

**IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA
EXPLOTACIÓN DE LAS ARENAS BITUMINOSAS DEL RIO GÜEJAR**

MÓNICA MARÍA MORENO BÁEZ

YOHAM ALDENAGO PÉREZ GUAVITA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2015

**IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA
EXPLOTACIÓN DE LAS ARENAS BITUMINOSAS DEL RIO GÜEJAR**

MÓNICA MARÍA MORENO BÁEZ

YOHAM ALDENAGO PÉREZ GUAVIDA

Trabajo de grado para optar por el título de

INGENIERO DE PETRÓLEOS

Director:

OSCAR VANEGAS ANGARITA

Ingeniero de Petróleos



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme entender sus propósitos para mi vida.

A mi familia y en especial a mis padres, por el apoyo y acompañamiento que me brindan en cada etapa de mi desarrollo personal y profesional.

Mónica Moreno

DEDICATORIA

A *Dios*, por guiarme cada día por el camino correcto y permitirme tener la suficiente fortaleza, salud y entendimiento en esta trascendental meta.

A *mis padres y familia*, por el amor, apoyo y acompañamiento que me brindan en esta importante etapa de mi vida.

A *mi novia*, por su amor, paciencia y confianza siempre en mí.

A *mis amigos y compañeros*, por su constante apoyo en esta enriquecedora etapa, como lo fue la universidad.

Y, finalmente a cada una de las personas que de una u otra manera aportaron su granito de arena.

Yoham Aldenago Pérez Guavita

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestra gratitud a las personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo en especial a:

A la **Universidad Industrial de Santander**, por permitirnos una formación integral tanto como personas, como profesionales.

A la **Escuela de Ingeniería de Petróleos**, y sus distinguidos profesores por la formación académica.

Al **Ing. Óscar Vanegas Angarita**, quien nos guio y brindo sus conocimientos y su experiencia para llevar a buen término el presente trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN A LAS ARENAS BITUMINOSAS..... | 23 |
| 1.1 EL PETRÓLEO COMO FUENTE ENERGÉTICA MUNDIAL..... | 23 |
| 1.2 HIDROCARBUROS EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES | 24 |
| 1.2.1 Petróleo en yacimientos no convencionales..... | 27 |
| 1.2.1.1 Arenas bituminosas (Oil sands) | 27 |
| 1.2.1.2 Petróleo de lutitas o esquisto (Oil Shale) | 28 |
| 1.2.1.3 Tight Oil | 28 |
| 1.2.2 Gas en yacimientos no convencionales | 29 |
| 1.2.2.1 Mantos de carbón (Coalbed Methane)..... | 29 |
| 1.2.2.2 Gas de arenisca de baja permeabilidad (Tight Gas) | 29 |
| 1.2.2.3 Gas de lutitas o esquisto (Shale Gas) | 29 |
| 1.2.2.4 Hidratos de gas (Gas Hydrate)..... | 30 |
| 1.3 GENERALIDADES DE LAS ARENAS BITUMINOSAS | 30 |
| 1.4 ANTECEDENTES DE LAS ARENAS BITUMINOSAS | 32 |
| 1.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN | 34 |
| 1.5.1 Minería | 34 |
| 1.5.1.1 Extracción | 36 |
| 1.5.2 Métodos In-Situ | 37 |
| 1.5.2.1 Drenaje Gravitacional asistido por Vapor (SAGD) | 37 |
| 1.5.2.2 Estimulación Cíclica de Vapor..... | 40 |
| 1.5.2.3 Generación de vapor..... | 40 |
| 1.5.2.4 Vapex..... | 44 |
| 1.5.2.5 Toe-To-Heel Air Injection (THAI)..... | 44 |
| 1.5.2.6 Producción en "Frío" | 44 |
| 1.6 UTILIZACIÓN DEL CRUDO EXTRAÍDO DE LAS ARENAS BITUMINOSAS | 45 |
| 1.7 ARENAS BITUMINOSAS EN COLOMBIA | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 2. IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN DE LAS ARENAS BITUMINOSAS | 48 |
| 2.1 IMPACTOS EN LAS COMUNIDADES LOCALES..... | 49 |
| 2.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE | 51 |
| 2.3 USO DEL AGUA Y SU IMPACTO | 55 |
| 2.4 IMPACTOS EN EL SUELO | 58 |
| 2.4.1 Relaves | 59 |
| 2.5 RECUPERACIÓN DESPUÉS DE LA MINERÍA..... | 60 |
| 2.6 COSTOS FINANCIEROS PARA EXTRAER LAS ARENAS BITUMINOSAS | 62 |
| 3. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL (LÍNEA BASE)⁸ | 64 |
| 3.1 LOCALIZACIÓN..... | 64 |
| 3.2 GEOLOGÍA | 66 |
| 3.3 GEOMORFOLOGÍA | 70 |
| 3.3.1 Tipos de paisajes..... | 72 |
| 3.4 SUELOS..... | 74 |
| 3.5 HIDROLOGÍA | 75 |
| 3.6 HIDROGEOLOGÍA..... | 78 |
| 3.7 CONFLICTO ARMADO..... | 78 |
| 3.8 REGIÓN DEL RÍO GUEJAR | 79 |
| 3.7.1 Localización y límites..... | 79 |
| 3.7.2 Climatología..... | 79 |
| 3.7.3 Temperatura..... | 81 |
| 3.7.4 Vegetación..... | 81 |
| 3.7.5 Fauna..... | 82 |
| 3.7.6 Población | 83 |
| 3.7.7 Infraestructura vial..... | 84 |
| 3.7.8 Actividades Económicas y Usos del Suelo | 86 |

