS

El abandono temporal de los operadores durante un periodo de tiempo exige una autorización por parte de las agencias regulatorias de cada estado antes de poder dejar inactivo el pozo, en algunos de los estados exigen un plan de sellamiento antes de llevar a cabo el procedimiento. Esta práctica es común en muchos estados y el propósito se debe a prevenir el cierre del pozo porque hacia el futuro este tendrá un valor económico al ponerlo a producir nuevamente, a su vez evitando la perforación de nuevos pozos en esa misma área. Esta autorización permite que la agencia regulatoria revise la historia del pozo y pueda ser testigo de la integridad de este a través de ciertas pruebas (de presión) llevadas a cabo en el pozo. Esto se realiza para prevenir algún tipo de contaminación por migración o intrusión de fluidos dentro del agua potable subterránea. Por ejemplo, en el estado de Indiana requiere que un operador demuestre que el nivel del fluido esté cien metros por debajo por debajo de los acuíferos.

Una vez que un pozo ya no esté produciendo debe quedar fuera de servicio y sellado. En algunos casos el casing de producción se retira y se deja el casing que se encuentre sobre la zona de agua fresca generando protección en ese lugar, y el pozo es llenado hasta la superficie con un material no poroso. Normalmente se coloca cemento y otros materiales tales como geles que impiden la migración hacia arriba o hacia debajo de los fluidos de la formación. En la mayoría de Estados los requisitos y métodos para taponar los pozos son muy específicos, mientras que en otros los requisitos son más generales<sup>90</sup>.

---

<sup>90</sup> Marcellus Shale Gas Well Drilling: Regulations to Protect Water Supplies in Pennsylvania, Penn State Extension, 2011

## **2.20 MARCO NORMATIVO DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES**

Desde hace algunos años el Gobierno Nacional viene constituyendo unas políticas y lineamientos que regulan la exploración y explotación de reservas de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, con lo cual se busca un incremento en las reservas de petróleo del país, satisfacer la demanda interna y externa de esta clase de recursos y la producción de esta clase de yacimientos.

En la Constitución Política de Colombia de 1991 se contempló el medio ambiente en el capítulo 3 denominado DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE<sup>91</sup>, y más específicamente en los siguientes artículos, que dan prioridad a los principios relacionados con los derechos y deberes del estado y los particulares en relación con la conservación ambiental:

- Artículo 8: “Es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”.
- Artículo 79: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.
- Artículo 80: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

---

<sup>91</sup> Constitución Política de Colombia, 1991.

- Artículo 95, Numeral 8: “Son deberes de la persona y el ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano”.
- Artículo 330, Numeral 1: “Velar por la aplicación de las normas legales sobre usos del suelo y poblamiento de sus territorios”<sup>92</sup>.

**2.20.1 Normas y leyes ambientales generales.** De igual manera, encontramos normas específicas para el sector de hidrocarburos en Colombia. Cabe resaltar que las normas ambientales generales son igualmente aplicables en todos los sectores<sup>93</sup>.

**Tabla 2. Normas ambientales generales**

<b>NORMA</b>	<b>OBJETIVO DE LA NORMA</b>
<b>CÓDIGO DE RECURSOS NATURALES (D. 2811/74)</b>	Utilización de recursos naturales renovables y del medio ambiente.
<b>LEY 99/93</b>	Organización del SINA; Política Ambiental; Licenciamiento ambiental de proyectos.
<b>DEC. 1753/94; DEC. 1421/96 (DEROGADO); RES. 655/96, DECRETO 1220 DE 21 DE ABRIL DE 2005. DECRETO 500 DE 2006</b>	Gestión Ambiental de proyectos; Licencias Ambientales.
<b>LEY 09/79 – CÓDIGO SANITARIO NACIONAL</b>	Legislación Sanitaria (gestión ambiental de residuos).
<b>DECRETO 1594/84</b>	Vertimientos líquidos.
<b>DECRETO 1541/78</b>	Concesión aguas.
<b>LEY 23 DE 1973</b>	Prevenir la contaminación del medio ambiente.
<b>DECRETO 948/95</b>	Emisiones atmosféricas y ruido

Fuente: tomado tesis Determinación de aspectos e impactos ambientales generados por la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico, UIS, pág. 25

<sup>92</sup> GELVEZ JEREZ Marilyn Julieth. Determinación de aspectos e impactos ambientales generados por la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico Trabajo de grado Ingeniero de petróleos Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físicoquímicas Escuela de Ingeniería de Petróleos 2015

<sup>93</sup> Ibíd.

**2.20.2 Normas y leyes ambientales aplicables a yacimientos no convencionales** La legislación ambiental que regula los yacimientos no convencionales en Colombia se define a través de los siguientes instrumentos jurídicos: el Conpes 3517, el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, la Resolución 181495 de 2009 del Ministerio de Minas y Energía (“Minminas”), según fuera modificada, el Decreto 3004 de 2013, la Resolución 0421 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (“MADS”), el Acuerdo 03 de 2014 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (“ANH”), la Resolución 90341 de 2014 del Minminas, que modifica la Resolución 180742 de 2012, el Decreto 1616 de 2014 y el Decreto 1076 de 2015<sup>94</sup>.

- En el año 2008 fue expedido el Conpes 3517. En él se establecieron lineamientos de política pública para la asignación de los derechos de exploración y explotación de Gas Metano en Depósitos de Carbón (GMDC) y el desarrollo de las normas técnicas para su explotación. El CONPES fue dictado tomando en consideración la potencial coexistencia geográfica y temporal de operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos con operaciones de minería de carbón en razón de las especiales características de los yacimientos de GMDC.
- Posteriormente, en el año 2010 fue expedida la Ley 1450 de 2011 que contiene el Plan Nacional de Desarrollo, el cual contiene y desarrolla las estrategias y políticas del estado, así como los planes de acción para los diversos sectores de la economía nacional que el Gobierno Nacional quería impulsar. En este sentido, el plan definió al sector minero-energético como uno de los grandes impulsores de la economía nacional, estableciendo como meta el incremento de las reservas y de la producción a través del impulso de las actividades de exploración y explotación de los yacimientos petroleros no convencionales.

---

<sup>94</sup> Ibíd.

- Posterior a esta, en el marco de lo previsto en el Plan Nacional de Desarrollo, el Minminas expidió el Decreto 3004 del 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 (el “Decreto 3004”).

Esta norma dispuso que:

1. A partir de su publicación, Minminas tendría 6 meses para expedir las normas y procedimientos técnicos para desarrollar actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales, exceptuando las arenas bituminosas e hidratos de metano.
2. Minminas debía revisar y ajustar las normas que establecen el procedimiento y los términos y las condiciones que deberán cumplir los titulares mineros y los contratistas de hidrocarburos para celebrar acuerdos operacionales cuando exista la superposición parcial o total entre las actividades de exploración y explotación de recursos no renovables de manera concurrente.

En el año anterior, la normativa para el desarrollo de la exploración y explotación de yacimientos no convencionales se consolidó un poco más en materia técnico-ambiental, contractual y procedimental. Las normas más destacadas en este ámbito son la Resolución 0421 de 2014 del MADS, el Acuerdo 03 de 2014 de la ANH y la Resolución 90341 de 2014 de Minminas.

- En materia ambiental, a través de la Resolución 0421 del MADS del 20 de marzo de 2014 se adoptaron los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos (la “Resolución 0421”). Es importante recordar que los términos de referencia son lineamientos generales y constituyen una herramienta que pretende facilitar el proceso de elaboración del EIA y una guía

general, no exclusiva, para la elaboración del mismo; por lo tanto, la publicación de los términos de referencia no limita la facultad que tiene la autoridad ambiental de solicitar al interesado la información adicional específica que se considere indispensable para evaluar y decidir sobre la viabilidad del proyecto.

- Por otro lado, la reglamentación en materia contractual para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales está prevista en el Acuerdo 03 de la ANH de fecha 26 de marzo de 2014. Esta norma incorporó al Reglamento de Contratación para la exploración y explotación de Hidrocarburos los parámetros y normas aplicables al desarrollo de Yacimientos No Convencionales. Los aspectos más relevantes del Acuerdo son los siguientes:
  1. Se incorporan definiciones adicionales al Acuerdo 4 de 2012, complementándolas a fin de permitir el desarrollo de los yacimientos no convencionales. Entre estas, se incorpora la definición de los “contratos adicionales”, entendidos estos como un acuerdo de voluntades modificadorio de un TEA o un contrato E&P sobre yacimientos convencionales, a fin de incluir disposiciones especiales que permitan el desarrollo de actividades de exploración y explotaciones en yacimientos no convencionales.
  2. El período de exploración de yacimientos no convencionales se incrementó de 6 años hasta 9 años, dividido en un máximo de 3 fases las cuales tienen una duración de 36 meses por cada una, y el período de producción para yacimientos no convencionales se extendió de 24 años a 30 años.
  3. Los titulares de contratos firmados con anterioridad a la Ronda Colombia 2012 y que tengan interés en desarrollar yacimientos no convencionales podrán allegar ante la ANH una propuesta para explorar y producir los

hidrocarburos que provengan de estos yacimientos, que, en el caso de ser aceptada conllevará la suscripción de un contrato adicional en cumplimiento de los extremos previstos en el Acuerdo 3.

4. En el evento en que sea suscrito el contrato adicional para explorar y producir yacimientos no convencionales, el titular está obligado a mantener o cumplir con las condiciones económico-financieras, técnico-operacionales, jurídicas, medioambientales y de responsabilidad social empresarial. En caso de que el suscriptor no reúna las condiciones exigidas por la ANH, se podrá asociar con un nuevo operador que cumpla con todas las condiciones.
5. En caso de que el contratista no presente propuesta o no se suscriba el referido contrato adicional, la ANH podrá adelantar los estudios para obtener información técnica adicional sobre el área, o asignarla a un tercero para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales exclusivamente.
6. El Acuerdo 3 establece condiciones de capacidad económica financiera, de capacidad técnico operacional, capacidad medioambiental y acreditaciones en materia de responsabilidad social empresarial específicas para el desarrollo de actividades en yacimientos no convencionales. Establece asimismo excepciones particulares para los titulares de contratos celebrados en desarrollo de la Ronda Colombia 2010 que hubieren obtenido habilitación para desarrollar actividades en área tipo 2 y 3.
7. Se establecen términos económicos especiales para la ejecución de actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales.

8. El desarrollo de actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales por parte de Ecopetrol bajo los convenios celebrados con la ANH quedará sujeto a los términos y condiciones que se pacten en convenios adicionales ejecutados en concordancia con este Acuerdo 3.
  9. No obstante, es de destacar que los requisitos de capacidad económica financiera, de capacidad técnico operacional, capacidad medioambiental y acreditaciones en materia de responsabilidad social empresarial, las condiciones de contratación y los términos económicos, incluyendo el seguro de responsabilidad civil extracontractual para contratos nuevos, serán fijados en los términos de referencia del proceso de selección correspondiente (por ejemplo, como en el caso de los términos de referencia de la Ronda Colombia 2014) o a través de un nuevo acuerdo del Consejo Directivo de la ANH en caso de asignación directa de áreas.
- La Resolución 90341 del 27 de marzo de 2014 que reglamentó lo concerniente a los requerimientos y procedimientos técnicos para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales, modificó la Resolución 180742 del 16 de mayo de 2012 sobre el mismo tema. Están exceptuados de la aplicación de esta norma las arenas bituminosas e hidratos de metanos. Los aspectos relevantes de esta Resolución son los siguientes:
    1. Se introduce regulación técnica específica para desarrollar la explotación de yacimientos no convencionales, incluyendo una prueba inicial de producción que requerirá visto bueno previo de Minminas, y una prueba piloto de pozos en caso que el pozo perforado resulte ser en un pozo productor, también sujeto al visto bueno del Minminas a través de un programa de prueba piloto.

2. Se establecen los lineamientos para el registro y muestreo de pozos exploratorios y de pozos estratigráficos en yacimientos no convencionales.
3. Se establecen requerimientos técnicos para la cementación de pozos exploratorios y de desarrollo de yacimientos no convencionales.
4. Se introduce el concepto de estimulación hidráulica, entendida esta como el 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 propano a una alta presión por el hueco del pozo, con el fin de inducir fracturas en la roca para aumentar su permeabilidad. Asimismo, se introducen definiciones relacionadas tales como propano, pozo horizontal, residuos NORM (Materiales Radiactivos de Origen Natural, por sus siglas en Inglés) y sismicidad desencadenada.
5. De esta manera se establece una regulación de los requisitos técnicos y procedimientos desarrollados para la estimulación hidráulica de yacimientos no convencionales en detalle, que contempla la ejecución previa de pruebas de presión a los revestimientos expuestos a la estimulación hidráulica, determina el alcance del radio de estimulación hidráulica, requiere un informe de trabajo detallado previo a la ejecución de la estimulación, entre otros. Así mismo se determinan los casos en que la actividad debe suspenderse, incluyendo, entre otros casos, la ocurrencia de un evento sísmico de ciertas características.
6. Esta norma derogó la Resolución 180742 de 2012, salvo en los artículos que disponen la posibilidad de establecer acuerdos operacionales. Es necesario mencionar que los acuerdos operacionales deben celebrarse entre el contratista que quiere desarrollar actividades de exploración y

explotación de yacimientos no convencionales y los poseedores de títulos mineros en áreas donde se encuentren yacimientos no convencionales.

A falta de acuerdo entre las partes, el Minminas aplicará el procedimiento previsto en el artículo 19 de la Resolución 180742 para resolver la controversia.

7. Los procedimientos para exploración y explotación de yacimientos no convencionales que no estén reglamentados en esta Resolución 90341 se registrarán entonces por la Resolución 181495 del 2 de septiembre de 2009 de Minminas. De todas maneras, es importante señalar que la Resolución 181495 será objeto de modificación. En las próximas semanas estaremos informando acerca de las modificaciones que sufra esta norma.
- En el presente año se incorporó el Decreto Único Reglamentario 1076 de 26 de mayo de 2015, del sector ambiente y desarrollo sostenible que introduce en el mismo, normas del sector del medio ambiente las cuales:
    1. Recopila normas del Decreto 2041 de 2014 referentes a la licencia ambiental y las autoridades ambientales competentes.
    2. Reglamenta lo referente a la prevención de la generación de residuos y desechos peligrosos, y el manejo de esos residuos con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.
    3. Incluye los criterios generales que deben tener las autoridades ambientales para imponer las sanciones consagradas en la Ley 133 de 2009, la cual establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

En cuanto a la reglamentación para la expedición de licencias ambientales que son requeridas para exploración y explotación de hidrocarburos el Decreto 2041 del 2014 introduce una disposición con respecto a la estimulación hidráulica, contenida en el párrafo 5° del artículo 24, que está referido a la solicitud de licencia ambiental. Conforme a esta disposición, quien pretenda realizar estimulación hidráulica de pozos deberá adjuntar un concepto de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) que haga constar que dicha actividad se va a ejecutar en un yacimiento convencional y/o en un yacimiento no convencional<sup>95</sup>.

---

<sup>95</sup> *Ibíd.*

### **3. DESARROLLO DE OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **3.1. METODOLOGÍA**

Para desarrollar y cumplir este trabajo de investigación de una manera organizada y eficiente, debemos cumplir con los objetivos inicialmente planteados dentro del tiempo estipulado, es necesario emplear una serie de etapas claras basadas en el tipo de investigación a realizar, que en este caso es una investigación testimonial, en las cuales se describe el procedimiento a seguir para lograr los objetivos y metas planteadas.

Dichas etapas se describen a continuación:

#### **3.2. FASE DE PLANEACIÓN**

Esta etapa es la primera fundamental en el proyecto, ya que en ella se planteó y fijo los objetivos que permitieron tener una estructura clara del trabajo a desarrollar, describiendo los procedimientos y metodologías que se utilizaron en el desarrollo del trabajo.

#### **3.3. FASE DE RECOLECCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se inicia con la búsqueda, selección y revisión de la información necesaria para tener las bases teóricas necesarias para el desarrollo del tema planteado en este proyecto. Se procedió a recopilar toda la información posible acerca del tema y los campos de interés disponibles de la sociedad de ingenieros de petróleos (SPE,

por sus siglas en ingles), trabajos de grados relacionados con los impactos socio-ambientales en diferentes zonas del país y de otros países para realizar un análisis detallado entre estos, libros especializados, artículos publicados por revistas reconocidas respecto al tema en cuestión, manuales y presentaciones técnicas de casos en donde se haya desarrollado los temas de problemática de impactos socio-ambientales, fuentes de información de la red de internet, etc. describiendo y organizando la información más destacada que sea útil para el desarrollo del tema. Se inició la elaboración del libro de la tesis.

#### **3.4. FASE DE LA RECOLECCIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN TESTIMONIAL**

En esta fase se entrevistó de manera directa con previa convocatoria pública por emisoras de la región y/o por medio de representantes de líderes de comunidades a las personas directamente afectadas posiblemente con impactos sociales y ambientales por causa de la industria petrolera en las zonas de la región del Carare y Puerto Boyacá; luego se hizo una revisión detallada y se realizó visitas a las zonas donde se pudo documentar por medio de fotos, audios y videos para sustentar la veracidad de dicha información. Se continuó con la elaboración del libro.

A continuación, se documenta la información testimonial sobre impactos ambientales y sociales más notorios en esta zona obtenida de los señores de las veredas del kilómetro 15 vía Cimitarra-Landázuri Santander.

Para el día lunes 26 de septiembre de 2016 me dirigí al corregimiento del km 15 vía Cimitarra - Landázuri, donde me reuní con ciertos lugareños de la zona en mención, autoridades municipales como el señor MILTON TELLEZ HERNANDEZ alcalde del municipio de Landázuri Santander, ingeniero EDWIN FABIAN

GERRERO CRUZ, secretario de planeación municipal de Landázuri y otros líderes comunales en general de esta zona, luego me dirigí hacia ellos con una charla introductoria de mi parte, donde se les explicó que la intención de recolección de esta información era con los únicos propósitos de documentar todos los posibles impactos sociales y ambientales y así poder tener una base de datos reales, también se les explicó que académicamente esta información la utilizaría con la intención de adelantar mi trabajo de grado que es requisito por parte de la universidad industrial de Santander para poder obtener el título de ingeniero de petróleos, además desde el punto investigativo, para sugerir ideas con el fin de mitigar los impactos ya existentes y con base en esta información en un futuro proponer y aportar ideas en conjunto con la comunidad para evitar o prevenir que se vuelva a repetir dichos impactos.

Por otro lado, en la misma charla se les explicó la definición de un impacto ambiental y un impacto social, para poder definirlos más acertadamente durante su testimonio.

También se les aclaró muy resumidamente cómo funciona la técnica o método de la sísmica en la exploración o búsqueda de hidrocarburos, además un recuento de cómo funciona la industria petrolera desde su exploración, explotación, producción y comercialización de hidrocarburos, ya que estas comunidades resaltaron no tener mucho conocimiento sobre los temas propuestos.

**Figura 15. Reunión momento antes de recibir los testimonios**



En la imagen anterior se observa la comunidad del kilómetro 15, vereda morro negro, vereda quebrada negra y vereda cerro de armas, destacando la presencia del señor alcalde del municipio de Landázuri Santander (sr MILTON TELLEZ HERNANDEZ) quien se encuentra de polo de rayas (color blanco y negro) y sombrero. La reunión se desarrolló en una casa del corregimiento del kilómetro 15.

Luego de finalizada mi intervención, procedí a recibir los testimonios de dueños de tierras de esta zona. A continuación, transcribo el testimonio de cada lugareño o dueño de tierras o fincas que fueron afectados al parecer específicamente por labores desarrolladas de empresas contratistas para adelantar proyectos de sísmica, en el testimonio de cada uno de ellos hice algunas preguntas con la intención de orientar la información en el propósito del tema.

### 3.4.1. Datos y testimonios transcritos según la comunidad, de afectados de la sísmica en la zona del municipio de Landázuri

**Figura 16. Reunión con campesinos afectados según la comunidad por la sísmica en el kilómetro 15 vía - Landázuri**



En esta imagen observamos de izquierda a derecha al señor(a), Néstor Torres, Hernando González, Jhonn Fredy González, Clara Inés Ortiz, Luz Marina Fontecha y German Gómez Ortiz. Minutos después de haber recibido los testimonios en instalaciones de la escuela de este corregimiento.

En esta misma charla discutimos y de igual manera se orientó a esta comunidad sobre la técnica de estimulación hidráulica o más popularmente conocida en otros países como fracking ya que este método es uno de los más prospectivos económicamente para la industria petrolera en esta zona del país.

Nombre: Luz Marina Fontecha

Cedula: 28.487.941

Nombre de la finca: los olivos

Vereda: Quebrada negra

Municipio: Landázuri

Contacto cel: 3124332473

Testimonio: Mi nombre es Luz Marina Fontecha, tengo una propiedad en la vereda Quebrada negra, se llama la finca los olivos, prácticamente la atravesó completa (línea sísmica), son dos, los olivos y la belleza son mis fincas, en una pues ellos también hicieron lo mismo, también ellos llegaron y dijeron que era simplemente para hacer unos estudios, pero que no iba a ver ningún contratiempo sobre eso, eh mi esposo firmo, dieron el permiso y si los hicieron pero resulta que después como a los 14 meses o más o menos 15 meses empezó a irse, se hizo dos derrumbes en la finca y atravesaron una finca de un vecino que se llama Jairo Quiroga, y se fue bastante, bastante lote que se fue ahí hasta bajarlo a la carretera porque eso se derrumbó, nosotros estuvimos tratando de quitar los chorros de agua, todo eso de ahí pero no, todo eso se lo llevo. **Preguntado:** ¿cuándo sucedió el impacto, la empresa hizo presencia con alguna persona de parte de ellos sobre esos impactos?, **respondió:** no señor no, la gente si, muchos vecinos trataron de hacer algo, pero no, en ningún momento la gente respondió por nada. **Preguntado:** ustedes han puesto alguna queja o alguna petición en alguna entidad como la alcaldía municipal?, **respondió:** pues la verdad nosotros si fuimos a Landázuri y pasamos la información, se llevaron fotografías y eso, pero la verdad nadie, nadie dio ninguna respuesta, simplemente lo único que nos dijeron fueron, nos dijeron que nos habían entrado, no recuerdo cómo fue que nos dijeron que se llamaba eso que daban los tales mercados, eso que daban mercados ahí, eso era lo que le daban a uno, con eso lo callaban. **Preguntado:** ¿y eso quien los daba?, **respondió:** en la alcaldía, supuestamente que venía de la alcaldía, eso era lo único que dieron, se pasaba toda una papelería y después ya dijeron que no, que eso no tenía nada que ver, que ahí no se podía hacer nada y así fue. **Preguntado:** ¿sumercé tiene alguna idea de cómo podemos mitigar eso, como reclamar a la empresa?, **respondió:** no. **Preguntado:** si en algún momento regresa la empresa o alguna empresa que tenga que ver con perforación o con

sísmica estaría usted de acuerdo que volvieran hacer perforación en su finca?, **respondió:** no y no por completo que no, porque la verdad que el daño que se recibió ha sido muchísimo y lo que pasa pues hasta ahora es apenas empezando no se sabe que más, que más venga, para mi si llega haber una perforación de esas, pues lo único sería que me compraran las propiedades porque yo volver a dar permiso para eso para nada, absolutamente para nada de eso. **Preguntado:** ¿cuántas hectáreas son en su finca?, **respondió:** pues hay como unas 30 más o menos en las dos o alquilo más de 30.

Nombre: Néstor Torres

Cedula:

Nombre de la finca:

Vereda: cerro de armas

Municipio: Landázuri

Contacto cel:

Testimonio: Néstor Torres, vereda cerro de armas, municipio de Landázuri, y estoy afectado por una perforación petrolera, se me, prácticamente se me desfiguró mi finca, entonces a quien le puedo yo reclamar, a donde voy yo a tocar pa que eso digamos que me correspondan a los daños que han venido ocurriendo por ese motivo. **Preguntado:** ¿el señor se acuerda del nombre de la empresa?, **respondió:** no señor no me acuerdo porque siempre he estado un poco enfermo y no me acuerdo, entonces pues de todas maneras ahí está, a mí me llevaron unos papeles a cimitarra cuando eso, vivía en cimitarra, me los hicieron firmar y me dieron ahí cualquier bobada, pero eso no justifica para nada, entonces por ahí debe estar digamos el nombre de la empresa que estuvo por esos lados, eso es aquí. **Preguntado:** ¿sumercé se acuerda si usted les firmó algún permiso por parte de la empresa donde usted les dio el permiso para ingresar al terreno?, **respondió:** si, pero prácticamente eso se trata, para mí tengo que eso se trata de un abuso, de un atraco porque ellos no me dijeron es para hacer esto y para hacer

aquello no, es pa que nos dé permiso de pasar por ahí, después fue cuando ya hubo el derrumbe. **Preguntado:** ¿en qué año fue eso?, **respondió:** eso hace ehh, en el 2004 más o menos, por ahí así aproximadamente, hay que investigar. **Preguntado:** ¿cuantas hectáreas tiene su finca?, **respondió:** la finca mía tiene 75 hectáreas. **Preguntado:** ¿qué cultivos notorios le afectaron?, **respondió:** el cacao y el aguacate y los cedros. **Preguntado:** ¿sumercé sabe cómo mitigar o como evitar esos impactos, tiene alguna idea de cómo hacerlo?, **respondió:** no señor hasta la presente no porque por ejemplo cuando eso yo hubiera tenido esta preparación que estamos recibiendo hoy tal vez no hubiera permitido, no lo había permitido porque uno se viene a dar cuenta hasta después que se vienen las consecuencias. **Preguntado:** ¿la empresa como tal les trajo información sobre los posibles impactos que les podía suceder?, **respondió:** no señor nunca nos dio información sobre eso.

Nombre: German Gómez Ortiz

Cedula: 91.135.025

Nombre de la finca: el Carmen

Vereda: kilómetro 15

Municipio: Landázuri Santander

Contacto cel: 3125517989-3213269141

Testimonio: Mi nombre es German Gómez Ortiz, el nombre de mi finca que fue afectada por la sísmica por ahí más o menos en el 2004, se llama el Carmen de la vereda kilómetro 15 del municipio de Landázuri, por esta finca pasaron haciendo unas perforaciones, a mí me dijeron que la sísmica no hacia ningún daño, que lo que hacía era producir unos movimientos sísmicos para poder saber dónde había petróleo, que no había ningún problema, ellos pasaron atravesando la finca de esquina a esquina, como al año de haber pasado fue que ya se nos fue la finca toda a botes, ya no nos quedó finca, mi finca es de 4 hectáreas más 6700 metros. **Preguntado:** ¿qué porcentaje de su finca calcula que se le haya movido la tierra?,

**respondió:** ahí se movió casi un 90% de la tierra, eso se movió porque cogía de esquina a esquina, no fue por abajo solamente, sino que fue una esquina atravesando la otra esquina. **Preguntado:** usted recibió información de la empresa de los posibles impactos que podría recibir?, **respondió:** no ellos dijeron que no que eso no había ningún problema, pues uno siempre trato de detener un poco pero dijeron que no había ningún problema, que ellos lo único que hacían era producir un movimiento sísmico, pero que la finca no iba a tener ninguna afectación y si hubo afectaciones porque con esas detonaciones que hacen a cierta cantidad de metros abajo, ellos lo que causan es quitar el drenaje que tiene el agua, taparlo y ahí fue donde estuvo el problema al año después de pasar la sísmica. **Preguntado:** ¿recibió usted algún tipo de remuneración por parte de la empresa por causa de los impactos generados?, **respondió:** no, ellos ni siquiera se reportaron porque sí tratamos de decir que fue la empresa, pero hasta el momento no han ido a investigar cual fue la causa de ese movimiento de la tierra. **Preguntado:** propone usted alguna idea para mitigar esos impactos o para evitarlos?, **respondió:** pues que se investigue, una investigación, que le diga la verdad, que no vayan con mentiras a la gente, que en el momento que pasen por una finca les digan la verdad, los riesgos, los impactos que verdaderamente van a tener a largo plazo, no en el momento, a pesar que a nosotros no fue a largo plazo, fue al año y paso eso, cuando dicen que a 4 años o 5 años, que le informen a la gente la realidad de lo que van hacer. **Preguntado:** ¿si usted le comentaran que nuevamente va pasar otro proyecto por su región y por su finca, usted estaría de acuerdo para que volvieran a pasar?, **respondió:** no yo no estaría de acuerdo porque estas tierras aquí son muy buenas agrícolamente y nosotros no queremos que más tarde nos quede es un desierto, queremos es que nos siga siendo ricas en naturaleza y ricas en producción agrícola.

Nombre: Clara Inés Ortiz

Cedula: 28.482.588

Nombre de la finca: la primavera

Vereda: Quebrada negra

Municipio: Landázuri

Contacto cel: 3115131199

Testimonio: Mi nombre es Clara Inés Ortiz, el nombre de la propiedad es la primavera en el kilómetro 17 vía a Landázuri, con 6 hectáreas y media de tierra.

**Preguntado:** ¿qué afectaciones o impactos ha sufrido por parte de la sísmica?,

**respondió:** por donde quiera que perforaron por ese lado se fue, un cultivo de aguacate nuevo que tenía, cacao y cedros, por la parte por donde ellos pasaron perforando, eh cuando perforaron donde don Filemón un vecino, la casa allá se estremecía como si hubiera temblado la tierra, eso era terrible de una vez se hicieron aberraciones, entonces eh uno se dio cuenta, en ese momento que estaban perforando donde don Filemón yo me di cuenta porque parecía como si la tierra hubiera estado temblando fuerte y después cuando ya hubo las aberraciones esas, a nosotros no nos han ayudado con nada, eso se quedó así porque la gente estudia para poder robar al pobre, entonces pues bregamos si, a buscar una persona que se hiciera cargo de eso pero no, como no había una persona potente estudiada que pudiera hacerle frente a eso, eso no, si se necesitó una persona que nos hubiera colaborado, que hubiera tenido la capacidad suficiente porque como uno no tiene estudio a uno no lo oyen, pero la afectación fue mucha porque nosotros sufrimos mucho a consecuencia de eso, lo que perdimos nunca lo volvimos a recuperar porque nos dieron algunas ayudas, pero eso no se justifica porque por ejemplo a mí me dieron una casa ahí en San Marino pero eso no se justifica con todo lo que uno perdió, con todo lo que uno sufrió y yo dure mucho tiempo que no podía pagar el impuesto por que el cultivo que se me fue, un cultivo de aguacate nuevo, de ahí es que yo cogía para los gastos, en ese tiempo mi esposo ya era enfermo, él no trabajaba, yo era la que trabajaba, en ese tiempo yo era la que me tocaba hacerle frente a todo, entonces ya después comenzaron acosarme que ha que el impuesto, que tenía que pagar impuesto y de donde lo voy a pagar si de lo que yo cogía, eso fue lo que se llevó esa avalancha que hubo

y no hay de dónde coger, yo ahorita mismo no puedo pagar impuesto, yo le decía al alcalde Henry Galeano pero de donde voy a pagar si es que no tengo y ustedes las ayudas que nos han dado pues si gracias a dios si hemos recibido algunas ayuda de mercado y un terreno que nos dieron ahí para una casa, porque no podemos decir que nos dieron casa porque esa casa nos costó mucho sacrificio y tuvimos que invertirle mucho, eso no fue que no la dieran hecha y ya tenga y recíbala, no, eso toco pagar maestros, pagar ayudantes, dar la alimentación, pagar que la enderezada de la varilla, que la movida del bloque, uno mismo iba y trabajaba allá, eso no fue por misericordia que no la dieron, eso no brilla ahí porque nos la dieron así no más, entonces la afectación fue bastante y hasta el día de hoy ahí esta las consecuencias, las cicatrices de lo que paso, pero no ha respondido nadie por eso, y ahora con este problema de vías tenemos lo mismo también, porque yo si les dije a ellos , es que yo les vendo a ustedes y por donde quiera que pasen maquinaria por ahí se va volcar la tierra, eso se sabe que por donde meten maquinaria y para la muestra de un botón de aquí para arriba cuanta gente no se ha quedado sin cultivos y sin nada, que no doña clarita que nosotros le quitamos de una forma que no la vaya afectar, ahora mismo ustedes miran la caseta ahí, esta eso afectado, se vino un buen pedazo, fui y hable con el ingeniero Gilberto y me dijo doña clarita tranquila que nosotros le colaboramos pero no le vamos a pagar ningún daño, pero vamos a ver si se puede quitar eso de ahí, que es que eso es un perjuicio porque usted de pronto se le acaba de venir y entonces va decir tienen que pagarme, le dije ingeniero lo que pasa es que lo que se cayó ya está caído, yo no le puedo decir a usted ingeniero camine y me ayuda a pegar eso allá otra vez, eso esta es haciendo estorbo ahí, le dije entonces esas son las consecuencias de que a ustedes, uno les da la mano y ustedes a uno le voltean es la espalda, le dije porque yo a ustedes con muy buena voluntad les serví a ustedes en todo lo que se les ofreció, pero ahora que necesito que ustedes me den la mano, se fue una piedra, se fue a un pozo que hicimos, porque ustedes perforaron y el agua se resumió y vimos que había un poquito de agua, nos la ayudaron a sacar con la maquinaria, hacer un pósito ahí, compramos cemento,

compramos ladrillo, organizamos, ahora se vino una piedra ahí en ese pozo que pesa toneladas, le dije ingeniero ayúdemela a sacar porque quien mueve esa piedra de ahí, nadie, después me dijo vamos a ver qué podemos hacer, después me mandaron respuesta de que no, que no me colaboraban porque eso después se seguía afectando y que entonces yo iba a decir que tenían que pagarme y que ellos no pagaban y que yo estaba en lo de INVIAS y le dije que pena ingeniero pero a ustedes les vendí de donde está la caseta para abajo y de ahí para arriba es mío, yo no estoy en lo ajeno, estoy en lo propio, tengo escritura y dice hasta la carretera, en la escritura no me dice eso corre tantos metros hacia arriba y ahí sí, le pertenece a usted, le dije la escritura me dice hasta la carretera, le dije estoy en lo propio y estoy pagando impuesto, yo no estoy de arrimada de nadie, le dije ahí pasó la ingeniera carolina y me porto lo mas de mal y me dijo que yo había empezado con unos palos todos horribles, todos feos, que vea donde iba y que eso que estaba haciendo allá arriba que era, le dije es un servicio para servicio de baño, dijo, usted no puede construir aquí nada, le dije, doctora aquí hay gente que llegan y dicen ahí deme permiso de entrar al baño, que días paso una muchacha y apenas torcía las piernas, ay señora deme permiso entrar al baño, le dije le toca que vaya hasta la casa porque ahí lo estamos haciendo pero no he podido terminar porque no tengo la plata, entonces dijo, pues que se orinen, dijo, pero usted no tiene ningún derecho de hacer nada ahí, le dije doctora que pena, usted puede ser muy doctora y yo no tengo la plata que tiene usted ni tengo el estudio que tiene usted, pero a mí me hace el favor y me respeta, yo estoy aquí en lo propio y no estoy de arrimada de usted, y usted está como muy equivocada.

**Preguntado:** ¿hace cuantos años que usted vive acá en la zona?, **respondió:** jum yo aquí ya tengo que, yo me case a los 15 años, si tengo 69, tengo 54 años de estar aquí, de estar viviendo ahí. **Preguntado:** ¿antes de que pasara la sísmica, sumercé se acuerda si en algún momento hubo un deslizamiento de tierras similar, temblores?, **respondió:** no, nunca lo había habido, yo le había dicho, yo le dije al ingeniero Gilberto que días, le dije ingeniero es que si usted se toma la molestia de preguntar en este momento cuantas veces se nos había ido derrumbes ahí, le

dije en la finca no se había ido un tris para nada, ni en ninguna parte de esas, usted va y mira ahora, mira un mapa, por todas partes está afectado. **Preguntado:** ¿sumercé conoce más o menos hace cuantos años subía tráfico pesado por esa vía?, **respondió:** pues aquí tráfico pesado, pesado, no ha sido todo el tiempo, si por ahí unos 40 años, pero ahora ya es peor, baja tráfico y sube a cualquier hora y por cantidades. **Preguntado:** la empresa después que paso la sísmica en algún momento se contactaron con usted y le dieron alguna remuneración económica, alguna charla o alguna socialización?, **respondió:** para nada, para nada, no eso nos dieron 270mil pesos, que eso que son, eso no es nada, eso es una limosna, que ellos daban eso que para una ayuda que por que íbamos a firmar y que les íbamos a dar el permiso, por el permiso daban eso y uno como un chino pequeño se deja engañar, nos engañaron, nos robaron, nos hicieron ahí como un atraco ahí y acabaron con lo que teníamos y ahí estamos afectados y hasta el día de hoy nadie respira para nada, yo le decía al ingeniero ahora cuando estuve hablando con él, que es el de vías, el director principal aquí de esto, le dije ingeniero, ingeniero es que ustedes ponen una cara para pedir un favor y otra cuando ya uno está afectado y eso no debiera ser así, con la misma que fueron a pedir el favor, con esa misma deberían estar ahoritica mismo pendientes de las necesidades, yo hable con el ingeniero Marcos cuando arreglamos de que les vendía para que pudieran ampliar para la entrada del puente y le dije ingeniero yo les vendo el pedazo con la condición que ustedes ahí para arriba me amplían para hacer una caseta, en ningún momento me dijo usted no puede construir ahí, yo le dije a la doctora carolina cuando me dijo que usted porque había construido ahí, que eso era de INVIAS, le dije, doctora para su información esto no apareció aquí milagrosamente, yo no lo construí tarde de la noche, no había nada y por la noche construimos y al otro día apareció, esto aquí nos demoramos construyendo y ustedes en ningún momento tuvieron la gentileza de parar y decir, aquí no se puede construir, le dije a donde ha visto usted negocios lejos de la carretera, en ninguna parte y si me van a quitar a mí de aquí, entonces empiecen de Bucaramanga para acá, hasta llegar a Landázuri o hasta donde sea, le dije porque

todos los negocios están sobre la vía y le dije a mi no me van a ver cara de panadera para quitarme el negocio a mí no más, le dije entonces todos en el suelo o todos en la cama. **Preguntado:** si alguna empresa petrolera regresa, sumercé volvería a dar el permiso?, **respondió:** no, que permiso, ni loco que uno estuviera, alguna vez vinieron y me dijeron, señora nos da permiso para subir por aquí para tomar unas medidas de allá arriba, les dije vea, yo les voy hacer sincera, si ustedes vienen a tomar medidas para perforar como hicieron la vez pasada cuando vinieron y nos afectaron tanto, hágame el favor y por donde mismo están subiendo, se devuelven, les dije yo aquí no les doy permiso para nada de ir a perforar en alguna parte, le dije porque vea, donde me perforen más acá hasta la casa se la habían llevado. **Preguntado:** ¿doña clara usted tiene afectaciones en su casa, alguna pared grietada?, **respondió:** pues hay algunas grietaduras si claro, ahí está a la vista.

**Figura 17. Casa de la señora Clara Inés Ortiz Imagen 1**



En esta imagen se observa una grieta en la pared color naranja, aproximadamente a metro y medio a la derecha del lugar donde se encuentra el bombillo incrustado en la pared, grieta que apareció días después de haber finalizado los trabajos de sísmica, versión de la propietaria de la casa.

**Figura 18. Casa de la señora clara Inés Ortiz Imagen 2**



En esta imagen se observa grietas en la pared color naranja, la pared se encuentra ubicada por la parte interior de la casa

**Figura 19. Tomada en la Casa de la señora Clara Inés Ortiz Imagen 3**



En esta imagen se observa grietas en uno de los muros que protegen la parte interior y el piso de la casa.

**Figura 20. Casa de la señora Clara Inés Ortiz Imagen 4**



En esta imagen se observa grietas en el piso de la casa causadas al parecer por los trabajos desarrollados de la sísmica en esa región.

**Figura 21. Viaducto kilómetro 17 vía Cimitarra - Landázuri**



En esta imagen se observa el viaducto que fue construido por la empresa INVIAS en el kilómetro 17, exactamente construido sobre el movimiento de tierra causado al parecer por el desarrollo del proyecto de sísmica sobre esta región.

**Figura 22. Caserío San Marino km 18 vía Cimitarra - Landázuri**



En esta imagen se observa el caserío San Marino que fue construido después de la avalancha ocurrida en el kilómetro 17 vía cimitarra - Landázuri, al parecer por causa de trabajos de sísmica.