| | |
|--|------------|
| 3.7.9 Infraestructura productiva | 88 |
| 3.7.10 Educación | 89 |
| 3.7.11 Salud | 89 |
| 3.7.12 Turismo..... | 89 |
| 4. POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN DE ARENAS BITUMINOSAS EN EL RIO GÜejar | 91 |
| 4.1 IMPACTOS EN LAS COMUNIDADES LOCALES..... | 91 |
| 4.2 IMPACTOS EN LA ATMOSFERA Y GENERACIÓN DE RUIDO | 92 |
| 4.3 USO DEL AGUA Y SU IMPACTO | 93 |
| 4.4 IMPACTOS EN EL SUELO | 95 |
| 4.5 RIESGOS GEOFISICOS | 95 |
| 4.6 FLORA | 96 |
| 4.7 FAUNA | 97 |
| 5. EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL | 100 |
| 5.1 SITUACIÓN SIN PROYECTO | 100 |
| 5.2 SITUACIÓN CON PROYECTO | 106 |
| 5.3 ZONIFICACION AMBIENTAL DE LOS IMPACTOS | 111 |
| 5.3.1 Zonificación general de los impactos..... | 111 |
| 5.3.2 Componentes ambientales de los impactos | 112 |
| 5.3.2.1 Sobre El Medio Físico | 112 |
| 5.3.2.2 Sobre El Medio Biótico | 113 |
| 5.3.2.3 Sobre El Medio Socioeconómico | 114 |
| 6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL | 118 |
| 6.1 CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES..... | 119 |
| 6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS | 119 |
| 6.2.1 Dictamen | 121 |

| | |
|--|------------|
| 6.2.2 Valoración..... | 121 |
| 6.3 DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA EXPLOTACIÓN DE ARENAS BITUMINOSAS DEL RÍO GUEJAR | 121 |
| 6.4 PROGRAMAS Y ACCIONES CORRECTIVAS | 127 |
| 6.4.1 Programas Correctivos para las Alteraciones de la Atmósfera y Monitoreo..... | 128 |
| 6.4.1.1 Programa de Manejo del Aire | 128 |
| 6.4.2 Programas Correctivos para las Alteraciones del Agua y Monitoreo | 131 |
| 6.4.2.1 Programa de Manejo del Recurso Hídrico | 132 |
| Invertebrados bentónicos (invertebrados, algas y seston, química del agua, propiedades físicas y químicas | 134 |
| 6.4.3 Programas Correctivos para las Alteraciones de la Vida Silvestre y Monitoreo | 135 |
| 6.4.3.1 Programa de Manejo del Recurso Biótico..... | 135 |
| 6.4.4 Programas Correctivos para las Alteraciones de la Biodiversidad y Monitoreo | 137 |
| 6.4.4.1 Programa de Manejo de la Flora | 138 |
| 7. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL | 141 |
| 7.1 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL | 141 |
| 7.2 DEFINICION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE CONTROL | 142 |
| 7.2.1 Seguimiento y control sobre las condiciones atmosféricas..... | 142 |
| 7.2.2 Seguimiento y control sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas..... | 143 |
| 7.2.3 Seguimiento y control sobre las condiciones naturales del suelo | 143 |
| 7.2.4 Seguimiento y control a la protección de la flora y la fauna..... | 144 |
| 7.3 METODOLOGIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL | 144 |
| 7.4 PLAN DE CONTINGENCIAS | 145 |
| 7.4.1 Objetivos Del Plan De Contingencias | 145 |
| 7.4.2 Descripción de las contingencias..... | 146 |
| 7.4.2.1 Contaminación de las fuentes hídricas del río Güejar | 146 |
| 7.4.2.2 Lecciones aprendidas | 147 |
| 7.4.2.3 Accidentes con Maquinaria y Equipo..... | 147 |
| 8. DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN Y CORRECCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 148 |