**Figura 23. Movimiento de tierra del kilómetro 14 vía Cimitarra- Landázuri**



En esta imagen se observa el talud de tierra que se deslizo o erosiono, por causa de los trabajos desarrollados de la sísmica en esta región, el tramo de bancada de la carretera que se movió fue de aproximadamente 150 metros lineales.

**Figura 24. Sistema de guaya montado en el kilómetro 14 vía Cimitarra-Landázuri**



En esta imagen se observa el sistema de transporte de motor-guaya que se implementó en el kilómetro 14 vía Cimitarra-Landázuri para poder cruzar las personas y la carga de un extremo a otro por causa del movimiento de tierra que

se llevó la bancada completa de la carretera, este sistema duro aproximadamente 5 meses hasta que construyeron una vía carretera provisional.

**Figura 25. Kilómetro 14 vía Cimitarra-Landázuri**



En esta imagen se observa el talud de tierra tapando el caudal del rio guayabito y a su vez obligando a cambiar el curso natural del rio

**Figura 26. Kilómetro 17 vía Cimitarra-Landázuri**



En la imagen anterior se observa el talud de tierra que se movió hasta las riberas del rio guayabito, actualmente se construyó un viaducto sobre esta zona.

Nombre: Hernando González Ruiz

Cedula: 91.360.151 de Landázuri

Nombre de la finca: el playón y buenos aires

Vereda: corregimiento del kilómetro 15

Municipio: Landázuri

Contacto cel: 3105835911

Testimonio: Hernando González Ruiz, nombre de la propiedad una se llama el playón y la otra se llama buenos aires, aproximadamente de 40 a 41 hectáreas, pertenece al municipio de Landázuri, corregimiento del 15. **Preguntado:** ¿qué afectaciones ha recibido por parte de la industria petrolera en impactos ambientales?, **respondió:** los daños han sido grandísimos a pesar de que yo no deje taladrar lo mío, ellos venían ofreciendo cierta cantidad de dinero, era muy poco en ese tiempo 260mil pesos por una línea que subió, venia de cerro de

armas y atravesaba la finca. **Preguntado:** ¿se acuerda del nombre de la línea?, **respondió:** no recuerdo la línea, que si me acuerdo de una línea que paso por arriba y la otra que paso por la misma finca también, esa ya era horizontal, una era vertical y la otra era horizontal, la horizontal si era la línea 08 que todavía allá donde hicieron un helipuerto para aterrizar el helicóptero, ahí está el 0 y el 8 que ellos mismos lo hicieron en piedra y pintado que todavía podemos ir a verificar la línea que paso por ahí, paso la línea y a los 4 meses las personas que dejaron perforar de una vez hubieron grietas de harto peligro para los animales y para las personas, entonces debido a eso muchas personas fuimos perjudicadas, como le comente yo al principio, yo no deje taladrar en lo mío, pero las personas que dejaron taladrar por la parte de arriba de mi propiedad, eso se vino abajo, se vinieron más o menos unas 70 hectáreas de tierra, y que sucedió con esa tierra!, eso me tapo una parte de la finca el playón, más o menos 11 hectáreas fueron afectadas de lo mío, entre lo que se perdió en esas 11 hectáreas se perdieron 2 cultivos de aguacates, una ya en producción, estaba ya en producción como los vecinos lo pueden decir, el otro estaba ya un promedio de 18 meses, también de desarrollo, en buen desarrollo también, eso no se sabe dónde quedaron, un corral en concreto, en estructura de concreto que eso le venden a uno es por metro lineal. **Preguntado:** ¿me puede regalar el dato de cuanto puede cuantificar el corral?, **respondió:** el corral en ese tiempo valió 11 millones de pesos, estamos hablando de 14 años. **Preguntado:** ¿más o menos cuantas hectáreas o cuantos arboles tenía en los cultivos que me acaba de mencionar?, **respondió:** en uno tenía 1 hectárea que eso normalmente esta entre 100 y 120 árboles la hectárea, y en la otra tenia hectárea y media que eso son más o menos 170 árboles que habían, en un promedio de 290 a 300 árboles. **Preguntado:** ¿más o menos cuantificamos eso en precio o en cuanto cree usted que es el precio en ese año de ese cultivo?, **respondió:** pues poniéndole precio a un aguacate en producción que cualquier persona lo puede decir en una región, un aguacate en plena producción no se puede dar en 1 millón de pesos, ¡por qué! Porque en dos cosechas del año, en los dos años que eche la cosecha, un año, sin contar el intermedio de los 6

meses, el árbol le está dando un promedio de 5 a 6 bultos de aguacate, y un bulto de aguacate normalmente ahorita está en 130 mil a 140 mil pesos, ósea a 1 millón de pesos por árbol, así normal que uno lo diera, ósea que estamos hablando de un promedio de 300 millones no más los solos aguacates. **Preguntado:** la empresa que hizo el trabajo de sísmica regreso y socializo sobre esos impactos con ustedes o han recibido alguna remuneración por parte de ellos?, **respondió:** absolutamente nada, porque los daños fueron ocurridos, como le dije al principio, hubieron daños grandísimos, muchas personas damnificadas, gracias a dios que el municipio de Landázuri por medio de la alcaldía y la gobernación con el doctor Hugo Aguilar naranjo, ellos hicieron coalición y reubicaron a unas personas que no, que lo perdieron todo, pero que le daban a ellos! Les daban tierra y una casita. **Preguntado:** ¿cómo se llama la urbanización o el predio donde los reubicaron?, **respondió:** se llama San Marino, ahí si quiere y ahorita le parece bajamos y le toma fotografía que ahí están reubicados unas personas de esas, pues gracias a dios, pero que sucedió en el caso mío, En el caso mío no recibí nada, por qué, porque ellos daban era tierra y como yo tenía más finca entonces a mí no me dieron absolutamente nada, entonces vuelvo y le digo los daños fueron grandes y absolutamente nadie nos respondió hasta hoy por eso. **Preguntado:** usted me comento sobre un problema de un ganado que hubo donde un vecino que lo echaron en un potrero y al otro día resulto dividido, me puede resumir nuevamente eso?, **respondió:** sí señor, claro, porque como le dije al principio paso la línea 08 y ellos hacían perforaciones cada 100 metros que lo recuerdo muy bien y como le dije en mi propiedad no deje taladrar, pero el vecino que seguía después de mi lindero, el sí dejo taladrar y pa la muestra de un botón si vamos ahorita y miramos por donde paso la línea, de ahí para abajo fue donde se vino la erosión grande, grandísima que fue lo que acabo con nuestra propiedad de ahí de la parte de abajo, y ese día el hombre me llamo que le comprara un ganado y me dijo camine y le muestro el daño que ya empecé a recibir, fuimos a la propiedad del señor Milciades Ariza y me dijo camine y mira porque mire donde quedo un ganado y mire donde quedo el otro, un ganado quedo abajo en el mismo potrero y el otro

quedo a la parte de arriba, porque por la noche se gretió y quedo más o menos de 3 metros de altibajo y el ganado que estaba pasteando abajo no pudo subir allá y el ganado quedo lo que se llama encerrado, aislado del otro, yo personalmente lo mire, ese día iba a comprarle unos terneros a él, miré eso y le dije, esto es delicado porque esto es causa de las perforaciones que se hicieron, cierto, a los poquitos días que paso la 08 metieron la línea vertical que le estoy diciendo, la que subió por el lado de don Filemón, por el lado del corral mío, por el lado de donde la señora Clara Inés que ella también fue perjudicada ahí, y subió arriba y se encontró con la 08 que atravesaba la vertical con la horizontal, como la vertical que ellos hicieron era cada 50 metros una perforación, esa fue la causa más grande para venirse porque! Porque la 08 aflojo el terreno por arriba y la otra subió y acabo de completar, hizo la T, el agua del nacimiento de arriba de donde don Milciades se hundió y a los 14 meses de hacer todas las perforaciones se vino eso abajo y acabo con todo. **Preguntado:** que nombre le pueden dar ustedes al impacto grande que sucedió, como lo llamaron?, **respondió:** una avalancha, una avalancha que hubo, si pero de todas maneras nosotros desde el punto de vista esa noche dijimos que eso era causa de la perforación que se había hecho desmedida, a sabiendas que arriba había un nacedero de agua de más o menos 3 pulgadas de agua permanente, porque gracias a dios con todos los daños que han habido y los que han causado también la empresa de INVIAS que ellos perforaron también, y ese nacedero todavía brota harta agua allá donde le estoy diciendo. **Preguntado:** ¿actualmente más o menos cuantas pulgadas brota? **Respondió:** Pues creo que actualmente ahorita está votando por ahí una pulgada de agua en este momento, porque mucha agua se resumió, esa agua no se volvió a ver correr así por encima como se veía, **preguntado:** ¿cuántos años lleva usted viviendo en la región? **Respondió:** yo llevo viviendo en esta región lo que tengo de edad 56 años, porque soy nacido en la finca donde estoy, nacido y criado ahí. **Preguntado:** ¿anterior a eso del año 2004 usted recuerda algún otro impacto similar a ese que sucedió en el año 2004 cuando se vino la avalancha? **Respondió:** en esta región no, no porque la verdad en ninguna parte se había

visto por qué después que paso esas líneas de perforación de SISMOPETROL la verdad en toda parte del municipio de Landázuri, que es un municipio quebrado, pues fácilmente notamos los daños por que vemos a simple vista con los vecinos, los daños que han sido afectados por que, si hablamos del vecino Adriano Lancheros el también, que en este momento no está aquí, pero me compete hablar sobre eso, ¡por qué! Porque es la misma línea 08 que paso por ahí, y esa línea acabo con el cultivo de aguacate, cacao y cítricos que ese señor tenía, lo mismo perjudicado Miguel Barón, esta señora Antonia, sigue allá al otro lado Rubiela Castellanos, sigue don José Castellanos que es el papa y sigue Jairo Quiroga que también es una afectación grandísima que a simple vista desde cimitarra, de cualquier parte del municipio podemos ver el daño grande que hay en esa parte, Saúl el primo mío también fue afectado con esa perforación, porque! Porque se vino el lodo de arriba y acabo con la casa abajo donde él. **Preguntado:** ¿cómo se llama el rio donde llego la avalancha? **Respondió:** el rio guayabito, es el que viene de Landázuri, ese rio fue afectado grandemente y todavía siguen los daños porque hace ya 11 años largos que hubo esa erosión causada por lo de la sísmica y pues yo deje ese terreno quieto, ahora unos dos años vine y pues dije de todas maneras voy a ver que puedo organizar porque como todos los días que llueve baja la avalancha, entonces hice un cultivo de aguacate, 200 aguacates tecnificados y ya hace un mes bajo otra avalancha y me daño, ya me tapo otra vez otra parte de ese cultivo, entonces desde ese tiempo hasta esa fecha todavía recibo perjuicio por causa de ese daño, porque todo va parar allá al bajo, que sucede con el rio! Al bajar la avalancha represó el rio, fuimos perjudicados en toda la ladera del rio, porque el rio se reboso del cauce y acabo con la reserva que teníamos por la orilla del rio. También quisiera hablar para el medio ambiente sobre la reforestación, porque ellos se comprometieron a reforestar y hasta la presente no han sembrado un árbol para decir este árbol lo sembramos para reforestar los daños causados de tal y tal tiempo. **Preguntado:** ¿cuando llego la empresa, ellos les socializaron a ustedes de los posibles impactos que podían tener por causa de la sísmica? **Respondió:** de ninguna manera, solamente,

nosotros hemos sido engañados porque empezando que no somos estudiados, no somos ingenieros , no somos personas que tenemos un conocimiento de que puede suceder cuando se hace un impacto de eso, lo que si nos dijeron ellos que el daño no iba a ser ninguno, que eso era algo sencillo, que por ahí a 2 o 3 metros iba a profundizar y que el daño no iba a ser grande, pero fuimos totalmente engañados porque en poco tiempo vimos el daño y ellos aprovecharon el momento que nosotros, la inocencia del campesino de firmar un papel donde autoriza que una línea de ellos pasa, que no le estorbe, le reitero de la línea vertical que acabo con todas esas fincas, quedaron minados como 6 pozos que yo no deje, ellos abusivamente fueron y los minaron porque los pozos están cargados con la dinamita, yo no la deje reventar y hasta la presente están allá, no lo han sacado ni la dinamita , ni los deje explotar porque allá hay un nacedero de agua, entonces me dijeron, como ellos pagaban 260 mil pesos por el derecho, me llamaron a cimitarra y me dijeron don Hernando baje que vamos hablar con usted, les dije que van hablar conmigo, yo baje un día entre semana un jueves, ellos tenían la oficina ahí donde es, donde llamaban el ajedrez, donde es la piscina los fabios, ahí tenían la oficina y me llamaron a solas que recuerdo muy bien que Omar Ruíz, el hijo de don Abraham también estaba ese día allá, me llamaron a solas y me ofrecieron cierta cantidad de dinero, ósea que en otras palabras me estaban sobornando, porque! Me dijeron don Hernando nosotros sabemos que usted por ningún motivo usted deja reventar eso allá, eso está cargado, le vamos a dar una cierta cantidad de dinero y déjenos explotar eso, usted no le va a contar a nadie, les dije no señor saben porque, ustedes me pueden dar, inclusive a mí me daban 10 millones de pesos cuando eso, para que yo dejara reventar lo que esta minado allá que más o menos son 5 o 6 pozos que están, como eso lo hacían cada 50 metros, allá están, y yo un día mande un muchacho y le dije quitemos esas estacas, porque dejaban unas estacas y un mecha, le dije quitemos eso porque llega cualquiera y de pronto le meten candela a eso, y eso explota y hasta se puede ir una persona ahí, y de ninguna manera me convencieron, porque yo les dije yo con los 10 millones de pesos no resuelvo el problema que va quedar de

por vida, porque ustedes, imagínense usted, iban a taladrar al nacedero de agua, que es el nacedero de agua que viene para todas la fincas de toda la vida que en la cabecera, y ellos me ofrecieron una plata y dirían, el coge la plata y deja taladrar y si hubiera cometido el error en este momento no tendría agua ni para comer ni para el ganado, por que! Porque era el nacimiento mayor de allá y gracias a dios que la plata también la conocemos nosotros y aunque uno es campesino y es pobre pero no va quedar rico con 10 millones que ellos me ofrecían en ese tiempo, que eso hace más o menos 13 años, me dijeron mire don Hernando usted con esto se compra otro lotecito y les dije no y no de ninguna manera, entonces me dijeron que iban por la noche y lo reventaban y les dije claramente ustedes van y hacen eso, se meten en un problema grande e inmediatamente voy a ir a denunciarlos, enton me dijo no, no, don Hernando nosotros dejamos así y así hasta la fecha están porque los pozos están así cargados porque yo sé que allá nadie los escarbo para sacar la dinamita. **Preguntado:** ¿me puede nombrar que cultivos produce su finca y las fincas aledañas? **Respondió:** los cultivos de lo que llamamos nosotros el cultivo económico de nosotros los campesinos aquí, la economía más grande es el aguacate, número 1, el cacao, el ganado, los frutales entre mandarina, naranjo dulce, tangelo y hay otros árboles, los maderables, los guanábanos, la agricultura, como podían mirar en este momento si tuvieran la oportunidad de venir unos del medio ambiente, unos geólogos, venir gente que verdaderamente valoren el trabajo y los cultivos que hay en esta región son muchos y de muy buena calidad, empezando que aquí nadie echa químicos, aquí es lo que la tierra produce gracias a dios, aquí no hay químicos para nada, lo que se le echa a la tierra es pedirle a dios para que derrame la bendición sobre los cultivos, acá no se utilizan fertilizantes, la tierra es auto sostenible, es fértil y si en el momento que quieran venir pueden mirar las plataneras que hay, los cultivos de aguacate, todo muy bien organizado los cultivos de cacao, que es aparte de la piscicultura, muchas cositas que nosotros tenemos aparte que eso también es sostenible. **Preguntado:** ¿tiene usted alguna idea de cómo mitigar los impactos o como evitarlos contra el tiempo? **Respondió:** si tengo una idea, y esa idea ojalá

que todos la tomáramos como en primera medida, no dejar perforar a ninguna empresa que venga a dañar esta región, es la mejor idea que me parece a mí y ojalá que pudiéramos todos, toda persona aquí en nuestra región poner este granito de arena de no dejar perjudicar nuestro terreno, **preguntado:** ¿conoce usted las normas que regulan estas empresas, les han dado charlas sobre esto?

**Respondió:** no señor, no sabemos absolutamente nada de eso, absolutamente nada porque como le digo, fuimos engañados con el objeto que eso no va pasar nada y permitimos, que en el caso mío yo permití que pasaran, porque yo no les estorbe el paso por mi finca, lo que si públicamente lo digo, yo no deje taladrar lo mío, en ninguna parte de mis propiedades yo no les deje taladrar, los 6 pozos fueron sin permiso mío los hicieron , es más esos pozos los perforaron pero no los detonaron, están cargados porque yo sé que están cargados porque el hombre me dijo esos pozos están cargados y le habían dejado una mecha, yo les suspendí esa mecha y les quite la varilla donde estaban, porque dije que tal que cualquiera vaya y haga una embarrada, se mata una persona y de todas maneras el peligro ellos lo dejaron, por eso me decían ellos, reciba la plata, esto es adicional, esto se lo hacemos excepción de usted, les dije, entonces si ustedes tienen mucha plata pues cómprenme lo mío y yo me voy para otro lado y ustedes acaben con esto, pero por mi parte no. **Preguntado:** ¿tiene usted en este momento fallas o grietas en su finca? **Respondió:** claro si, más o menos en una parte donde conocemos el sitio allá donde le digo que no es de mi propiedad porque eso ya se vendió pero ahí había una grieta que más o menos tenía 170 metros de largo a través, que es donde le cuento donde se bajó y de ahí de esa parte para abajo fue donde se vinieron más o menos 70 hectáreas que acabo con lo mío y con lo de los vecinos que estaban alrededor, a la fecha todavía hay movimientos de tierra porque hay parte que la tierra se cuarteas, la tierra se va corriendo poco a poco, pero hay algo que más me preocupa, los nacederos de agua, siempre que uno no dejo taladrar y ellos taladraron póngale a 500 metros de lejos, porque yo hasta donde estorbe no deje, pero hubieron personas que accedieron a las partes allá y desde ese tiempo el agua ha mermado una cosa espantosa en nuestra finca, como lo podemos mirar

no solo de pronto en nuestras propiedades, sino los vecinos porque la gente le cuenta a uno, mire paso tal línea y desde ese tiempo ese nacedero se mermo el 70%, ahora es por ahí un 30% y en tiempo de verano tira a secarse, entonces causas de todas esas cosas , esas detonaciones, las grietas que ustedes conocen perfectamente, más que nosotros, las grietas son profundas y eso esa onda explosiva avanza en la tierra una cosa terrible y usted sabe que la grieta que se hace allá, el agua en lugar de buscar hacia arriba, ella busca hacia abajo por que! porque ella se hunde, entonces pedirles el favor que de ninguna manera piensen de pronto en volver, porque aquí la gente ya está muy bien concientizada y el que no haiga cogido escarmienta con eso que sucedió, pues divinamente que siga dejando taladrar y los sacan a la loma sin descansar.

La parte del riego era un sistema que vinieron y no lo construyeron aproximadamente para 70 familias, que nos servíamos de ese distrito de riego, cuando empezó el proyecto que lo hizo el INAD y el IMAD, ellos fueron los dos que vinieron hacer eso, captaron un agua de las cabeceras de la quebrada el morrocoy, eso queda en la vereda las flores, municipio de Landázuri, como el proyecto era súper, súper bueno, pero costoso, el valor total que el INAD y el IMAD aportaban no alcanzaba para cubrir la totalidad del proyecto, entonces nos llamaron a los propietarios, que con cuanto nosotros podíamos aportar y nosotros en ese tiempo estamos hablando de 22 años, nosotros aportamos de a millón de pesos por familia, si yo les nombro las personas que los tengo en mente, los tengo todos en mente, Rosso Cepeda, Melquiades Galeano, Antonio Gaona, Benildo Calderón, la escuela de las flores, representada por el colegio de las flores que también iba a tener 2 o 3 puntos, don Hernán Ariza que adquirió 4 puntos, los Morales también adquirieron 3 puntos, pasamos aquí a la familia de don Galeano que cuando estaba don Alfonso Galeano que también adquirió 2 puntos, el corregimiento del 15 también adquirió 2 puntos, mi tío Anselmo, Anselmo González también adquirió 1 punto, don Juan Evangelista Quiroga también 1 punto, Alberto Ramírez 1 punto, Benildo Suarez 1 punto, Aquileo Ayala 1 punto,

Milciades Ariza 1 punto, Efraín González 2 puntos, Eduardo González 1 punto, Saúl González 1 punto, Hernando González 2 puntos, Carlos Miguel Guiza 1 punto, Arnulfo Cruz 1 punto, no recuerdo bien pero creo que se me escapa otras personas, hasta más o menos del recuento que yo hago, era un promedio de 70 usuarios, el sistema perfectamente funcionaba que si quieren ir a mirar todavía están las instalaciones en los cultivos porque yo tengo la instalación, esta todo, están los tanques, esta todo, a causa de la perforación que hicieron la SISMOPETROL no tomaron en cuenta, nosotros le dijimos que por ahí pasaba un distrito de riego por aspersión, que eso beneficiaba a más de 100 familias en general y no sabemos a cuanta cantidad de ganado porque si hacemos la totalidad habían miles de reses que también en tiempo seco, en tiempo de verano bebían de esa agua, pero especialmente fue para distrito de riego para cultivos de cacao, aguacate, mandarino, todo tecnificado, vinieron los ingenieros, hicieron todo. Nosotros aportamos el dinero, el distrito funcionó perfectamente hasta que esa erosión vino y acabo con todo, nos dañó un tramo de tubería más o menos de 800 metros de tubería, el resto esta y aquí en la parte del kilometro14 que también paso la 08 por ahí, también daño un tramo como de 350 o 400 metros de tubería que es la misma red, ellos no remediaron eso y de ahí nosotros quedamos secos sin agua, a mercedes que dios regale su agüita cuando la manda por el aguacero, de lo contrario fue perdido el distrito que se hizo.

**Figura 27. Reunión en la casa del kilómetro 15**



En esta imagen observamos de izquierda a derecha a los señores, Jhonn Fredy González (estudiante UIS), John Faber Rubio, Segundo Vicente Gaona, Hernán Ballén Castillo y Edwin Fabián Guerrero. Momentos después de haber recibido los testimonios de cada uno de ellos.

Nombre: John Faber Rubio Castellanos

Cedula: 91.362.831 de Landázuri

Nombre de la finca: la esperanza

Vereda: cerro de armas

Municipio: Landázuri

Contacto cel: 3103205226

Testimonió: mi nombre es John Faber Rubio Castellanos, yo le voy hablar de ese cerro, tengo propiedad, la finca se llama la esperanza, tiene 17 hectáreas, pertenece a Landázuri. **Preguntado:** Que impactos cree usted que ha tenido por causa de la sísmica? **respondió:** el mermamiento de las aguas, ese es un punto muy importante, el agua se ha disminuido en un, mejor dicho si teníamos en un

verano un 30% de agua, hoy no tenemos ni un 5%, los caños de ahí para acá se han venido secando, yo sacaba el agua de un caño que se llama la laja, antes de haber sismica en el verano teníamos agua suficiente, mejor dicho nos surtíamos los que la cogíamos de ahí, hoy hace 20 días de verano y no se consigue una lagrima de agua, ahí por los linderos de esa quebrada paso una línea que me parece que fue la 1130 y a un señor eso se les desbarataron los potreros, eso por donde bajo la línea se les desbarataron los potreros. **Preguntado:** ¿anteriormente a que pasara esa línea de sismica, sucedía esos deslizamientos de tierras? **Respondió:** no, no había sucedido eso. **Preguntado:** ¿se puede asumir que eso es por culpa de la sismica? **Respondió:** pues hay si tocaría hacerle como un estudio y mirar si fue eso, porque yo nací, me crié y estoy en esa vereda y nunca había sucedido eso, entonces hacia el cerro tenemos una represa que es donde nos surtimos toda la vereda, más o menos 55 familias, paso también la línea por allá, en esa época me llamo también un señor a darme quejas por que la línea paso y le clavaron, bueno la bomba esa que le colocan cerca al caño donde se coge el agua, bueno donde está la boca toma, ahí está, un señor que está aquí, el intervino que no le fueran a reventar eso ahí cerca porque ahí era donde se cogía el agua, pero ese señor se retiró y mientras él se retiró, póngale se la reventaron, ósea fue una cosa muy abusivamente porque hubo alguien que intervino, el agua disminuyo. **Preguntado:** ¿la empresa previo a que llegaran ahí, usted sabe si pidieron los permisos y socializaron sobre lo que iban hacer? **Respondió:** pues sí, ellos se reunían con las comunidades y pedían, la vaina de los permisos, sí no sé si la gente los firmaría no sé nada, porque yo vivo ahí en la vereda y a mí nunca me pidieron un permiso para pasar por ahí, no sé si los demás firmarían o no, a mí no, yo por mi no me pidieron ningún permiso. **Preguntado:** ¿conoce usted algún deslizamiento grande en la zona por culpa de la sismica? **Respondió:** pues hasta ahora solo el que le comento, porque yo conozco uno allí en la vereda, pero ese si reconozco que desde niño lo conozco, y ahí está, ese si no puede ser de eso.

Nombre: Faber Mateus  
Cedula: 91.362.917  
Nombre de la finca: el triunfo  
Vereda: morro negro  
Municipio: Landázuri  
Contacto cel:

Testimonio: mi nombre es Faber Mateus, tengo propiedad en morro negro, finca el triunfo, vereda morro negro del municipio de Landázuri, con aproximadamente 20 hectáreas, **preguntado:** ¿qué impactos ambientales cree usted que ha sufrido por culpa de la sísmica? **Respondió:** yo fui perjudicado hace más o menos 5 años por un movimiento grandísimo, ósea donde siempre permanece agua, uno la primera vez por inocente cae, pero bastante perjudicado y sigo siendo perjudicado hasta el momento. **Preguntado:** ¿cree que se ha bajado la cantidad de agua hasta el momento? **Respondió:** claro. **Preguntado:** ¿tiene algún deslizamiento dentro de la finca? **Respondió:** muchísimos. **Preguntado:** ¿tiene grietas o fallas? **Respondió:** sí señor. **Preguntado:** ¿se le han muerto semovientes o animales? **Respondió:** no, pues eso si no. **Preguntado:** ¿actualmente se le mueve la tierra ahí? **Respondió:** si señor

Nombre: Hernán Ballén Castillo  
Cedula: 1.097.993.624  
Nombre de la finca: el mango  
Vereda: morro negro  
Municipio: Landázuri  
Contacto cel: 3118313559

Testimonio: mi nombre es Hernán Ballén Castillo, propiedad se llama el mango con 27 hectáreas aproximadamente, en la vereda morro negro y pertenece al municipio de Landázuri. **Preguntado:** ¿qué afectaciones ha tenido usted por culpa

de la sísmica? **Respondió:** el primer problema que se ha presentado es que se ha disminuido bastante el agua, y el otro problema que también se presentó es un deslizamiento en la finca, calculemos unas 4 o 5 hectáreas que se deslizo o se movieron, se siguieron moviendo hacia la quebrada, ósea eso es un daño bastante para uno que vive de esas tierras y eso. **Preguntado:** ¿qué cultivos tiene ustedes en esa finca? **Respondió:** cacao y pastos y rastrojos. **Preguntado:** ¿alguna res o semoviente se le ha muerto o caído en esas fallas? **Respondió:** si señor bastantes animales siempre han muerto. **Preguntado:** ¿la empresa en algún momento les ha reconocido o han vuelto hablar con la comunidad o han regresado a indemnizar alguno? **Respondió:** no en ese momento no, que yo sepa por ahí no han vuelto. **Preguntado:** ¿cómo se llama la empresa? **Respondió:** en ese momento no, hace como 7 años, pero en ese momento mi papa era el que manejaba eso, ósea yo reporto lo que paso viendo el daño que hubo.

Nombre: Nepomuceno López Sánchez

Cedula: 13.790.775

Nombre de la finca: el robledo

Vereda: morro negro

Municipio: Landázuri

Contacto cel: 3125370391

Testimonio: nombre Nepomuceno López Sánchez, finca en la vereda morro negro, pertenece al municipio de Landázuri. **Preguntado:** ¿qué impactos ambientales ha sufrido usted por la industria petrolera como la sísmica? **Respondió:** en sísmica el impacto más grande fue la perforación sobre el cerro que usted debe tener conocimiento de eso, es la reserva más grande que tiene acá esta zonita de Landázuri y cimitarra, a ese cerro se le metió muchísima pólvora encima, porque yo estuve trabajando también ahí, pero como la empresa petrolera llegó, dentro, contrató gente pa subir, ni siquiera pidió permiso, pero ellos ya venían directamente, no sé qué permiso tendrían y lamentablemente lo que queremos es

que no vuelva a pasar eso con ese cerro que es una reserva nacional, la reserva más grande que tiene Santander, si se daña eso, esto se seca porque de allá es de donde sale el agua, el cerro de armas que esta acá al frente pegado a morro negro. **Preguntado:** ¿eso está declarado reserva forestal? **Respondió:** en el momento yo creo que ya está declarado reserva forestal. **Preguntado:** ¿cuantas hectáreas tiene su finca? **Respondió:** mi finca tiene 24 hectáreas. **Preguntado:** ¿usted sufrió deslizamientos en su finca, hundimientos de aguas? **Respondido:** en el momento no porque las líneas no me pasaron por mi finca, me pasaron fue por los lados. **Preguntado:** ¿sabe el nombre de la empresa que paso por ahí? **Respondió:** SISMOPETROL hace unos 10 años o más de 10 años, han pasado 2 veces y la primera fue la que se subió al cerro. **Preguntado:** ¿usted conoce deslizamientos en ese cerro? **Respondió:** digamos el cerro es como una vereda de esta zona de aquí de cimitarra, el cerro es muy grande eso es mera roca, lo que si tiene mucha agua y si se perfora 25 metros con unos 7 o 12 tacos de dinamita eso va ser muy grave para ese cerro, estamos hablando de 5000 hectáreas más o menos que es el cerro, no tiene ningún habitante, allá nadie se ha subido, ninguno tiene habitación allá, eso es reserva. **Preguntado:** ¿usted cree que se ha disminuido el caudal de agua para la zona? **Respondió:** claro muchísimo, muchísimo, es que nosotros estamos en el cerro de morro negro, las reservas que tiene de agua estas zonas, las tiene morro negro, la vereda el pichu y cerro de armas, y esta gente de aquí sufre las consecuencias, vizcaínos, los guamos, los planes, y aquí si no fuera por este rio, y mire, mire este rio, es q allá salen de las cabeceras, allá están las fuentes de agua de las cabeceras de morro negro, y lo mismo el agua que sale para rio blanco, pa portones que se surten de encima del cerro, y de los pies del cerro que es donde están los propios nacimientos del agua. **Preguntado:** ¿la empresa les informo sobre los posibles impactos que podían sufrir antes de que pasaran por ahí? **Respondió:** no señor, es que ni siquiera ellos hicieron una reunión en la vereda pa pasar, ellos cuando llegaron, pues si a la gente les piden permisos, pero pa pasar. **Preguntado:** ¿si ellos regresaran, ustedes los dejarían pasar? **Respondió:** no, no y no, por eso yo

le hablo a usted por lo del cerro, porque es que nosotros tenemos que cuidar, cuidar lo de nosotros que es el agua y la reserva natural que es el cerro, ese es un pulmón muy grande, usted de pronto no tiene conocimiento de ese cerro, pero usted desde Landázuri le puede mirar el frente y yo lo conozco por encima y le puedo decir que tiene mucha más agua que lo que tiene esto por aquí.

Nombre: Segundo Vicente Gaona Chacón

Cedula: 5.659.534

Nombre de la finca: el quino y la esperanza

Vereda:

Municipio: Landázuri

Contacto cel: 3133183976

Testimonio: nombre, segundo Vicente Gaona Chacón; número de cedula 5.659.534, las propiedades el quino y la esperanza, vereda morro negro, del municipio de Landázuri, con más o menos 30 hectáreas. **Preguntado:** ¿qué afectaciones o que impactos ha sufrido usted por causa de la industria petrolera, en este caso por la sísmica? **Respondió:** la primera fue por la vaina del agua, todas esas quebradas que pasan ahí por el lado del revoque, a mí me pasan 3 quebradas por el lado, eso ahí llega y hace 8 días de verano y en la mayoría de lo que es del agua, se resume el agua. **Preguntado:** ¿antes de que pasara la sísmica, sucedía eso? **Respondió:** no. **Preguntado:** ¿deslizamientos de tierras ha tenido dentro de su propiedad? **Respondió:** dos deslizamientos. **Preguntado:** ¿más o menos que tan grandes me puede usted describir la falla o la grieta que sé que se hace en la tierra cuando se mueve? **Respondió:** eso allá por el lado de la quebrada se hace unos más o menos 15 o 20 metros de ancho por unos 50 o 60 se mueve. **Preguntado:** ¿que cultiva usted en su finca? **Respondió:** cacao, pastos y rastrojo y unos terneros que han mandado las patas allá a esas grietas y los hemos sacado, pero ha tocado matarlos porque un animal de esos ya, y arriba, si había uno que ese si se resbalo porque se había corrido la tierra e iba

pasteando ahí y se fue en boquete de tierra. **Preguntado:** ¿la empresa les pidió previo permiso para ingresar allá? **Respondió:** eso fue con una tanda de mentiras, llegaron allá y nos comprometieron de que esto no les pasa nada, de que esto es un favor pa ustedes. **Preguntado:** ¿ellos les explicaron lo que iban hacer allá? **Respondió:** cuando las tales perforaciones inclusive, tuvimos que alegar con ellos, porque yo les dije, esta joda que es lo que vamos a recibir, un desastre, dijeron que no, que eso no pasaba nada y si en cambio unos 25 metros alrededor, a la redonda eso exploto, inclusive en partes eso exploto la tierra pa arriba y ahí quedo el hueco, lo que le paso a Martín ahí en la finca, eso se les fueron, hasta ahorita se está bregando a recuperar el pasto y la tierra.

#### **3.4.2. Datos y testimonios transcritos de afectados según la comunidad, en la zona campo opón del municipio de cimitarra**

Nombre: Juan De Jesús Cruz

Nombre de la finca:

Vereda: la verde

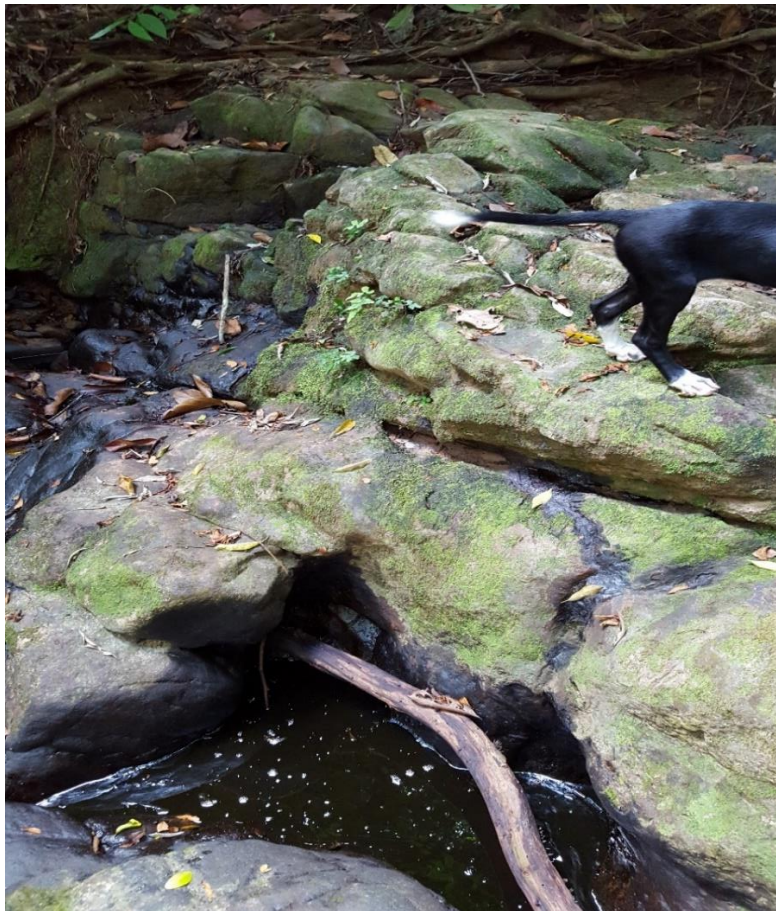
Municipio: cimitarra

Contacto cel:

Testimonio: acá tenemos un problema gravísimo con este crudo, que ya ni pescado suben, y los que suben se mueren, el ganado toco dejar acabar los potreros porque no podían venir a tomar agua porque se enfermaban, y pues después que perforaron estos pozos de acá empezó este problema. **Preguntado:** ¿cómo se llama esta vereda donde se encuentra la propiedad de ustedes? **Respondió:** vereda la verde, con 72 hectáreas. **Preguntado:** ¿ustedes recogen crudo como tal de este vertimiento? **Respondió:** si, yo personal vengo y lo recojo y en un momentico recojo por ahí 70 a 80 litros. **Preguntado:** ¿cuántos años lleva usted viviendo en esta zona? **Respondió:** 12 años. Antes yo venía por acá, incluso venía a pescar y en todos estos pocitos yo cogía pescado y no se miraba

nada de esto. **Preguntado:** ¿a partir de donde esta esté derrame de crudo o petróleo se encuentra pescado sobre la quebrada o sobre el arroyo? **Respondió:** no, no señor, acá había 3 y 4 potreros, el ganado venía a tomar agua, no se pudo dejar más porque el ganado se enfermaba, incluso unos terneros pequeñitos se murieron. **Preguntado:** ¿cómo se llama la empresa que actualmente opera el campo petrolero? **Respondió:** PETROCOLOMBIA. **Preguntado:** ¿las empresas se han pronunciado o los han indemnizado por estos daños? **Respondió:** para nada, esa gente por acá no han venido ni hacen nada para mitigar o evitar esto.

**Figura 28. Arroyo Caño Reo Vereda La Verde-Campo Opón Imagen 1**



En esta imagen se observa el manadero de crudo a la orilla de la quebrada o arroyo, podemos detallar que el crudo sale o brota por las fisuras de la formación

rocosa además se observa que se deposita entre las partes más profundas de la misma roca.

**Figura 29. Arroyo Caño Reo Vereda La Verde-Campo Opón Imagen 2**



En esta imagen observamos el crudo revuelto con el agua, depositado a lo largo de la quebrada y la formación rocosa contaminada con el mismo crudo

**Figura 30. Arroyo Caño Reo Vereda La Verde-Campo Opón Imagen 3**



En esta imagen observamos el crudo saliendo por entre las fisuras de la formación rocosa que tiene el arroyo a la orilla del mismo arroyo.

Nombre: Pedro Quevedo Barragán

Cedula: 91.131.498 de cimitarra

Vereda: la verde

Municipio: cimitarra

Contacto cel: 3123261891

Testimonio: **preguntado:** ¿sumercé se acuerda si antes de llegar la empresa petrolera o compañía, esos vertimientos en esa quebrada (el reo) ya existían?