| | |
|--|------------|
| 8.1 LAGOS DE DEPOSITACIÓN DE RESIDUOS..... | 149 |
| 8.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | 150 |
| 8.3 APOYO A LA COMUNIDAD | 151 |
| 8.4 NUEVAS TECNOLOGIAS DE EXPLOTACIÓN QUE AYUDAN A MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL | 152 |
| 8.4.1 Nanotecnología..... | 152 |
| 8.4.2 Intersurf..... | 152 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 154 |
| 10. RECOMENDACIONES..... | 155 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 156 |
| ANEXOS | 158 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Representación del incremento de costes de extracción así como su dificultad y necesidad de emplear mejor tecnología..... | 26 |
| Figura 2. Ejemplos de petróleo no convencional..... | 27 |
| Figura 3. Ejemplos de gas en yacimientos no convencionales..... | 29 |
| Figura 4. Arena bituminosa extraída por minería..... | 32 |
| Figura 5. Representación de la minería de arenas bituminosas..... | 34 |
| Figura 6. Extracción de las arenas bituminosas mediante minería..... | 35 |
| Figura 7. Representación de Drenaje Asistido por Vapor..... | 37 |
| Figura 8. Representación de la estimulación cíclica de vapor..... | 40 |
| Figura 9. Representación del método THAI..... | 44 |
| Figura 10. Emisión de GEI por la minería de las arenas bituminosas..... | 53 |
| Figura 11. Contaminación y cercanía a depósitos de agua por la explotación de las arenas bituminosas..... | 55 |
| Figura 12. Localización del área de estudio..... | 64 |
| Figura 13. Relieve montañoso de San Juan de Arama..... | 65 |
| Figura 14. Piedemonte de San Juan de Arama..... | 66 |
| Figura 15. Altillanuras de San Juan de Arama..... | 67 |

| | |
|---|-----|
| Figura 16. Representación de la geología estructural local..... | 69 |
| Figura 17. Laderas de la vereda el Tablazo..... | 70 |
| Figura 18. Vega de inundación del río Güejar..... | 72 |
| Figura 19. Río Güejar en la zona turística “La resevera”..... | 75 |
| Figura 20. Aljibe de 8 metros de profundidad..... | 76 |
| Figura 21. Jagüeyes de suministro de agua..... | 76 |
| Figura 22. Vegetación de la zona del río Güejar..... | 81 |
| Figura 23. Vías de Comunicación en San Juan de Arama..... | 83 |
| Figura 24. Vías interveredales en San Juan de Arama- Meta..... | 84 |
| Figura 25. Ganadería en San Juan de Arama- Meta..... | 85 |
| Figura 26. Actividades de agricultura de la zona del río Güejar en San Juan de Arama..... | 87 |
| Figura 27. Cerro del Indio Acostado..... | 89 |
| Figura 28. Cultivos extensivos en San Juan de Arama..... | 99 |
| Figura 29. Actividades ganaderas en San Juan de Arama..... | 100 |
| Figura 30. Cultivos de pancoger..... | 101 |
| Figura 31, Aljibe para el consumo humano, en la vereda el Rosal (San Juan de Arama)..... | 102 |
| Figura 32. Paisaje característico de la región del Río Güejar..... | 121 |
| Figura 33. Paisaje luego de la deforestación..... | 122 |

| | |
|--|-----|
| Figura 34. Deforestación de bosques para la explotación de arenas bituminosas. | 122 |
| Figura 35. Río Güejar en la zona “resevera” | 123 |
| Figura 36. Transporte de arenas, característico en la explotación. | 123 |
| Figura 37. Terreno en proceso de recuperación luego de la explotación. | 124 |
| Figura 38. Palma de moriche, característico de la región del Río Guejar. | 124 |
| Figura 39. Supervisión a una superficie en recuperación. | 125 |
| Figura 40. Superficie totalmente recuperada (Ideal). | 125 |
| Figura 41. Lagos de depositación sin delimitación en la explotación de arenas bituminosas. | 149 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Contaminantes emitidos al aire en la región de Alberta..... | 38 |
| Tabla 2. Cantidad de agua utilizada en la extracción de arenas bituminosas en Alberta..... | 38 |
| Tabla 3. Valores promedio de las propiedades químicas del agua después de la primera separación..... | 42 |
| Tabla 4. Valores de tolerancia en las emisiones al aire de las explotación de arenas bituminosas en Canadá..... | 42 |
| Tabla 5. Evaluación de impactos ambientales sin proyecto de explotación..... | 103 |
| Tabla 6. Evaluación de Impactos ambientales con proyecto de explotación..... | 108 |
| Tabla 7. Evaluación de impactos socioeconómicos con proyecto de explotación.. | 109 |
| Tabla 8. Estructura general del plan de manejo ambiental..... | 126 |
| Tabla 9. Especies Características Bosque muy Húmedo Premontano. Ubicada entre los 1.000 y 2.400 m.s.n.m..... | 158 |
| Tabla 10. Especies Características Bosque Húmedo Tropical..... | 159 |
| Tabla 11. Especies Características Bosque Húmedo Tropical..... | 160 |
| Tabla 12. Principales Arboles Maderables..... | 161 |
| Tabla 13. Principales Arboles para Cerca..... | 162 |
| Tabla 14. Principales Arboles para Leña..... | 163 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 15. Principales Arboles de Crecimiento Rápido..... | 164 |
| Tabla 16. Lista de especies de reptiles reportados en el Área..... | 166 |
| Tabla 17. Lista de especies de anfibios reportados en el Área..... | 167 |
| Tabla 18. Lista de especies de mamíferos reportados en el Área..... | 168 |
| Tabla 19. Lista de especies de aves reportados en el Área..... | 169 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| ANEXO A. INVENTARIO DE FLORA Y FAUNA DE LA REGIÓN..... | 157 |
| ANEXO B. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA DEL PROYECTO..... | 170 |