**Respondió:** eso ha sido como causa de ahí de los posos del 5 y el 6, porque donde había in fluido del petróleo era comenzando de la casa pa arriba ahí donde ellos, hay otra planeadita ahí, ahí si había un fluido de petróleos que ellos sacaban ahí, pero era muy poco, creo que esa parte de ahí como que apareció cuando perforaron nuevamente ese poso ahí, eso allá , detrás de la casa de ellos sí, en el caño donde usted dice, en caño reo pa arriba, eso sí es como causante debido a

las perforaciones porque eso no lo había. **Preguntado:** ¿hace cuánto llegó la empresa a perforar ahí en el opón? **Respondió:** eso creo que eso fue por ahí como en el 81 porque fue una compañía que se llamaba GEOPOZOS y ahí después vinieron otra vez y perforaron de nuevo, pero ese sí no me acuerdo muy bien cómo se llama porque en esa sí no estuve como muy bien enterado ahí, pero eso hace poquito yo creo que por ahí un año hará. **Preguntado:** ¿antes del año 81 esa quebrada brotaba petróleo? **Respondió:** esa quebrada siempre ha tenido fluido de gas, gas sí, pero petróleo sí muy poco cuando eso, es que ahorita sí, mejor dicho, cuando crece eso por ahí por ese caño y de otras partes, baja esas cantidades y la quebrada se pone en una creciente es negra por encima, nosotros la vez pasada habíamos tomado fotos y los habíamos enviado, pero eso no, eso no le paran bolas a eso. **Preguntado:** ¿a qué entidades enviaron esas fotos? **Respondió:** a las corporaciones ambientales. **Preguntado:** ¿en Cimitarra existe alguna corporación ambiental? **Respondió:** sí, aquí ha habido siempre oficina ambiental, de todas maneras, como en la alcaldía siempre se maneja eso de ambiental y viene mucho estudiante de la universidad de Bucaramanga también y se ha captado en esa quebrada la contaminación y todo, pero usted sabe que eso es por parte de la empresa PETROCOLOMBIA. **Preguntado:** ¿usted se acuerda a partir de qué año empezaron a usar esas canecas que entierran artesanalmente para sacar gas o petróleo? **Respondió:** eso hace mucho tiempo, dos canecas que, o las fincas que anteriormente, mejor dicho la primer finca que hubo ese fluido de gas, que sacaron ese gas para cocinar fue la finca de don Orlando Rojas, ahí donde Rigo, pasando la batea, esa finca que hay ahí, fue la primer finca que en ese entonces había un señor Ananías Castillo, que era el propietario de eso, entonces hizo una tumba ahí de montaña y cuando la quemó quedó prendido el suelo mucho tiempo, eso él avisó y eso vino mucha gente a mirar de ECOPETROL y por allá de otras entidades y bueno y apagaron y entonces él llegó y sacó de su inteligencia acomodar esas canecas y entonces comenzó a sacar el gas para cocinar y el petróleo para matar mata ganado y bueno hierbas bravas por ahí. **Preguntado:** ¿sumercé se acuerda hace cuántos años fue eso? **Respondió:**

no, mejor dicho, cuando yo llegue acá a cimitarra eso ya estaba, yo llevo de estar acá en cimitarra unos 35 años. **Preguntado:** ¿podemos deducir que esos manaderos son naturales y no echarle la culpa a la empresa? **Respondió:** no, esa parte si ha sido natural de ahí, pero lo del caño si ha sido causado por la empresa, porque era que en ese entonces por la quebrada nunca se miraba que se negreaba de petróleo, y entonces eso fue causado, es que la compañía siempre uno, por lo menos en el caso mío pues yo no tengo que decir de tantas cosas mal de la empresa no, pero si la empresa han causado siempre daños, por lo menos como ese botadero de agua que tienen abajo en las bocas de la verde y la amarilla, son las aguas que sacan del pozo y las derraman a la quebrada y contaminan, se ha hablado y se ha avisado y no le han puesto como firmeza a eso, porque es que por lo menos yo dure 8 años de líder ahí en esa comunidad y uno lo que trata siempre es de dialogar con las personas con los ingenieros y hacerles ver que no es bueno hacer esas cosas, pero usted sabe que no le paran bolas porque uno no tiene verdad directamente como decir, bueno, como una corporación, por lo menos que uno llegue y se queje y que ellos si, por medio de la ley ellos lleguen y los obliguen a corregir eso, a uno siempre lo pasan por la galleta mejor dicho. **Preguntado:** ¿don pedro usted sabe si a partir de donde la empresa le echa el agua a la quebrada hacia abajo, usted sabe si se reproduce el pescado, el ganado toma agua, la gente consume de esa agua? **Respondió:** claro, la gente consume el agua, lo que pasa es que esa ha sido una quebrada de mucho turismo, vamos a decirlo así porque la gente siempre viene a bañarse, vienen hacer almuerzos y es una parte que es de bebederos para el ganado, de ahí para abajo son fincas al lado y lado, y la quebrada es la que utilizan para eso, esa quebrada le cae al rio guayabito, lo que pasa es que eso cuando yo estaba viviendo allá, la quebrada coge un olor y coge un sabor el agua muy a feo, y un olor pero harto bravo, y el agua es clarita. Cuando en tiempo de verano el agua se pone claritica, y en el asiento de la quebrada recoge una lama que es como blanca, cubre las piedras y todo, lo más importante de una cosas de estas, por lo menos de lo que usted está haciendo, es ir a las partes afectadas, por lo menos y

conocer el punto de cómo fue que se comenzó eso, y las otras verdades es donde ha habido un fluido y que ha sido de mucho tiempos atrás, por lo menos es algo donde no se está mintiendo ni se están diciendo cosas de más si no lo que es.

**Preguntado:** ¿conoce de algún incendio en esa zona, aparte del vecino que me había comentado? **Respondió:** no, no, no, fue la única en ese entonces que el señor pues se dio cuenta que era gas porque no se apagaba, entonces ya ellos se reunieron y apagaron, entonces ya él se le dio fue por sacar eso, para el poder cocinar con ese gas, y eso ya han tenido ganas de cerrar eso, la compañía dice que eso es del estado, que nosotros no podemos consumir ese producto porque es del estado, cuando a la caneca le llega más del gas que ella requiere, la saca porque nosotros hemos ensayado tapándole la boquilla, entonces cuando coge la presión entonces la saca, entonces no tiene ningún problema, las mangueras también, los empates de las mangueras cuando no alcanzan, son calentadas a fuego y empatadas ahí y listo entonces eso no tiene ningún problema, nosotros le hemos planteado que nos pongan el gas a los ingenieros hace mucho tiempo y hasta para el gas para cimitarra también, pero eso es difícil, el gas a veces daña las estufas, de eso yo si me he dado cuenta porque, de todas maneras así sea un gas de esos que uno utiliza aquí para cocinar en el pueblo, de todas maneras siempre eso termina con la estufa también, pero un gas de allá, eso se mira que es un gas bravo porque mejor dicho si uno no le sabe hacer la instalación, él le quema la olla también, se la derrite, mejor dicho, entonces sabiéndole hacer la instalación y la cantidad de gas que llega, él no le va hacer ese daño porque uno sabe, por lo menos yo instale muchas estufas de esas, yo tenía una tierrita allá la que es ahorita de don Evaristo Berrio, la tierra es allá en placito bien bonita ahí, yo le hice la instalación también a él allá, y les acomodaba los pilotos de la estufa para que no saliera tan bravo el gas si no que más o menos en el quemador se extendiera lo mismo que un gas de aquí del pueblo, porque lo que pasa es que el pilotico que viene, viene para un gas de cilindro que es con una presión, y ese hueco es muy pequeñito y para ese gas de allá tiene uno que abrirle el hueco más para que salga porque ese gas ya no es de presión, por lo menos ahí en la casa el

gas que don Aparicio nos vendía era un gas muy bueno, una llama muy buena, lo que pasa es que las casas tienen que ser muy bien ventiladas para que no haya encendimientos.

**Figura 31. Quebrada La Verde en Campo Opón Imagen 1**



En esta imagen observamos una batea construida sobre la quebrada para el paso de las personas, pero además también se puede observar las trazas o las cantidades de hidrocarburos sobre el agua de la quebrada, aparte de esto se observan los ductos de salida del agua un material de color negro pegado al concreto de la batea, material posiblemente residuo de hidrocarburos.

**Figura 32. Quebrada La Verde en Campo Opón Imagen 2**



En esta imagen se puede observar el crudo o hidrocarburos brotando por la formación que está a la orilla de la quebrada y por la raíz del árbol que también se encuentra a la orilla de la misma, crudo que luego reposa sobre el agua de la misma quebrada.

**Figura 33. Caserío La Verde en Campo Opón Imagen 1**



En esta imagen observamos una caneca metálica enterrada casi en su totalidad, el sitio de la caneca esta aproximadamente a 10 metros de la orilla de la quebrada la verde, la caneca tiene una conexión por la parte superior o la tapa que queda hacia arriba con una manguera (en este caso color azul) por donde se trasporta el gas obtenido artesanalmente dentro de la caneca; manguera que va dirigida para el caserío y que abastece más o menos a 20 familias del servicio de gas. A la caneca antes de enterrarla le perforan huecos en la parte inferior que va quedar en el fondo de la tierra.

**Figura 34. Caserío de La Vereda La Verde en Campo Opón Imagen 2**



En esta imagen se observa dos canecas enterradas con el mismo sistema artesanal anterior para la extracción de gas, las mangueras van dirigidas hacia una manguera o ducto principal donde se unen y luego esa misma principal va dirigida hacia el caserío de la verde, para el abastecimiento del gas doméstico.

**Figura 35. Finca Santa Fe de la Vereda La Verde Campo Opón**



En esta imagen observamos un sistema artesanal de extracción de crudo líquido que se encuentra ubicado aproximadamente a 15 metros de distancia de la casa de la finca Santa Fe de la vereda la verde, es un sistema similar al anterior para gas, consiste en enterrar una caneca metálica, pero a la caneca le quitan la tapa completa del fondo, la caneca está enterrada las  $\frac{3}{4}$  partes y le acoplan una llave de paso (utilizadas para las albercas de las casas) y por esta llave recogen el crudo. Como podemos observar cuando la caneca se llena por completo, el crudo se filtra por la superficie exterior de la caneca y la tierra, llegando a distribuirse en el potrero y quemando o matando el pasto que tiene alrededor.

**Figura 36. Caserío La Verde en Campo Opón Imagen 3**



En esta imagen se observa equipos de un pozo abandonado dentro del caserío la verde, el pozo fue construido en el centro del caserío; ya existía el caserío cuando se construyó este pozo según versión de la comunidad.

**3.4.3. Datos e información de afectados de la zona de la Ciénaga palagua del campo palagua del municipio de puerto Boyacá.** Para la información de esta zona afectada, lo que hice fue contactarme con algunas personas líderes activistas ambientales de la zona y consultarles sobre la problemática que se presentaba con respecto a este campo petrolero, estos líderes me orientaron para comunicarme con el señor Wilson Valencia, propietario y heredero en gran parte de las tierras que ocupa este campo, a la vez conocedor de la gran mayoría de impactos repetitivos que sufre en su finca, seguido de esto me comuniqué con el señor en mención y él me facilitó toda la información que a continuación describo sobre al parecer los impactos ocasionados por la industria petrolera en este campo.

**Figura 37. Finca El Desquite- Campo Palagua- Puerto Boyacá**



En esta imagen se observa tubería instalada para el transporte de hidrocarburos en un potrero de la finca el desquite, en el campo Palagua del municipio de Puerto Boyacá, además observamos un derrame de crudo que se está depositando en el bajo de agua o humedal del potrero que se encuentra por debajo de la tubería.

**Figura 38. Humedal de la Finca El Desquite-Campo Palagua**



En esta imagen se observa a la derecha al señor Wilson Valencia, propietario de la finca El Desquite, y a la izquierda al ingeniero de petróleo Oscar Vanegas, quien en el momento toma declaraciones, fotografía y evidencia en video de los derrames permanentes en esta tubería por causa según el ingeniero Oscar Vanegas de las malas prácticas de abandono de las empresas responsables de los contratos de operación.

**Figura 39. Res untada de crudo – Finca El Desquite**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen se observa una res untada de crudo, la imagen fue tomada después de haber sacado la res de un hueco creado por un derrame de crudo, el tiempo que duro la res metida entre el hueco fue de aproximadamente 8 horas. Cabe resaltar que estos semovientes que sufren este tipo de accidentes mueren al parecer envenenadas en las siguientes horas al accidente, por causa del hidrocarburo.

**Figura 40. Tramo de Tubería de la Finca El Desquite- Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen observamos una res que accidentalmente se ahorco al intentar comer o alimentarse del pasto que está por debajo de la tubería y quedo enredada y atrapada en un tramo de la tubería instalada por la industria petrolera.

**Figura 41. Res muerta en la Finca El Desquite- Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen se observa una res que cayó en uno de los huecos o trampas que se hacen (según testimonio del propietario de la finca) para el ganado por causa del derrame continuo de crudo y que cuando los semovientes están alimentándose sin darse cuenta de la trampa caen, y en el intento de salirse de dichas trampas, lo que hacen es enterrarse más hasta morir deshidratados y envenenados por el hidrocarburo

**Figura 42. Derrame en la Finca El Desquite-Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen se observa un derrame de crudo de un vertimiento a la orilla de la carretera y que se extiende por el potrero hasta llegar al bajo de agua o el humedal del potrero, el vertedero según los técnicos es causa de rotura de un tramo de la tubería que pasa por la orilla de la carretera.

**Figura 43. Derrame de crudo en la Finca El Desquite-Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En la imagen observamos un derrame de crudo en un potrero de la finca el desquite - Campo palagua, los trabajadores desarrollan de labores de desvió del crudo para intentar evitar que llegue al humedal.

**Figura 44. Ciénaga de Palagua- Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En la imagen observamos un hueco hecho con una pala draga a unos 5 metros aproximadamente de la orilla de la ciénaga, según testimonio del propietario de la finca, en el hueco se encontró hidrocarburos provenientes de los humedales que desembocan sobre dicha ciénaga.

**Figura 45. Bajo de agua o humedal de la Finca El Desquite- Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En la imagen observamos un derrame de crudo sobre el agua del humedal (según versión del propietario de la finca), además a un funcionario de la empresa tomando el reporte de la afectación, y al dueño de la finca donde se encuentra este humedal, sr Wilson Valencia.

**Figura 46. Instalaciones de un Pozo en Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En la fotografía se observa un derrame de crudo en unas de las instalaciones de los equipos de cabeza de pozo, derrame que cuando se aumenta el fluido o cuando llueve en la zona, es arrastrado hasta los humedales de la finca y posteriormente arrastrado hasta la ciénaga palagua, según versión del propietario de la finca.

**Figura 47. Humedal de la Finca El Desquite-Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta fotografía podemos observar (según versión del propietario de la finca) un bajo de agua o humedal donde llegan los hidrocarburos derramados en las instalaciones de cabeza de pozo del campo palagua, además podemos observar que la distancia donde están los machines hasta el humedal es muy corta relativamente.

**Figura 48. Derrame en la Finca El Desquite-Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen se observa un derrame por causa de la ruptura de un tubo de asbesto.

**Figura 49. Labores en la Finca El Desquite-Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen se observa trabajadores de una empresa recogiendo el derrame ocasionado por la supuesta ruptura de un tubo por donde se transporta el crudo.

**Figura 50. Trabajadores en la Finca El Desquite- Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen observamos a trabajadores de la empresa temporal recogiendo los hidrocarburos y tapando los huecos ocasionados por el derrame de la tubería que se encuentra en mal estado.

**Figura 51. Ciénaga Palagua- Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En esta imagen observamos peces muertos al parecer por causa del envenenamiento de hidrocarburos, hidrocarburos que ya llegan al espejo de agua de la ciénaga palagua.

**Figura 52. Finca El Desquite-Campo Palagua**



Fuente: propietario de la finca el desquite

En la imagen observamos un árbol talado por trabajadores de la empresa temporal, estas talas de árboles las desarrolla la empresa sin consulta previa al propietario de la finca (según testimonio del propietario de la finca).

### **3.5. FASE DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA Y PROPUESTAS PARA MITIGAR LOS IMPACTOS SOCIO-AMBIENTALES**

En esta fase se realizó un análisis detallado y comparativo de toda la información recolectada tanto teórica como testimonial de estas comunidades de las zonas de estudio, además se tuvo en cuenta documentales de zonas de otros países donde ya se ha utilizado la técnica de estimulación hidráulica “fracking” en lutitas y los impactos socio ambientales producto de dicha técnica para realizar algunas predicciones en el caso que esta técnica sea aplicada en territorio nacional y más precisamente en la zona del valle del Magdalena medio de nuestro país. Se continuó con la elaboración del libro.

**3.5.1. Análisis detallado y resultados de la información recolectada en la zona de Landázuri.** (Este análisis está basado en los testimonios documentados de las comunidades de estudio), en la zona influenciada por el desarrollo de proyectos de sísmica se puede notar que las personas afectadas en conjunto (según testimonios), resaltan el engaño o desinformación de parte de los socializadores de las empresas petroleras que desarrollan este tipo de trabajo, además que los propietarios no son grandes terratenientes, y que sus fincas son relativamente pequeñas en hectáreas en comparación a fincas destinadas a las ganaderías, ya que esta zona es de tierras muy productivas en la parte agrícola y pecuaria naturalmente, llegando al punto que los mismos campesinos resaltan no utilizar ningún tipo de fertilizante o químico para la producción de sus productos como se acostumbra hacer en otras zonas del país; las tierras de esta zona manejan un equilibrio constante con la naturaleza en beneficio para la producción de sus productos.

Se debe resaltar para propósitos de este trabajo de investigación, que los posibles impactos generados por la industria petrolera se podrían clasificar como impactos inmediatos, impactos a corto plazo e impactos a largo plazo, donde notamos que

las empresas actúan de una manera irresponsable con respecto a este tipo de acontecimientos, ya que en este caso específico , después de finalizar los trabajos de sísmica, no volvieron hacer presencia en la zona, lo que evidencia la falta de conciencia y responsabilidad por parte de los funcionarios que manejan las políticas de estas empresas con respecto a los impactos generados a corto plazo y mucho más, a largo plazo; las empresas se aprovechan del desconocimiento, que tienen los campesinos en el tema de la exploración hasta la comercialización de hidrocarburos y además el desconocimiento en la parte jurídica para adelantar las quejas, reclamos y demandas que involucran los impactos causados, llegando al punto que las personas acuden a las alcaldías municipales para adelantar sus respectivos reclamos y ni los funcionarios de las alcaldías municipales dan soluciones a esto, como podemos evidenciar en estos testimonios, son tan notorios estos impactos que de alguna manera han involucrado tanto social, como ambientalmente a la comunidad, que cuando se les pregunto sobre qué posición tomarían para el caso de futuros proyectos de sísmica en esta zona, ellos conjuntamente respondieron que definitivamente no aceptarían que las empresas volvieran a intervenir sus fincas para este tipo de trabajos; notamos las secuelas y el rechazo que causaron estas empresas con esta comunidad, llegando al punto de entorpecer muy probablemente trabajos futuros de la industria petrolera en estas zona del país.

**3.5.2. Análisis detallado y resultados de la información de la zona afectada del municipio de Cimitarra.** Para esta región del municipio de cimitarra donde se encuentra el campo opón, actualmente operado por la empresa PETROCOLOMBIA, documentamos algunos impactos que muy posiblemente son originados naturalmente, como los son los manaderos de gas y crudo, que a su vez son explotados artesanalmente por las personas de la región para el consumo como fuente de gas natural para cocinar, se afirma lo anterior, basado en los testimonios de personas que dicen conocer estos manaderos hace más de 35 años, pero aparte de esto también se encontró algunos vertederos de

hidrocarburos que muy probablemente aparecieron como causa de trabajos realizados en los yacimientos de este campo, por las empresas anteriores que han tenido contrato o que han sido contratistas de turno; según los testimonios de los hogareños de esta región los manaderos que aparecieron en caño reo y la quebrada la verde, fueron vistos hace más o menos 10 años para acá, muy poco tiempo en relación al tiempo que llevan estas empresas operando el campo, que aproximadamente es desde el año 1981, además podemos notar que las empresas de turno no han socializado con la comunidad sobre estos impactos, tampoco recogen o mitigan en este momento el crudo o los hidrocarburos que se almacenan sobre estos arroyos de agua, siendo los mismos campesinos quien deben recogerlos, y mucho menos han indemnizado a las mayorías de las comunidades afectadas. Otro impacto notorio como es la contaminación a la quebrada la verde por causa del vertimiento de aguas contaminadas utilizadas en la inyección de pozos por parte de la empresa PETROCOLOMBIA, donde los campesinos dicen y que a simple vista en el fondo de la quebrada, las piedras o rocas se les adhiere una lama blanca, muy probablemente residuos del coctel de químicos usados en la industria, metales pesados o por trazas de hidrocarburos, que en tiempos atrás cuando no se vertían estas aguas, consecuentemente no aparecía este tipo de lama, y que está quebrada o arroyo emana olores de mal gusto para el olfato humano y además el sabor del agua es diferente al de un arroyo sin vertimiento de agua contaminada, de esta misma quebrada se abastece todas las fincas que geográficamente están ubicadas en el límite con la misma quebrada y que desemboca en el río guayabito, que a su vez es uno de los principales ríos de la cuenca del valle del magdalena medio, el ganado o los semovientes de estas fincas se alimentan de estas aguas contaminadas. Además, en esta región también han ocurrido impactos por causa al parecer de la sísmica, como deslizamientos de tierras y hundimientos de las aguas, por ultimo destacamos el pozo que perforó una empresa petrolera en el centro del caserío de la verde y que actualmente está abandonado, pero que algunas veces se

escucha sonidos de escapes de gas, poniendo en peligro el bienestar de toda esta comunidad que habita ahí.

Con respecto a la orientación de la comunidad por parte de las empresas o entes gubernamentales, para reclamar sobre los impactos nombrados anteriormente, notamos que existe una deficiencia en la comunidad en lo que respecta al conocimiento de los conductos regulares para hacer el respectivo proceso y poder reclamar ante las autoridades competentes en este tema, desde este contexto anterior realmente vemos que las empresas actúan deslealmente para el beneficio propio de sus intereses monetarios, sin importarles o sin relacionar los impactos generados socio-ambientalmente con el beneficio económico que esto les trae.

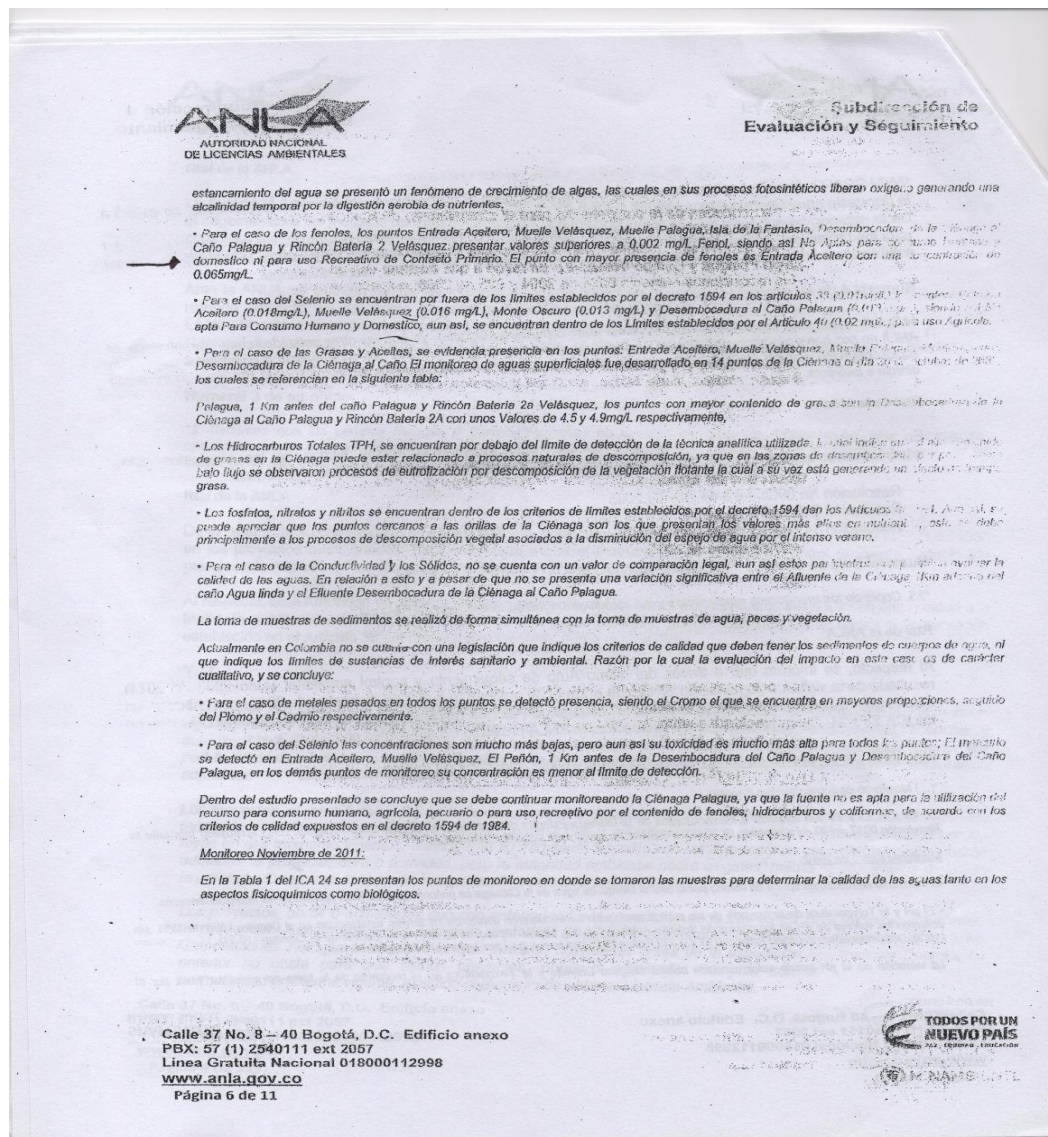
**3.5.3. Análisis y resultados de la información de la zona afectada en el municipio de puerto Boyacá.** El campo palagua está ubicado en su gran mayoría en la vereda palagua del municipio de puerto Boyacá, actualmente cuenta con unos 120 pozos aproximadamente perforados y en producción; en esta vereda podemos notar el continuo y repetitivo impacto de contaminación generado por el vertimiento de hidrocarburos que luego a causa de aguaceros torrenciales, estos generan un deslizamiento o desplazamiento del crudo hasta llegar a las fuentes hídricas de la zona, estos vertimientos aparecen como resultado de las malas prácticas o de la mala operación de abandono de tuberías por parte de las empresas en este campo petrolero, resaltando como muy importante el ecosistema natural de la Ciénaga de palagua y los humedales aledaños a esta Ciénaga en mención, ya que es un ecosistema equilibrado con el medio ambiente, que sirve como refugio para que las especies de peces del río Magdalena se reproduzcan, además como fuente de bebederos de agua para los semovientes de las fincas aledañas a este espejo de agua y que conecta con el principal río de nuestro país, como lo es el río Magdalena. Impactos notables como el vertimiento continuo de hidrocarburos en las aguas de esta zona, la intoxicación y envenenamiento de los peces como se puede notar en las imágenes y videos

anexos a este trabajo de investigación, el envenenamiento del ganado que posiblemente puede ser, por beber agua contaminada de hidrocarburos, o por caer en las trampas o huecos que se produce por causa del mismo vertimiento de hidrocarburos y que los animales en su intento de salir, lo que hacen es enterrasen mucho más y llegar al punto de morir ya sea por deshidratación o por una posible infección que presentan con síntomas de fiebre hasta llegar a morir después de haber sido rescatados de dichas trampas , la muerte por ahorcamiento de algunas reces que en su intento de alimentarse del pasto fresco que nace debajo de los tramos de tubería y que estos animales meten la cabeza para consumirlos y quedan enredados entre la misma tubería hasta llegar al punto de ahorcasen por el afán de salir de esto, la intoxicación o el envenenamiento de los caballos igual que en el caso anterior, estos animales son rescatados de dichas trampas, pero horas después presentan fiebres y mueren, la intoxicación de las aves que se untan de hidrocarburos y que ya no pueden volar y a causa de esto mueren, la deforestación continua sin pedir por parte de la empresa ningún tipo de permiso o consentimiento del propietario de la finca, la contaminación auditiva de los quemadores que por su sonido exagerado y cantidad notoria, muy probablemente están incumpliendo los parámetros de la norma para este tipo de práctica de quema y vertimiento de gas al aire libre, la mutación a los frutos y árboles que están cerca de los quemadores en mención y que por efecto de aspersión del mismo quemador de los hidrocarburos o gas que no se alcanzan a quemar, caen sobre dichos árboles y al suelo, y a su vez estos contaminantes son absorbidos por las raíces de las plantas causando la mutación, la contaminación al aire por causa de los gases que no se alcanzan a quemar; otro de los impactos notorios es el problema social creado en esta comunidad debido a la oferta de empleo por parte de las empresas; esto cambió las costumbres de los descendientes de esta región, ya que en este momento abandonaron algunas prácticas artesanales, como lo son la pesca y la agricultura en esta región del país, llegando afectar también los otros procesos productivos de finqueros, estos son algunos de los impactos más notorios que dejan como antecedente

actualmente la industria petrolera en esta zona del país. Se nota claramente el abandono o irresponsabilidad directa de las autoridades ambientales con respecto a lo anteriormente mencionado, cabe resaltar que las autoridades ambientales que deben asumir la responsabilidad en estos casos, no están siguiendo o no están cumpliendo el deber de la protección al medio ambiente y a las comunidades, es un argumento expuesto por el propietario de la finca ya que este señor se ha dirigido con derechos de petición, denuncias, quejas y hasta reportajes por los medios de comunicación y que en su mayoría de veces son ignorados o simplemente engavetados por estas instituciones ambientales; en algunas respuestas por parte de las instituciones ambientales han argumentado que esto es responsabilidad o problemas de pasivos ambientales de la TEXAS, empresa petrolera que administraba inicialmente el campo; argumentación nada específica ni puntual, porque lo que se busca es la mitigación inmediata y la prevención de estos desastres que se dirigen a una catástrofe de salud pública ambiental, ya que se debe mencionar que esta Ciénaga en mención, hace parte de un ecosistema natural muy amplio en esta zona del país. Actualmente se adelanta una modificación al plan de manejo ambiental (PMA), con el fin de buscar la autorización para la perforación de 398 pozos más de los ya existentes en este campo petrolero, esta comunidad señala como un problema grave que para la obtención de esta autorización, no se tenga en cuenta las observaciones, ni las peticiones de la misma comunidad, ya que los funcionarios o técnicos que adelantan dicho trabajo para la obtención de la autorización, se reúnen y reciben información solo de los funcionarios de la empresa que administra el campo temporalmente (PETROCOLOMBIA), además es constante la omisión de la obligación de las corporaciones ambientales, como se puede señalar el caso de cuando se contaminaron más de 60mil metros cuadrados de los humedales aledaños a esta Ciénaga, y la respuesta de la oficina de CORPOBOYACA fue 5 días después de haber hecho efectiva la respectiva denuncia sobre el caso. Caso por el cual hubo una segunda denuncia contra el funcionario de CORPOBOYACA por omisión al derrame de crudo por parte de la empresa temporal del contrato de

este campo y que hasta la fecha ninguna autoridad se ha pronunciado sobre dichas denuncias, lo que hace pensar que este tipo de funcionarios ya sean de las corporaciones ambientales o de la misma empresa estatal ECOPETROL, no adoptan por el cumplimiento de la normatividad para estos casos y que por el contrario pueden existir intereses particulares para el beneficio propio.

Figura 53. Página 6 de documento ANLA



Fuente: propietario de la finca el desquite

En la imagen anterior se encuentra la respuesta del ANLA sobre el estudio de las aguas de la ciénaga de palagua.

Por ultimo cabe resaltar que toda la información y los impactos socio-ambientales nombrados en el análisis anterior están soportados en los anexos a este trabajo de investigación con fotos, videos y entrevistas a medios de comunicación nacional.

**3.5.4. Resultados y representación gráfica de impactos socio ambientales en la región del Carare y puerto Boyacá.** En esta fase identifiqué y clasifiqué los impactos ambientales y sociales teniendo en cuenta los siguientes 3 parámetros según el criterio del autor del trabajo de investigación; 1, según su potencial de daño causado por el impacto; 2, según la remediación efectuada por parte de la empresa o comunidad al impacto; y 3, según la posibilidad existente a la mitigación o prevención del mismo impacto en la zona afectada. En una escala del 1 al 100 en múltiplos de 10, clasificaremos cada impacto según los parámetros anteriores; en el caso del parámetro del potencial de daño causado, el 1 es el calificativo de menor potencial de daño y 100 el de mayor potencial de daño que hizo el impacto en la zona afectada; para el caso de la remediación efectuada por parte de la empresa o la comunidad, 1 es el calificativo más bajo relacionado con el trabajo de remediación y 100 el calificativo más alto para el trabajo de remediación efectuado sobre la mitigación del impacto ocurrido en la zona; para el ultimo parámetro de la posibilidad existente a la mitigación del mismo impacto en la zona, 1 es el calificativo para el impacto con mayor resistencia a la mitigación y prevención del mismo, y 100 es el calificativo al impacto de menor resistencia a la mitigación y prevención del impacto para un futuro.

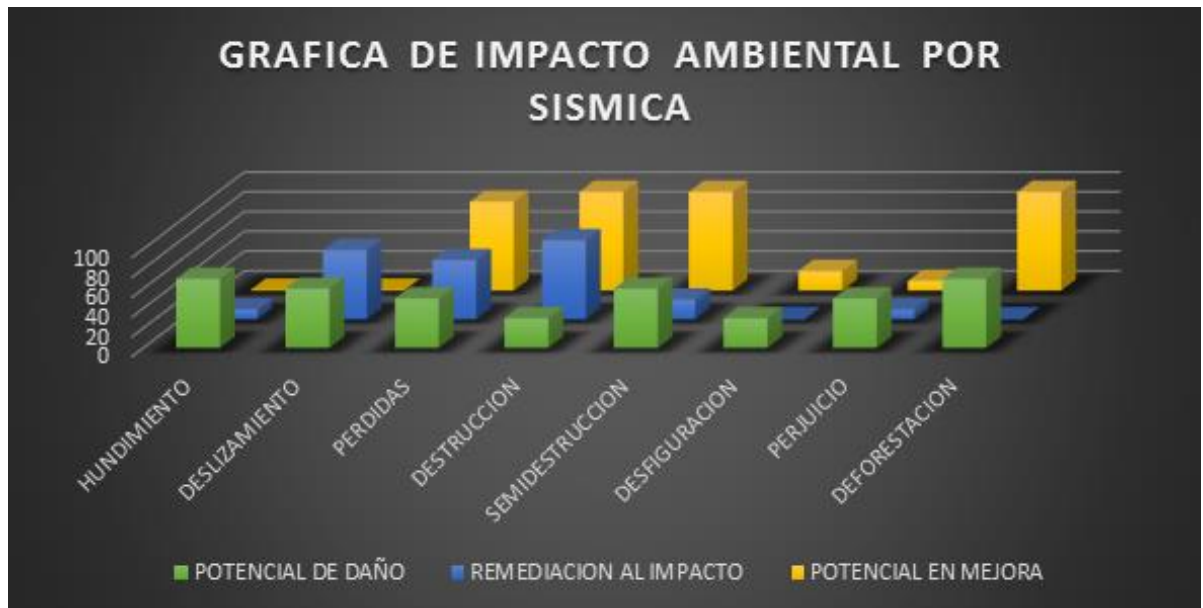
**3.5.4.1. Resultados estadísticos de las tres zonas afectadas por impactos socio ambientales.** Estos resultados estadísticos están basados en la información testimonial de las comunidades de las zonas de estudio y a criterio propio del autor del trabajo de investigación.

**Tabla 3. Impactos ambientales en la zona de afectación del municipio de Landázuri**

Impactos ambientales	Potencial de daño en %	Remediación al impacto en %	Potencial de mejoras en %
Hundimiento o cambio de caudal de las aguas de la zona	70	10	1
Deslizamiento o movimientos de taludes de tierra	60	70	1
Perdidas de cultivos agrícolas y pecuarios	50	60	90
Destrucción total de algunas casas y estructuras como corrales	30	80	100
Semidestrucción de casas y estructuras como acueductos	60	20	100
Desfiguración del paisaje natural	30	1	20
Perjuicio continuo por movimiento de tierra	50	10	10
Deforestación	70	1	100

En la tabla anterior se encuentra la lista de los impactos ambientales específicos que se documentaron en este trabajo de investigación con un valor cuantitativo basado en 3 parámetros.

**Gráfica 1. Impactos ambientales en la zona de afectación del municipio de Landázuri**



En la figura anterior se encuentra una gráfica demostrativa que contiene la misma información cuantitativa de la (tabla 3). En la relación que se hace de la tabla y la gráfica estadística, se puede notar que para el parámetro del potencial de daño de los impactos ambientales en la zona de sísmica, cada impacto es variado, pero notamos que el comportamiento de las barras color verde de la gráfica tienen una tendencia regular para todos los impactos, lo que quiere decir que estos impactos fueron constantes y en proporciones medias en la zona según lo muestra la gráfica; Para el caso del parámetro de la remediación al impacto por parte de la empresa o la comunidad, podemos notar que el comportamiento de las barras color azul de la gráfica es muy irregular, lo que quiere decir que para algunos de los impactos como lo son (el hundimiento de las aguas, la Semidestrucción de casas o estructuras como acueductos, la desfiguración del paisaje natural y la deforestación), la remediación o mitigación fue casi nula y para el resto de impactos ambientales la remediación o mitigación fue buena; cabe resaltar que estas mitigaciones o remediaciones en su gran mayoría fue realizada por la comunidad u otras empresas (INVIAS, alcaldía municipal) y que las empresas que

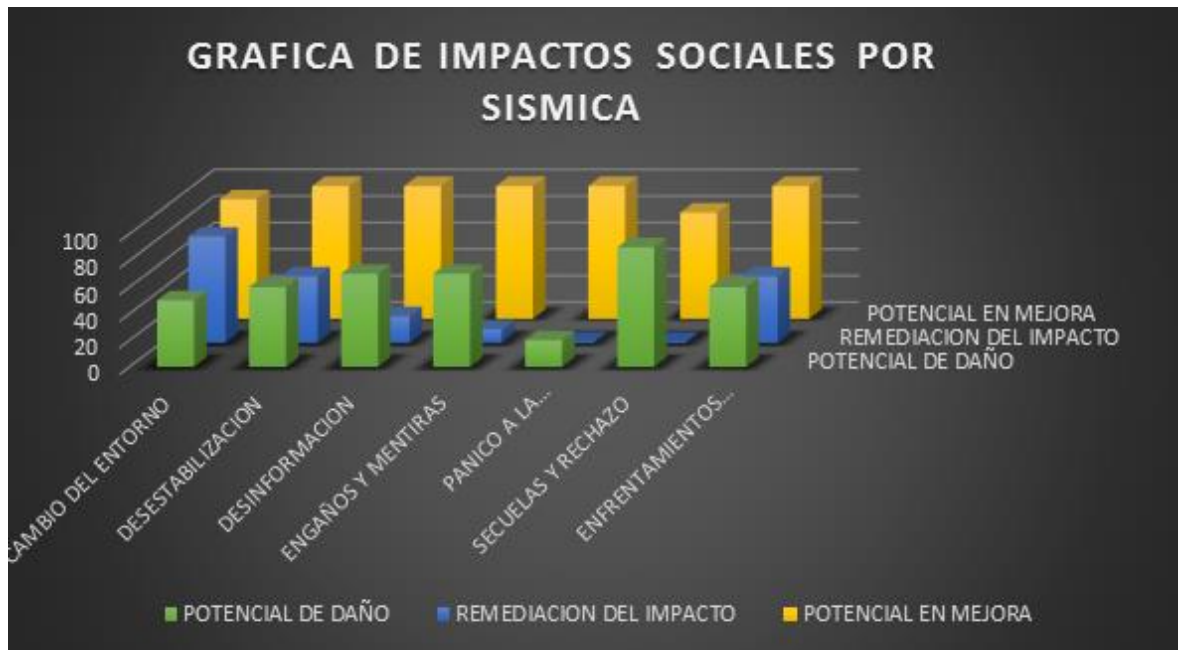
desarrollaron los contratos de sismica no aportaron en la remediación o mitigación de los impactos. Por ultimo para el parámetro del potencial de mejora para los impactos ambientales, notamos que vuelve y se repite el comportamiento irregular de las barras color amarillo, lo que quiere decir que algunos impactos como lo son (el hundimiento de las aguas de la zona, el deslizamiento de taludes de tierra, la desfiguración del paisaje natural y el perjuicio continuo por movimientos de tierra), son impactos que por su magnitud o gravedad oponen un alto grado de resistencia y en algunos casos son irremediables y que para el resto de impactos ambientales de esta tabla, estos no oponen resistencia a la rehabilitación o recuperación total del impacto ambiental.

**Tabla 4. Impactos sociales en la zona de afectación del municipio de Landázuri**

<b>Impactos sociales</b>	<b>Potencial de daño en %</b>	<b>Remediación al impacto en %</b>	<b>Potencial de mejora en %</b>
Cambio del entorno social para los habitantes de la zona	50	80	90
Desestabilización de la economía de la comunidad de la zona	60	50	100
Desinformación a la comunidad	70	20	100
Engaños y mentiras hacia la comunidad por parte de la empresa	70	10	100
Pánico a la comunidad por el abandono de explosivos	20	1	20
Secuelas y rechazo a las malas prácticas de la industria petrolera	90	1	80
Enfrentamientos constantes con funcionarios de la empresa	60	50	100

En la tabla anterior se encuentra la lista de los impactos sociales ocurridos en la zona de impacto de la sismica con un valor numérico basados en los 3 parámetros anteriores.