RESUMEN

TÍTULO: IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN DE LAS ARENAS BITUMINOSAS DEL RÍO GÜEJAR*.

AUTORES: Mónica María Moreno Báez**

Yoham Aldenago Pérez Guavita**

PALABRAS CLAVE: Problemas ambientales, arenas bituminosas. Río Güejar

Cuando se desean explotar las arenas bituminosas existen diversos métodos de explotación y dependiendo de la facilidad para seleccionar alguno de ellos, se presentaran diferentes problemas en el área que rodea el yacimiento a desarrollar.

La explotación de las arenas bituminosas trae consigo muchos inconvenientes, principalmente ambientales. Además, se deben considerar los impactos a las comunidades (socioeconómicos y culturales), entre los cuales se encuentran: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el uso del agua de manera inapropiada, la contaminación del aire, impactos en el suelo, etc.

La zona cercana al río Güejar corresponde a un área de protección ambiental debido a su gran riqueza de especies de flora y fauna en la región, además de la vital importancia que representa para las comunidades cercanas la utilización de las aguas que fluyen en el río y en general el equilibrio que este genera en el ecosistema. Como en la mayoría de las actividades realizadas en la industria petrolera no se pueden erradicar los impactos de la misma, en este trabajo se plantean algunas maneras de disminuirlos de forma amigable con el ambiente y de esta manera contribuir a una mejor interacción entre la empresa que desee ejecutar el proyecto y la comunidad.

*Proyecto de grado

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

ABSTRACT

TITLE: IDENTIFICATION AND MANAGEMENT OS ENVIROMENTAL PROBLEMS ON THE OIL SANDS' EXPLOTATION IN THE GÜEJAR RIVER*.

AUTHORS: Mónica María Moreno Báez**

Yoham Aldenago Pérez Guavita**

KEYWORDS: Enviromental problems, oil sands, Güejar River.

When you want to exploit oil sands there are several methods of operation and depending on the facility to select any of them, various problems occur in the area surrounding the site to be developed.

Exploitation of oil sands brings many disadvantages, mainly environmental. Also, consider the impacts to communities (economic and cultural), among which are: emissions of greenhouse gases (GGEs), water use inappropriately, air pollution, impacts on soil etc.

Surrounding the Güejar River area corresponds to an area of environmental protection due to its wealth of flora and fauna in the region and the vital importance it represents for the surrounding communities use water flowing in the river and overall balance it generates in the ecosystem. As in most activities in the oil industry can't eliminate the impacts of it, in this paper we present some ways to reduce them amicably with the environment and thus contribute to a better interaction between the company want to run the project and the community.

*Thesis Degree

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

1. INTRODUCCIÓN A LAS ARENAS BITUMINOSAS

1.1 EL PETRÓLEO COMO FUENTE ENERGÉTICA MUNDIAL¹

El inicio del siglo XXI ha demostrado grandes variaciones en el panorama de la energía, que se aprecia en los cambios de producción de petróleo y gas natural en los Estados Unidos, país que puede generar a futuro una reconfiguración en la estructura de consumo mundial de la energía. Los grandes cambios económicos que ha traído el monumental crecimiento de economías emergentes, así como los hechos que afectan la disponibilidad de las diferentes fuentes de energía, vienen impactando igualmente la canasta energética y el petróleo sigue siendo la principal fuente de abastecimiento de energía para el consumo del mundo.

En la primera década del siglo XXI hechos como la invasión de Iraq y la crisis presentada con las huelgas de PDVSA en Venezuela incidieron en la reducción de la producción. Por otra parte, desastres naturales como los ocurridos a causa de los huracanes en las costas de los Estados Unidos y la recesión de Estados Unidos de 2008, fueron las causas de los más altos incrementos de los precios de los crudos.

El inicio de la segunda década del siglo ha sido marcado con hechos que han modificado el panorama de mercado del petróleo tales como los sucesos turbulentos de la llamada “Primavera Árabe”, el terremoto y tsunami de Japón afectó a nivel mundial la generación de energía nuclear y la crisis económicas de la Unión Europea, etc.

¹ Tomado de Cadena del Petróleo, Unidad de Planeación Minero Energética, 2013

Es de resaltar que las cifras de consumo energético de 2012 confirman la prolongación en las tendencias de largo plazo. El centro de gravedad del consumo mundial de la energía ha seguido cambiando de los países de la OECD a las economías emergentes, especialmente en el continente asiático, pero no puede desconocerse la importancia en este campo de los países de Latinoamérica.

Estructuralmente el mundo no presenta estrechez de recursos energéticos de hidrocarburos si se consideran las cifras sobre las reservas probadas año a año. Sin embargo, en el largo plazo pueden aparecer nubes que pueden representar importantes retos para suministrarlos en algunas regiones que permitan la satisfacción de su demanda a precios razonables. Sin embargo, el petróleo y su casi ilimitada gama de productos derivados lo mantienen como uno de los energéticos más importantes del desarrollo económico y social en todo el mundo, fuente compleja de sustituir por lo que se estima que se mantendrá por muchos años como la principal proveedora de energía.

1.2 HIDROCARBUROS EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES²

Los HYNC son hidrocarburos que presentan características similares a los convencionales por ser recursos no renovables. Sin embargo, su acumulación no

² Tomado de Panorama General de los Hidrocarburos No Convencionales, OLADE, 2012

responde a un sistema petrolero tradicional, pues necesitan de una estimulación adicional para su extracción, y por la manera como están distribuidos en el subsuelo.

La Canadian Society for Unconventional Resources explica que este tipo de hidrocarburos no presentan un movimiento fluido, pues la mayoría de veces se encuentran en rocas poco permeables, lo que significa que requieren de una tecnología mucho más avanzada en los procesos de extracción. Se encuentran en grandes cantidades, incluso más que los de tipo convencional, y su explotación es difícil.

Los HYNC se dividen en dos categorías: en yacimientos no convencionales y gas en yacimientos no convencionales. Los primeros están conformados por arenas bituminosas, oil shale y shale oil; los segundos se subdividen en gas metano, tight gas, shale gas y gas hydrates.

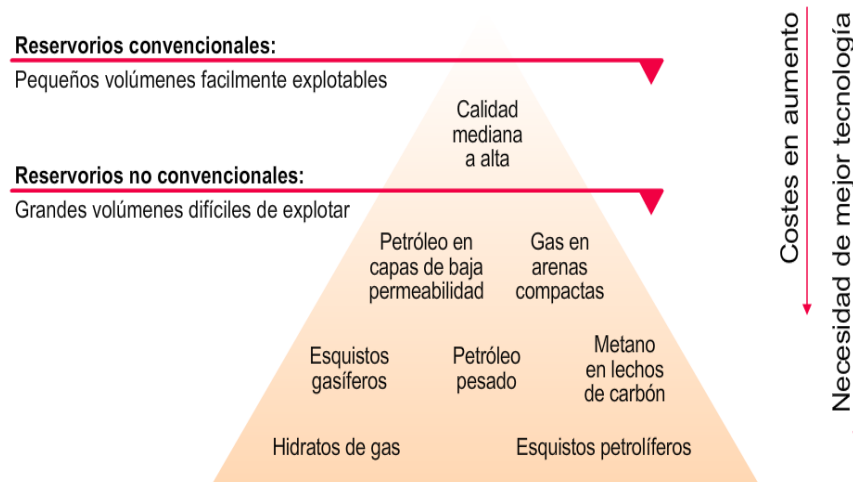
Estos recursos se encuentran incrustados en una roca madre, a la que se debe inyectar gas o agua en grandes cantidades para su extracción. Con relación al petróleo en yacimientos no convencionales, existen varios métodos de extracción, entre los que se destaca la minería a cielo abierto, los pozos verticales e inyección de polímeros y los pozos horizontales. Para el caso del gas en yacimientos no convencionales, la manera de extracción más tradicional se hace con perforación de tipo horizontal.

A diferencia de los convencionales que requieren una fuerte inversión inicial y una menor durante el resto de la vida útil del yacimiento, los HYNC requieren de una inversión constante durante todo su proceso de producción. El hecho de que estos yacimientos tengan baja permeabilidad implica mayor incertidumbre en el recobro,

bajo recobro por pozo, mayor complejidad en el manejo del yacimiento, mayores inversiones de capital y tecnologías de última generación, pozos más costosos (perforación horizontal y direccional, y estimulación). Con lo cual, este tipo de

proyectos presentan menor rentabilidad y mayor periodo de repago de la inversión que los proyectos de exploración y producción en yacimientos convencionales.

Figura 1. Representación del incremento de costes de extracción así como su dificultad y necesidad de emplear mejor tecnología.