**Gráfica 2. Impactos sociales en la zona de afectación del municipio de Landázuri**



En la figura anterior encontramos una gráfica donde se representa la información estadística contenida en la (tabla 4). Para el parámetro del potencial de daño del impacto social, notamos que las barras color verde de la gráfica tienen un comportamiento regular, presentando una varianza mínima en uno de sus impactos; para el caso del parámetro de la remediación del impacto, notamos que el comportamiento de las barras color azul es muy irregular, lo que quiere decir que impactos como ( desinformación a la comunidad, engaños y mentiras hacia la comunidad por parte de la empresa, pánico a la comunidad por el abandono de explosivos y las secuelas y rechazo a las malas prácticas de la industria petrolera), no fueron remediados o mitigados por parte de las empresas ni por parte de las comunidades, para el resto de impactos si hubo prácticas de remediación o mitigación al impacto

**Tabla 5. Impactos ambientales en la zona del municipio de Cimitarra**

<b>Impactos ambientales</b>	<b>Potencial de daño en %</b>	<b>Remed. Al impacto en %</b>	<b>Potencial de mejora en %</b>
Manaderos de gas y crudo naturales	50	10	1
Vertederos de crudo en los arroyos provocados por trabajos en el yacimiento	60	1	1
No mitigación por parte de la empresa de derrames de crudo en las quebradas	100	20	90
Hundimiento de aguas	40	1	1
Vertimiento de aguas contaminadas con hidrocarburos y químicos	90	30	100
Contaminación a los animales que consumen el agua de esta quebrada	60	10	100
Perjuicio continuo por movimiento de tierra	30	30	30
Peligro constante por escape de gas de un pozo construido en la mitad de un caserío	60	80	100

En la tabla anterior se encuentra los impactos ambientales documentados en la zona de campo opón basados en los 3 parámetros nombrados para este análisis.

**Gráfica 3. Impactos ambientales en la zona del municipio de Cimitarra**



En la figura anterior encontramos una gráfica que representa estadísticamente la misma información de la (tabla 5), basado en los 3 parámetros nombrados. Para el parámetro del potencial de daño de los impactos, notamos que las barras color verde presentan un comportamiento regular; para el parámetro de la remediación del impacto por parte de la empresa o comunidad, notamos que las barras color azul muestran un comportamiento muy irregular, lo que quiere decir que impactos como (manaderos de gas y crudo naturales, vertederos de crudo en los arroyos provocados por trabajos en los yacimientos, hundimientos de aguas y la contaminación a los animales que consumen el agua de esta quebrada), son impactos que no fueron mitigados en su mayoría y algunos fueron mitigados en una proporción muy baja, para el resto de impactos si fueron mitigados pero en proporciones bajas. Por ultimo para el parámetro del potencial de mejora de los impactos ambientales, se puede ver que igualmente el comportamiento de las barras color amarillo es muy irregular, lo que quiere decir que impactos como (manaderos de gas y crudo naturales, vertederos de crudo en los arroyos provocados por trabajos en el yacimiento, hundimiento de aguas), no se pueden

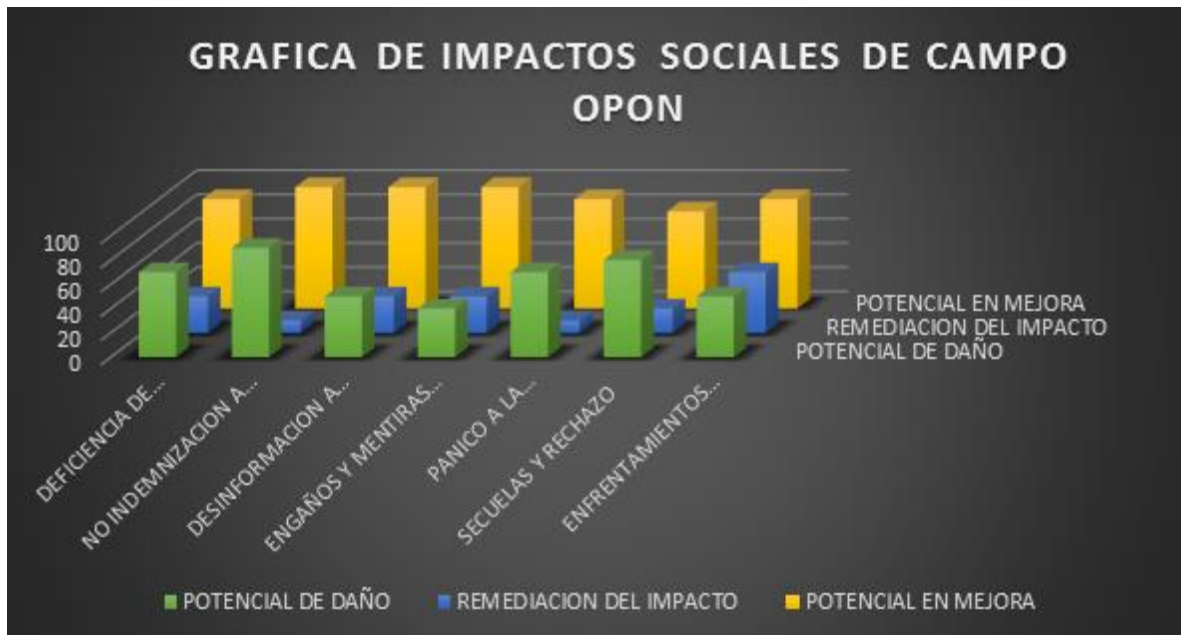
remediar o mitigar, porque son impactos generados naturalmente o que por su magnitud aún no tenemos la tecnología para remediarlos; para el caso de los otros impactos se podrían remediar casi en su totalidad, si existiera el interés de las partes involucradas.

**Tabla 6. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de Cimitarra**

Impactos sociales	Potencial de daño en %	Remediación al impacto en %	Potencial de mejora en %
Deficiencia de información con la comunidad con respecto a impactos	70	30	90
No indemnización a las comunidades afectadas	90	10	100
Desinformación a la comunidad	50	30	100
Engaños y mentiras hacia la comunidad por parte de la empresa	40	30	100
Pánico a la comunidad por los constantes vertederos de crudo	70	10	90
Secuelas y rechazo a las malas prácticas de la industria petrolera	80	20	80
Enfrentamientos constantes con funcionarios de la empresa	50	50	90

En la tabla anterior se encuentra la información de los impactos sociales documentados de la zona del campo opón con un valor numérico basados en los 3 parámetros.

**Gráfica 4. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de Cimitarra**



En la figura anterior, se encuentra una gráfica que contiene la misma información de los impactos sociales representados estadísticamente en la (tabla 6). Para el parámetro del potencial de daño de cada impacto, se puede notar que el comportamiento de las barras color verde en la gráfica tiende a ser regular, lo que quiere decir que la zona fue impactada sin mayor varianza para cada impacto; para el parámetro de la remediación del impacto, notamos que las barras color azul en la gráfica son más irregulares que el parámetro anterior, lo que quiere decir que para algunos impactos sociales como (no indemnización a las comunidades afectadas, el pánico a las comunidades por los constantes vertederos de crudo y las secuelas al rechazo de la industria petrolera), no fueron remediados o mitigados por ninguna de las partes, y en el caso de remediación fue muy baja, para el resto de impactos si fueron remediados pero en proporción media; para el caso del parámetro del potencial de mejora de los impactos sociales, podemos notar que el comportamiento de las barras color amarillo en la gráfica es muy regular, lo que quiere decir que todos los impactos sociales se

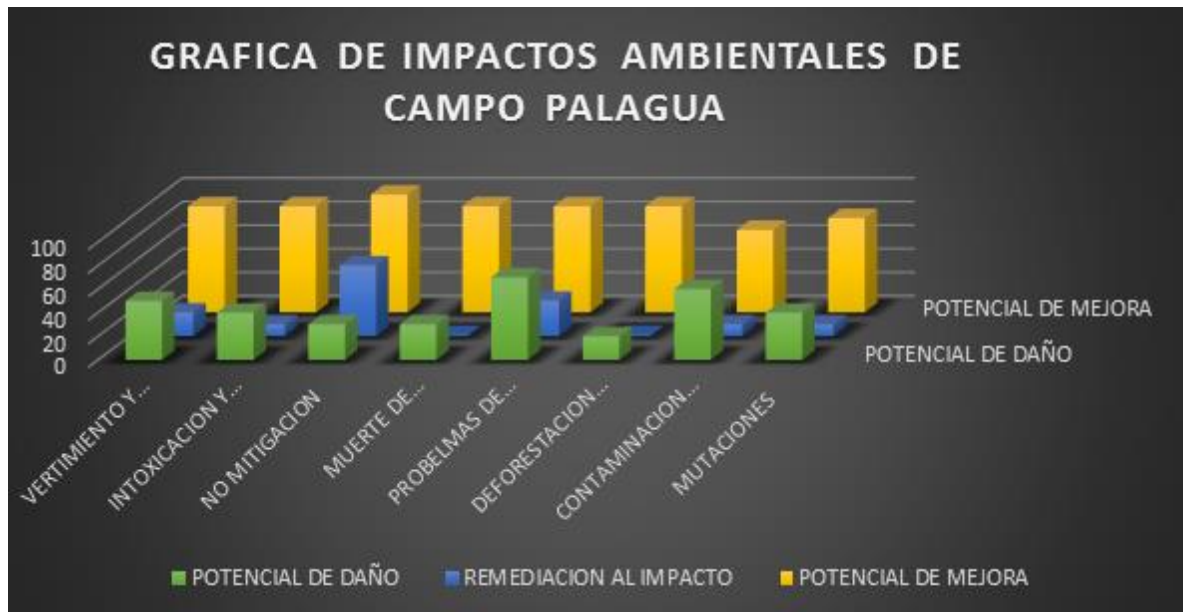
pueden corregir o mitigar por parte de la empresa o comunidad, ya que no presentan mucha resistencia a la remediación de los mismos.

**Tabla 7. Impactos ambientales de la zona de afectación del municipio de Puerto Boyacá**

Impactos ambientales	Potencial de daño en %	Remed. Al impacto en %	Potencial de mejora en %
Vertimiento y arrastre continuo de hidrocarburos a los humedales de la zona	50	20	90
Intoxicación y envenenamiento de los animales que consumen aguas de esta zona	40	10	90
No mitigación por parte de la empresa de derrames de crudo en los humedales	30	60	100
Muerte de semovientes por causa de trampas o ahorcamiento en las tuberías	30	1	90
Problemas de salud pública	70	30	90
Deforestación continua	20	1	90
Contaminación auditiva por parte de los quemadores de gas	60	10	70
Mutación de los árboles y frutos que están cerca a los quemadores	40	10	80

En la tabla anterior se encuentra la lista de los impactos más notorios que se documentaron en la zona del campo de palagua, con una relación numérica basados en los parámetros nombrados.

**Gráfica 5. Impactos ambientales de la zona de afectación del municipio de Puerto Boyacá**



En la figura anterior encontramos una gráfica que representa la misma información estadística de la (tabla 7), de impactos de la zona de campo palagua; para el parámetro del potencial de daño causado por el impacto ambiental, notamos que el comportamiento de las barras color verde en la gráfica nos muestran un comportamiento regular, lo que quiere decir que la zona es impactada de una manera constante por la industria petrolera, con una varianza muy mínima en alguno impactos; para el parámetro de la remediación al impacto ambiental por parte de la empresa o la comunidad, se muestra que el comportamiento de las barras color azul es muy irregular, lo que quiere decir que para algunos impactos como lo son (vertimiento y arrastre continuo de hidrocarburos a los humedales de la zona, intoxicación y envenenamiento de los animales que consumen las aguas de estas zonas, muerte de semovientes por causas de trampas o ahorcamiento en las tuberías, deforestación continua, contaminación auditiva por parte de los quemadores de gas, mutación de los árboles y frutos que están cerca de los quemadores), la empresa o la comunidad en algunos casos ha remediado en una proporción muy baja, y en los otros impactos no se ha remediado en nada; para el

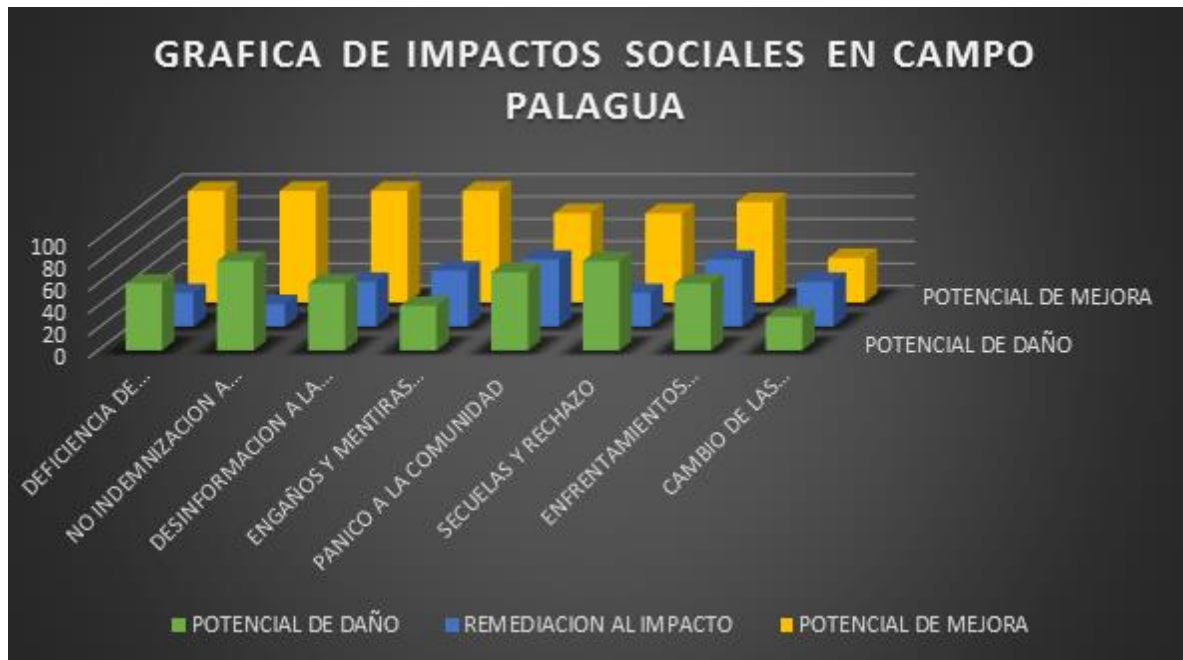
ultimo parámetro notamos que el comportamiento de las barras color amarillo en la gráfica es muy regular y alto en porcentajes, lo que quiere decir que todos los impactos se podrían remediar o evitar por completo, o en una gran proporción por las partes involucradas, ya que estos impactos no oponen mucha resistencia a la mitigación del impacto

**Tabla 8. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de Puerto Boyacá**

Impactos sociales	Potencial de daño en %	Remediación al impacto en %	Potencial de mejora en %
Deficiencia de información con la comunidad con respecto a impactos	60	30	100
No indemnización a las comunidades afectadas	80	20	100
Desinformación a la comunidad	60	40	100
Engaños y mentiras hacia la comunidad por parte de la empresa	40	50	100
Pánico a la comunidad por los constantes vertederos de crudo	70	60	80
Secuelas y rechazo a las malas prácticas de la industria petrolera	80	30	80
Enfrentamientos constantes con funcionarios de la empresa	60	60	90
Cambio de las costumbres de las comunidades de esta zona	30	40	40

En la tabla anterior se encuentra la lista de impactos sociales documentados en la zona de campo palagua con un valor estadístico basado en los 3 parámetros nombrados.

**Gráfica 6. Impactos sociales de la zona de afectación del municipio de Puerto Boyacá**



En la figura anterior encontramos una gráfica que nos muestra la misma información de la (tabla 8), de una manera estadística para el análisis. Para el parámetro del potencial de daño de los impactos sociales de esta zona, podemos notar que la barras color verde tienen un comportamiento regular, lo que quiere decir que similar a los casos anteriores la zona es impactada de un manera constante y repetitiva por la industria petrolera; para el parámetro de la remediación al impacto causado, notamos que en la gráfica las barras color azul muestran también una tendencia regular pero en bajas proporciones, lo que quiere decir que algunos de estos impactos, fueron remediados pero en bajas proporciones y muy pocos casi en su totalidad; y por ultimo para el parámetro del potencial de mejora de los impactos, notamos un comportamiento de las barras color amarillo muy regular y en altos porcentaje, lo que quiere decir que en su gran mayoría estos impactos sociales se podrían remediar o evitar si las partes involucradas se lo propusieran, ya que estos impactos sociales no oponen mucha resistencia para evitarlos o para su mitigación en efecto.

**3.5.4.2. Comparativo de los impactos ambientales y sociales de las tres zonas documentadas.** De los impactos ambientales y sociales que se documentaron en este trabajo investigativo, a manera general se puede concluir que para cada región se desarrollan algunos impactos específicos propios de la misma zona, y encontramos que otros impactos se convierten en un común denominador de las tres zonas documentadas como lo son:

- Muerte de semovientes y cultivos
- Cambios en el paisaje natural
- Cambios del entorno social para las comunidades
- Desinformación o deficiencia de información a la comunidad
- Información engañosa o mentirosa hacia la comunidad
- Pánico a las comunidades
- Enfrentamientos constantes entre comunidad y empresas petroleras
- Secuelas y rechazo a las malas prácticas de la industria petrolera

Para el caso del parámetro del potencial de daño de los impactos, a manera general todos los impactos fueron constantes y repetitivos en las tres zonas documentadas con valores estadísticos notorios.

Para el parámetro de la remediación del impacto, podemos notar que el comportamiento de las barras en las gráficas es muy irregular en su mayoría de los casos y esto quiere decir que en las tres zonas no fueron remediados los impactos en su gran mayoría y que donde los remediaron, fue responsabilidad directamente de la comunidad, ya que en la mayoría de los casos las empresas petroleras no aportaron en la mitigación de los mismos.

Para el ultimo parámetro del posible potencial de mejora de los impactos, podemos ver que el comportamiento de las barras de las gráficas es muy irregular en algunas zonas relacionadas con los impactos ambientales como las de campo opón y la zona de sísmica, algunos impactos ambientales son irremediables ya

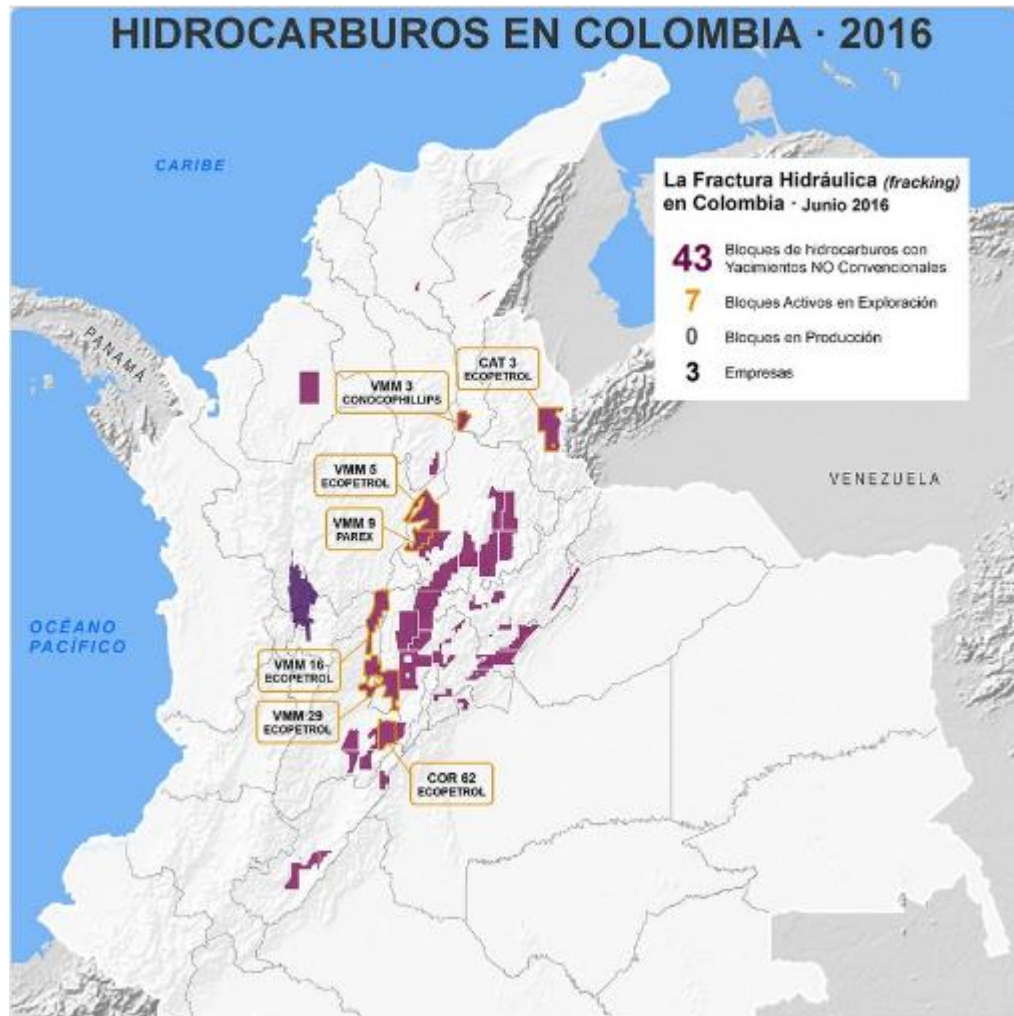
que por su naturaleza o por su alto grado de complejidad oponen resistencia o no aplican las tecnologías que actualmente usa la industria petrolera para la mitigación o prevención de impactos, para el resto de impactos tanto ambientales como sociales notamos que son remediables, mitigables o evitables; si se lo propusiera las partes involucradas que causan estos impactos.