Fuente: https://www.repsol.com/imagenes/es_es/no_convencionales_597x540_06_esp_tcm7-607176.swf

1.2.1 Petróleo en yacimientos no convencionales

1.2.1.1 Arenas bituminosas (*Oil sands*)

Al igual que el crudo extrapesado, este hidrocarburo tiene una gravedad API menor a 10, sin embargo su viscosidad es mayor de los 10,000 centipoises, por lo que a condiciones de yacimiento no tiene movilidad. Está contenido en arenas o rocas porosas formadas principalmente de carbonatos y se encuentra mezclado con compuestos inorgánicos.

1.2.1.2 *Petróleo de lutitas o esquisto (Oil Shale)*

Es un compuesto orgánico llamado kerógeno, contenido en rocas inorgánicas poco porosas de grano fino (lutitas). El kerógeno tiene propiedades intermedias entre el petróleo y el carbón mineral, es insoluble en aceites orgánicos y precursor del petróleo en las rocas sedimentarias. El kerógeno es de interés energético debido a que al calentarlo anaeróbicamente hasta los 500 °C, se convierte en petróleo.

1.2.1.3 *Tight Oil*

Petróleo proveniente de yacimientos con baja porosidad y baja permeabilidad.

Figura 2. Ejemplos de petróleo en yacimientos no convencionales



Oil Shale

Oil Sands

Tight Oil

Fuente: https://www.repsol.com/imagenes/es_es/no_convencionales_597x540_06_esp_tcm7-607176.swf

1.2.2 Gas en yacimientos no convencionales

1.2.2.1 Mantos de carbón (*Coalbed Methane*)

Es gas natural rico en metano que se encuentra principalmente adsorbido en la superficie interna del carbón mineral y en menor magnitud atrapado como gas libre en los poros y fracturas de este mineral.

Siendo el carbón mineral el recurso energético fósil más abundante en el mundo, el potencial del gas de carbón mineral es también muy significativo, siendo uno de los hidrocarburos no convencionales de mayor producción en América del Norte.

1.2.2.2 Gas de arenisca de baja permeabilidad (*Tight Gas*)

Es un gas natural contenido en formaciones de areniscas o carbonatos de muy baja permeabilidad (menor a 0.1 mD). Estas formaciones pueden tener o no fracturas naturales, aunque por lo general carecen de ellas. Sin embargo el gas puede fluir a través de los poros muy lentamente, por lo que no se pueden obtener volúmenes de recuperación económicos sin recurrir al fracturamiento hidráulico.

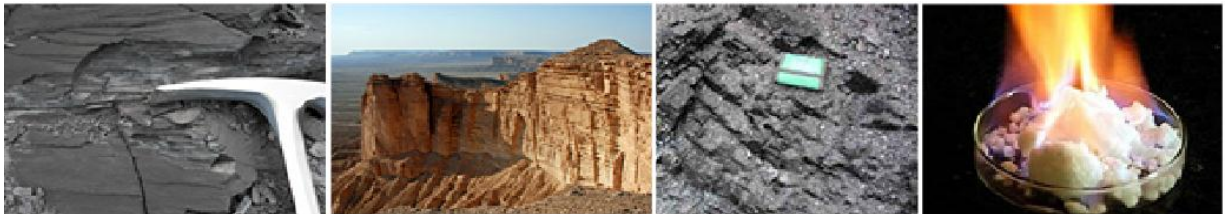
1.2.2.3 Gas de lutitas o esquisto (*Shale Gas*)

Se localiza en las fracturas naturales y poros de los esquistos o rocas arcillosas sedimentarias de baja permeabilidad. Se lo conoce también como gas de pizarra. Puede también encontrarse adsorbido por el material orgánico y la superficie mineral de dichas formaciones geológicas. Al igual que el tight gas se requiere de fracturamiento hidráulico para su recuperación económica.

1.2.2.4 Hidratos de gas (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 energético estimado de este recurso es enorme, no existen en la actualidad proyectos en ejecución para su recuperación económica.

Figura 3. Ejemplos de gas en yacimientos no convencionales



Shale gas

Tight gas

Mantos de carbón

Hidratos de gas

Fuente: https://www.repsol.com/imagenes/es_es/no_convencionales_597x540_06_esp_tcm7-607176.swf

1.3 GENERALIDADES DE LAS ARENAS BITUMINOSAS³

Las arenas bituminosas son de origen natural. Las arenas bituminosas son mezclas viscosas de arena o arcilla, agua y una sustancia extremadamente pesado llamado bitumen. Este bitumen no fluiría a menos que sea calentado o diluido. A temperatura ambiente, actúa similar a la melaza fría. El bitumen es recuperado y procesado para separarlo de las arenas y refinarlo en productos de consumo como la gasolina.

³ Tomado de <http://www.energy.alberta.ca/OilSands/793.asp>

Las arenas bituminosas se pueden encontrar en diversos lugares alrededor del mundo, incluyendo Venezuela, Estados Unidos y Rusia, pero el depósito de Athabasca en Alberta (Canadá) es el más grande, más desarrollado y utiliza los procesos de producción tecnológicamente más avanzados. Actualmente, Canadá cuenta con una variedad de métodos de tratamiento están actualmente disponibles para los productores de arenas bituminosas y los nuevos métodos se ponen en práctica a medida que más investigaciones se han desarrollado.

El bitumen se recupera de dos maneras. La primera, cuando las arenas bituminosas se encuentran cerca de la superficie se extrae por medio de la minería y luego se trasladan en camiones a instalaciones de limpieza, en la que la arena se mezcla con agua caliente para separar el bitumen.

La segunda, cuando las arenas bituminosas se encuentran alejadas de la superficie, es más práctica su extracción por métodos in-situ. Estos métodos separan el bitumen de la arena bajo tierra mediante el uso de vapor, el vapor calienta hasta un punto que permite que sea bombeado por un pozo a la superficie. Los procesos in-situ tienen una huella significativamente más pequeña en el paisaje. En el pasado, el bitumen se utilizó para barcos impermeables e incluso como un recubrimiento para edificios.

El nombre de arenas bituminosas se aplicó a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Las personas que vieron las arenas bituminosas en este período estaban familiarizadas con las grandes cantidades de residuos de alquitrán producido en las zonas urbanas como un subproducto de la fabricación de gas de carbón para la calefacción urbana y la iluminación. La palabra "alquitrán" utilizada para describir estos depósitos de bitumen naturales es realmente un nombre inapropiado, ya que, químicamente hablando, el alquitrán es una sustancia de origen humano producida

por la destilación destructiva de la materia orgánica, por lo general del carbón. Los mayores yacimientos de arenas bituminosas se encuentran en Canadá, pero también hay grandes mantos en Venezuela, Estados Unidos, Rusia o Madagascar. Canadá es también el mayor país exportador de crudo extra pesado del mundo.

Las arenas bituminosas son depósitos de arena y arcilla saturados con bitumen. El bitumen es aceite en estado sólido o semi-sólido. El bitumen requiere métodos de extracción no convencionales para conseguir que fluya a la superficie y ayudar en el procesamiento o "mejora" para convertirlo en crudo sintético. [APEL, C. 2009].

1.4 ANTECEDENTES DE LAS ARENAS BITUMINOSAS⁴

Históricamente, las arenas bituminosas (Oil Sands) se refieren incorrectamente como "Tar Sands" o alquitrán. A pesar de que parecen ser visiblemente similares, las arenas bituminosas (Oil Sands) y "Tar Sands" son diferentes; mientras que las arenas bituminosas son petroquímicamente de origen natural, alquitrán es una sustancia producida sintéticamente que es en gran parte el último producto de desecho de la degradación destructiva de hidrocarburos. Además, sus usos son completamente diferentes; las arenas bituminosas pueden ser refinadas para extraer petróleo y en última instancia producir combustible, mientras que el alquitrán no puede refinarse e históricamente ha sido usado para sellar la madera contra la humedad. La operación minera de las arenas bituminosas más antigua documentada se dio en 1745 en el noreste de Francia. Las arenas bituminosas también han sido utilizadas por las antiguas civilizaciones para la impermeabilización.

⁴ Tomado de <http://www.energy.alberta.ca/OilSands/793.asp>

Figura 4. Arenas bituminosas extraída por minería



Fuente: Royal Society of Canada Expert Panel: Environmental and health impacts of Canada's Oil Sands Industry

En 1929, el gobierno de Canadá emitió una patente por el Dr. Karl A. Clark para el proceso de extracción de arenas bituminosas mediante la adición de agua caliente para separar el bitumen. Este proceso sentó las bases para los métodos a gran escala utilizados por los productores de arenas bituminosas de hoy en día en el mundo, especialmente en Canadá. Las reservas más grandes de arenas bituminosas en el mundo se encuentran en Alberta (Canadá), el primer intento de explotar estas reservas data de 1930, con el proyecto Abasand Oil, de muy baja productividad. La gran explotación de esta riqueza comienza realmente en 1960 con el proyecto Great Canadian Oil Sands, de la empresa Suncor Energy, que en 1967 comenzó su producción de 45 mil barriles diarios. Para principio de los 70 se concreta otro gran consorcio, que incluye varias multinacionales del petróleo para formar Syncrude Canadá.