**3.5.5. Comparativo de la técnica de estimulación hidráulica o fracturamiento hidráulico “fracking”.** El petróleo se ha convertido en un insumo importante para el desarrollo productivo de energías a nivel nacional e internacional. Muchos de los yacimientos que tienen altas permeabilidades en el mundo se encuentran en la etapa final de descenso, y debido a esto, los hidrocarburos que abastecerán a las diferentes economías provendrán de yacimientos con permeabilidades bajas. En este contexto se presentan permanentes retos a la industria de hidrocarburos para el desarrollo de nuevas tecnologías, como la estimulación hidráulica o fracturamiento hidráulico en lutitas (formaciones de bajas permeabilidades) más conocido en otros países como “fracking”, que contribuyan en la producción de petróleo y gas, buscando aumentar los factores de recuperación de los yacimientos, seguridad en el abastecimiento y reducción de impactos al medio ambiente.

Para el caso de Colombia cabe aclarar que el fracturamiento hidráulico ya está en función desde hace muchos años, pero este tipo de fracturamiento hidráulico se desarrolla en formaciones con altas permeabilidades como las areniscas, donde la las perforaciones del pozo se hacen en dirección vertical; la nueva técnica a la que se refiere este trabajo de investigación hace énfasis en el fracturamiento hidráulico en rocas con bajas permeabilidades, como los son las formaciones de lutitas; para estas últimas formaciones las perforaciones del pozo se hacen en dirección horizontal.

Actualmente en Colombia se adelantan proyectos de explotación para yacimientos no convencionales en algunas partes del país, a continuación, el mapa de Colombia con los bloques donde se adelantan trabajos de estimulación hidráulica en lutitas.

**Figura 54. Mapa de Colombia con bloques de YNC**



Fuente: TWITTER Geographiando [en línea] disponible en: <https://twitter.com/geographiando>

En la imagen anterior se observa el mapa de Colombia con los 7 bloques adjudicados a diferentes empresas operadoras donde ya se adelantan trabajos relacionados con la técnica de estimulación hidráulica en lutitas.

Para el desarrollo de este comparativo relacionado con los impactos ambientales y sociales con lo que respecta a la estimulación hidráulica, a continuación, se documenta los impactos más notorios que se han presentado en otros países como USA, donde la técnica de fracking en lutitas es aplicada hace más de 15 años.

#### **3.5.5.1. Impactos ambientales y sociales por causa del fracking en USA**

A continuación, se cita una lista de impactos ambientales y sociales ocurridos en algunos campos petroleros de los estados unidos y que fueron documentados por la estudiante de ingeniería de petróleos de la (UIS) SOFIA VESGA DUARTE y que en los anexos se encuentra el video (documental impactos shale gas) como soporte de la información.

- Explosión desde el interior de una casa en Bainbridge, Ohio (gas causante provenía de los pozos de aguas domésticos), Debido a esta situación 19 casas fueron evacuadas preventivamente por la misma causa. La ODNR (Departamento de Recursos Naturales de Ohio, por sus siglas en inglés) concluyó que se generó una sobre presión en un pozo de producción de gas el cual migró desde el revestimiento del pozo hasta el acuífero a través de fracturas naturales presentes en la roca, y de allí a los hogares.
  
- Agua domestica contaminada con gas metano en casas de Dimock, Pennsylvania, el Departamento de Protección Ambiental de Pennsylvania PADEP (por sus siglas en inglés), decidió analizar 24 muestras de agua de diferentes residencias, de las cuales nueve de ellas resultaron contaminadas con gas metano y cuatro más con concentraciones potencialmente suficientes para generar una explosión.

- Muerte de más de una docena de semovientes cerca de un pozo de gas, en la ciudad de Caddo Parish, Luisiana El Departamento de Calidad Ambiental de Luisiana LADEQ por sus siglas en inglés, realizó una investigación que encontró que debido a las lluvias, los productos del fracturamiento hidráulico habían sido arrastrados hacia el suelo, y desde allí llegaron a la zona donde se encontraban las vacas.
- Disminución de la calidad del aire. En el área de Dallas-Fort Worth, Texas, Un conjunto de siete muestras recogidas a través de la ciudad encontraron cantidades de benceno 55 veces más altas del máximo permitido por la Comisión de la calidad ambiental y del aire de Texas TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality) por sus siglas en inglés, así como xileno, disulfuro de carbono, naftaleno y piridinas, todos estos últimos también superando los límites máximos permitidos hasta 384 veces.
- Cambios de olor y sabor en el agua doméstica, En agosto de 2010 la EPA (agencia para la protección del medio ambiente, por sus siglas en inglés) publicó los segundos resultados de la investigación sobre el potencial de contaminación del agua subterránea en el área de Pavillion, Wyoming. las cuales fueron realizadas por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR por sus siglas en Inglés). Las conclusiones señalaron que hay evidencia de contaminación de las aguas subterráneas en el área con elevados contenidos de metales, compuestos orgánicos e hidrocarburos, además de metano.
- Tráfico de camiones, daño constante de las carreteras y estructuras
- Riegos del brine o flowback (agua que retorna a la superficie luego de ser usada en la operación del fracking), contiene altos contenidos de sales, numerosos metales pesados y materiales radioactivos naturales.

- Contaminación del aire por altas emisiones de CO2 (camiones y equipos diésel involucrados en el proceso).
- Cierres de pozos de agua subterránea, ahora las familias compran agua potable de sus propios bolsillos.
- Aguas del grifo ricas en metano, al bañarse con estas aguas les cambia la voz, las aseguradoras después de enterarse de esto, no les vendían póliza contra incendios.
- Grandes captaciones de agua superficiales o subterráneas
- Utilización de coctel de químicos desconocidos para las comunidades
- Sismicidad o temblores inducidos
- Posibles afectaciones a la salud humana por mutaciones genéticas debido a la estimulación de elementos radioactividad<sup>96</sup>

En Colombia actualmente la empresa Conoco Phillips adelantan trabajos de fracturamiento hidráulico con pozo horizontal y en lutitas, en San Martín Cesar en el VMM-3 (Valle del Magdalena Medio – 3), a la fecha se encuentra paralizado los trabajos de perforación ya que las comunidades se opusieron a este tipo de técnica, y bloquearon por vías de hecho el acceso a los trabajadores de la empresa, argumentando que no existen las garantías socio ambientales para el desarrollo del proyecto y resaltando que se debe tener en cuenta principalmente el PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE que ordena la constitución nacional de nuestro país. En otros bloques como el VMM-9

---

<sup>96</sup> VESGA DUARTE Sofia

la empresa PAREX, adelantan proyectos de estudios de impactos ambientales para solicitar la respectiva licencia ambiental por parte de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para el desarrollo de dichos proyectos.

**3.5.5.2. Predicción a futuro para el caso de implementar la técnica de estimulación hidráulica en lutitas en Colombia.** Desde el punto de análisis del autor del trabajo de investigación y la información documentada, se puede predecir que Colombia afrontara posiblemente en su respectivo tiempo la mayoría de los impactos nombrados anteriormente ocurridos en USA a la aplicación de esta tecnología, ya que las leyes que rigen en nuestro país no son lo suficientemente robustas aun, en cuanto se trata a esta nueva tecnología de fracturamiento hidráulico en lutitas (o formaciones con bajas permeabilidades), por la razón que nuestro país no cuenta con la experiencia en la aplicación de este tipo de técnica y se puede contextualizar desde el punto de vista de trabajos de la industria petrolera que es posible la correlación de trabajos desarrollados en otros países, pues en la industria petrolera se toman las correlaciones como una herramienta de trabajo común.

Los estudios de impactos ambientales, para la obtención de licencias ambientales ante la ANLA, son contratados por las mismas empresas operadoras interesadas económicamente en el bloque donde se va desarrollar el proyecto, según versión de las comunidades como la del (VMM-3), al parecer esta agencia gubernamental (ANLA) no cuenta aún con estudios científicos que nos garantice que en nuestro país no acontecerá los impactos nombrados que se relacionan con el fracturamiento hidráulico en lutitas, y cabe resaltar que la cuenca del VMM tiene características diferentes en comparación a otras cuencas como las de otros países, en cuanto se refiere a su geología, hidrología y caracterización que se tiene en cuenta para tomar decisiones con respecto a este tipo de proyectos, lo que nos hace difundir una duda; duda que deberíamos de tomar en análisis y

aplicar los principios de prevención, precaución y protección que ordena nuestra constitución nacional en beneficio del medio ambiente.

Para el caso de la cuenca del Valle del Magdalena Medio, se deberían adelantar estudios mucho más rigurosos en cuanto a lo que tiene que ver con geología, la hidrología, la sismicidad, las fuentes hídricas superficiales y la dinámica que cumplen con el ciclo de los ecosistemas que tiene esta cuenca y por último los futuros impactos ambientales irreversibles que podría afectar esta zona tan importante como lo es el Magdalena Medio para nuestro país, ya que cabe resaltar que esta cuenca está limitada por fallas geológicas naturales.

### **3.6. FASE DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ANTE LA UIS**

En esta fase se culmina la elaboración del libro y se sustenta ante los calificadores de la tesis, para cumplir el requisito y por último obtener el título de ingeniero de petróleos por parte de la universidad industrial de Santander (UIS)

#### 4. CONCLUSIONES

- La industria petrolera según testimonios, en cualquier etapa de desarrollo, impacta social y ambientalmente a las zonas y comunidades donde se desarrolla el proyecto; algunos impactos son desafortunadamente irreversibles, otros impactos son remediables, pero el desconocimiento de las comunidades para reclamar y la deficiencia de algunas empresas en la aplicación de las normas y leyes, hacen que no se mitiguen o prevengan los impactos.
- Las empresas que desarrollaron proyectos relacionados con la industria petrolera en las zonas documentadas, al parecer de alguna manera desinformaron a las comunidades, hasta llegar al punto de crear pánico, llegando a convertirse este impacto en el común denominador de las 3 zonas documentadas y como resultado de lo anterior, se crea un rechazo a las malas prácticas de la industria petrolera y desarrollo de proyectos futuros.
- En el desarrollo de nuevos estudios de impactos ambientales para la obtención de nuevas licencias ambientales, no están teniendo en cuenta la información de las personas directamente afectadas de cada zona (como es el caso de campo palagua, según versión del propietario de la finca el desquite), lo que indica desconfianza por parte de las comunidades sobre los resultados entregados de dichos estudios a las agencias que otorgan los respectivos permisos.
- El fracturamiento hidráulico es una tecnología que permite maximizar el recobro de hidrocarburos tanto de yacimientos convencionales, como en los no convencionales. Para el caso de YC esta técnica lleva más de 50 años siendo aplicada en nuestro país y para el caso de YNC en lutitas, esta tecnología es

nueva para nosotros, lo que significa que la técnica involucra una serie de prácticas operativas que ha generado múltiples preocupaciones en los ambientalistas, ya que algunos impactos posibles son irreversibles.

- En países como Francia, Bulgaria, fue prohibida la técnica; Alemania, la suspendió; Rumania, Sudáfrica, Canadá declararon moratorias; USA creó leyes locales; y otros países, debido a los efectos negativos que conlleva esta tecnología, y teniendo en cuenta que para estos países tiene más valor comercial a futuro, el recurso natural del agua potable que el del petróleo.

## 5. RECOMENDACIONES

- Que se tenga en cuenta como prioridad los PRINCIPIOS DE PRECAUCIÓN, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE que ordena nuestra constitución nacional, cuando se trate de posibles impactos ambientales irremediables, como los documentados en este trabajo de investigación y futuros impactos posibles causados por la fracturación hidráulica, en el caso que la técnica sea aplicada en nuestro país.
- Que la normatividad actual de la política petrolera en Colombia sea modificada, para que se tenga en cuenta como prioridad el concepto de aprobación de las comunidades (previa consulta a comunidades) para el desarrollo de proyectos sobre cualquier interés económico de la explotación de un recurso natural como lo es el petróleo. Además, que el incumplimiento a la información de lo que socializan las empresas antes de iniciar los trabajos, sea penalizado y publicado, con la intención de evitar que sucedan este tipo de incumplimientos.
- Para el caso de proyectos de sísmica, incentivar la utilización de nuevas tecnologías como lo es la OFT (Oil and Gas Finder Technology); tecnología mucho más amigable con el medio ambiente
- Que las empresas publiquen la información de los químicos y procesos utilizados para tecnologías aplicadas como la estimulación hidráulica en lutitas, ya que su no identificación será uno de los principales problemas para realizar la evaluación de riesgos de esta técnica e incluso para aplicar tratamientos médicos en caso de accidentes. además que socialicen en las comunidades todos los impactos ambientales posibles, antes de desarrollar cualquier trabajo,

esto ayudaría a la mitigación o prevención de los mismos impactos por parte de la empresa y la misma comunidad.

- Según la comunidad, que el acompañamiento por parte de las empresas hacia las comunidades sea consecuente y asistido con el tiempo necesario que tardan algunos impactos para aparecer en las zonas influenciadas, teniendo en cuenta que algunos impactos ambientales aparecen años después que se desarrolla el proyecto, como lo fue el caso de los (deslizamientos de tierras, el hundimiento de aguas, los vertederos de hidrocarburos y otros), y que para estos casos las empresas abandonaron casi en su totalidad a los afectados.
- No seguir ignorando las masacres ambientales por parte de las entidades gubernamentales, como la que actualmente sucede en campo palagua del vertimiento de hidrocarburos a los humedales y seguido a eso a la Ciénaga de palagua, (contaminación del agua por metales pesados) convirtiendo esto en un problema de salud pública.
- A las comunidades, que sigan haciendo eco o informando acerca de los impactos o daños, para que se logre llamar la atención de las autoridades y encontrar soluciones sanas de ejecución de proyectos.
- Las autoridades ambientales colombianas deberían tomar el ejemplo de estos países desarrollados y declarar la moratoria o en el caso, la prohibición en lo que se respecta a la técnica de estimulación hidráulica en lutitas, ya que estudios avanzados por parte de universidades e institutos, demostraron que Colombia no está preparada para la implementación de esta tecnología aún.

## BIBLIOGRAFIA

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS Cuenca Valle Medio del Magdalena Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos [en línea] disponible en: <http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Tesis/6.%20Informe%20Final%20VMM.pdf>

ARDILA BARBOSA Wilman Yesid Impactos de la industria petrolera en el medio ambiente – upstream Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos Bucaramanga: universidad industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico-Químicas Escuela de Ingeniería de Petróleos 2014

AREVALO BALLEEN Omar Esneyder SUAREZ ACEVEDO Paola Ximena Estudio del impacto ambiental por fracturamiento hidráulico en Colombia Tesis Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico – Químicas Escuela de Ingeniería de Petróleos 2015

ARTHUR James Daniel HOCHHEISER H. William COUGHLIN Bobbi Jo State and Federal Regulation of Hydraulic Fracturing: A Comparative Analysis [en línea] disponible en: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-140482-MS>

BURGOS Extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica, 2012

CLEANWATER 85 State Oil and Natural Gas Regulations Designed to Protect Water Resources, mayo 2009 86 Modern Shale Gas Development in the United States: un Primer, 2009 [en línea] [citado en Abril de 2013] Disponible en: <http://cleanwater.org/page/fracking-process>.

COMIMSA Extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica en Burgos, 2012 [en línea] disponible en: <http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/6-La%20extracci%C3%B3n%20de%20Gas%20No%20Convencional.pdf>

Constitución Política de Colombia, 1991.

Cumulative Impacts of Shale-Gas Water Management: Considerations and Challenges

Environmental Considerations of Modern Shale Gas Development

EPA [en línea] [citado en abril de 2013] disponible en: <http://www.epa.gov/gasstar/basic-information/index.html>. Fecha de consulta: abril de 2013

EPA EPA's Study of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas and Its Potential Impact on Drinking Water Resources [en línea] disponible en: [www.epa.gov/hfstudy/index.html](http://www.epa.gov/hfstudy/index.html)

EPA Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, 2011

EPA Study of Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources 2012

EPA Unconventional Oil and Gas Extraction Effluent Guidelines [en línea] [citado en marzo de 2013] disponible en: <http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/shale.cfm>.

GELVEZ JEREZ Marilyn Julieth. Determinación de aspectos e impactos ambientales generados por la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico. Trabajo de grado Ingeniero de petróleos Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas Escuela de Ingeniería de Petróleos 2015

INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y SALUD DE ESPAÑA Impacto Ambiental del Sistema de Fracturación Hidráulica para la Extracción de Gas No Convencional, 2012

LA COMUNIDAD PETROLERA Depósitos definición y tipos de pozos petroleros [en línea] disponible en: <http://www.lacomunidadpetrolera.com/2014/10/depositos-definicion-y-tipos-de-pozos-petroleros.html>

Marcellus Shale Gas Well Drilling Regulations to Protect Water Supplies in Pennsylvania, Penn State Extension, 2011

ONPETRO Environmental Considerations of Modern Shale Gas Development [en línea] disponible en: <https://www.onepetro.org/...paper/SPE-122931-MS>

PROPUBLICA [en línea] [citado en marzo 2013] disponible en: <http://www.propublica.org>.

Recommendations for policy changes for Gas Drilling Near Schools, Ft. Worth League of Neighborhoods, 2011

S.L. SAKMAR, ESQ., UNIVERSITY OF SAN FRANCISCO Shale Gas Developments in North America: An Overview of the Regulatory and Environmental Challenges Facing the Industry, SPE 2011

SALAMANCA PEDRAZA Daniel Fernando Descripción del impacto que genera la exploración sísmica en la vereda alcaparral del municipio de firavitoba desde el año 2012 al 2014 Proyecto de investigación Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia Facultad de educación Escuela de ciencias sociales 2015

Shale Gas Developments in North America: An Overview of the Regulatory and Environmental Challenges Facing the Industry

Summary of Environmental Issues, Mitigation Strategies, and Regulatory Challenges Associated With Shale Gas Development in the United States and Applicability to Development and Operations in Canada, SPE

Underground Injection Wells for Produced Water Disposal, Chesapeake Energy Corporation

VESGA DUARTE Jeniffer Sofia Efectos ambientales del shale gas Tesis Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingeniería de Petróleos Escuela de ingenierías fisicoquímicas 2013

Water's Journey Through the Shale Gas Drilling and Production Processes in the Mid-Atlantic Region, The Pennsylvania State University, 2012 -

Water's Journey Through the Shale Gas Drilling and Production Processes in the Mid-Atlantic Region, The Pennsylvania State University, 2012 - Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources, EPA, 2012

WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Organización territorial de Santander (Colombia) [en línea] disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n\\_territorial\\_de\\_Santander\\_\(Colombia\)#Carare\\_Op.C3.B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_territorial_de_Santander_(Colombia)#Carare_Op.C3.B3n)

WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Puerto Boyacá [en línea] disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto\\_Boyac%C3%A1](https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_Boyac%C3%A1)

# **ANEXOS**

## **ANEXO A. VIDEOS**

(Ver documentos adjuntos)

## **ANEXO B. AUDIOS**

(Ver documentos adjuntos)

## **ANEXO C. IMÁGENES**

(Ver documentos adjuntos)