1.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

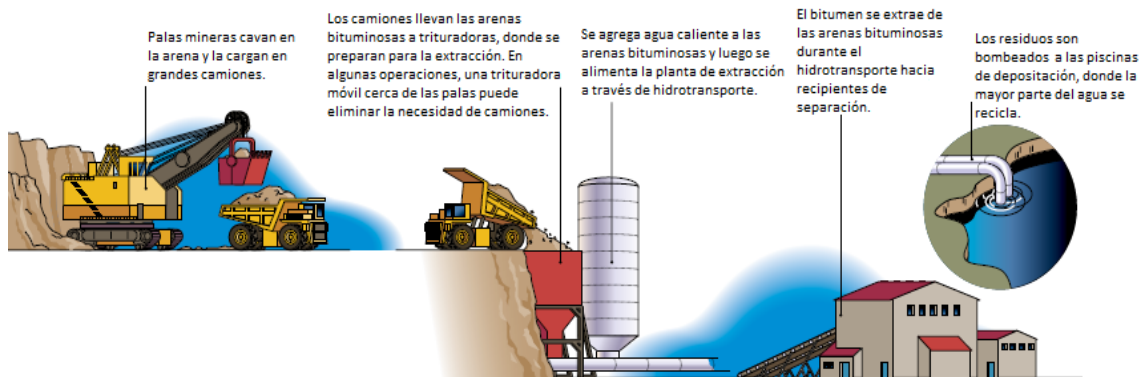
El crudo de yacimientos convencionales fluye de forma natural o mediante un bombeo artificial, pero las arenas bituminosas no fluyen de manera relativamente fácil como lo hacen los convencionales y por ello debe ser extraído o recuperado in-situ. La producción actual de bitumen in situ por lo general proviene de depósitos de más de 400 metros bajo la superficie. Muchos de las tecnologías utilizadas en la extracción de arenas bituminosas son similares a los de la minería convencional y operaciones de petróleo y gas en yacimientos convencionales.

1.5.1 Minería⁵

En el caso canadiense, alrededor del 20 por ciento de las reservas de arenas bituminosas están lo suficientemente cerca de la superficie para extraer el recurso a través de minería. Una ventaja de la minería es que casi todo el bitumen se extrae del mineral, mientras que en los métodos in-situ se dejan cantidades significativas del recurso. Una desventaja es la gran cantidad de tierra y minerales que deben ser removidos, causando importantes impactos en el paisaje. Para lograr economías rentables, los proyectos deben ser muy grandes. Los proyectos mineros deben tener un proceso de mejoramiento en el sitio.

⁵ Tomado de Canada's Oil Sands, Canadian Centre for Energy, 2011

Figura 5. Representación de la minería de arenas bituminosas



Fuente: Tomado y modificado de Canada's Oil Sands, Canadian Centre for Energy, 2011

Una gran parte de la operación minera implica eliminar árboles y especies nativas del lugar, además de la eliminación de las capas de tierra - la tierra vegetal, arena, arcilla y grava - que se asienta sobre el depósito de arenas bituminosas. Esto puede equivaler a más de dos toneladas de material adicional que necesita ser removido en el curso de la producción de un barril de petróleo.

La capa vegetal se almacena para reemplazar secciones de áreas minadas con el fin de ser recuperadas. El resto de las capas de tierra se utiliza para reconstruir el paisaje. Las arenas bituminosas son altamente abrasivas y muy duras para la maquinaria. Literalmente, toneladas de acero se usan cada año. El mantenimiento regular es bastante costoso, pero vital para la rentabilidad de la operación.

1.5.1.1 Extracción

En la planta de tratamiento, la mezcla de aceite, arena y agua pasa primero a un recipiente de separación muy grande. Pequeñas burbujas de aire, que están atrapados en el bitumen, allí se separan de los gránulos de arena, el bitumen fluye superficie donde se forma una espuma de espesor considerable en la parte superior del recipiente. Esta espuma se remueve, al ser mezclada con un disolvente y se centrifuga para separar los sólidos restantes, agua y sales disueltas a partir del bitumen. El disolvente se recicla. La arena y el agua, conocido como relaves, caen al fondo del recipiente de separación. La arena es finalmente enviada de vuelta a la mina para rellenar las áreas minadas. El agua del proceso de extracción, que contiene arena, partículas finas de arcilla y restos de bitumen, entran en estanques de sedimentación. Sin embargo, las partículas finas de arcilla permanecen suspendidas durante algún tiempo antes de asentarse lentamente. La adición de yeso ayuda a acelerar el proceso de sedimentación y produce una lechada llamada relaves consolidado, usado para recuperación de las zonas minadas. El agua se recicla de nuevo a la planta de extracción para su uso en el proceso de separación.

Figura 6. Extracción de las arenas bituminosas mediante minería



Fuente: Tomado y modificado de <http://dspace.africaportal.org/jspui/bitstream/123456789/23069/1/Oil%20Sands%20Fever%20The%20Environmental%20Implications%20of%20Canadas%20Oil%20Sands%20Rush.pdf?1>

1.5.2 Métodos In-Situ

Más del 80 por ciento de las arenas bituminosas recuperables de Alberta están enterradas a más de 75 metros de profundidad, lo cual dificulta la minería de superficie. La mayor parte de estos recursos no se pueden producir a menos que el bitumen se caliente o se diluya. Los principales proyectos in situ hoy día utilizan vapor para calentar y diluir bitumen, aunque varios otros métodos están siendo probados.

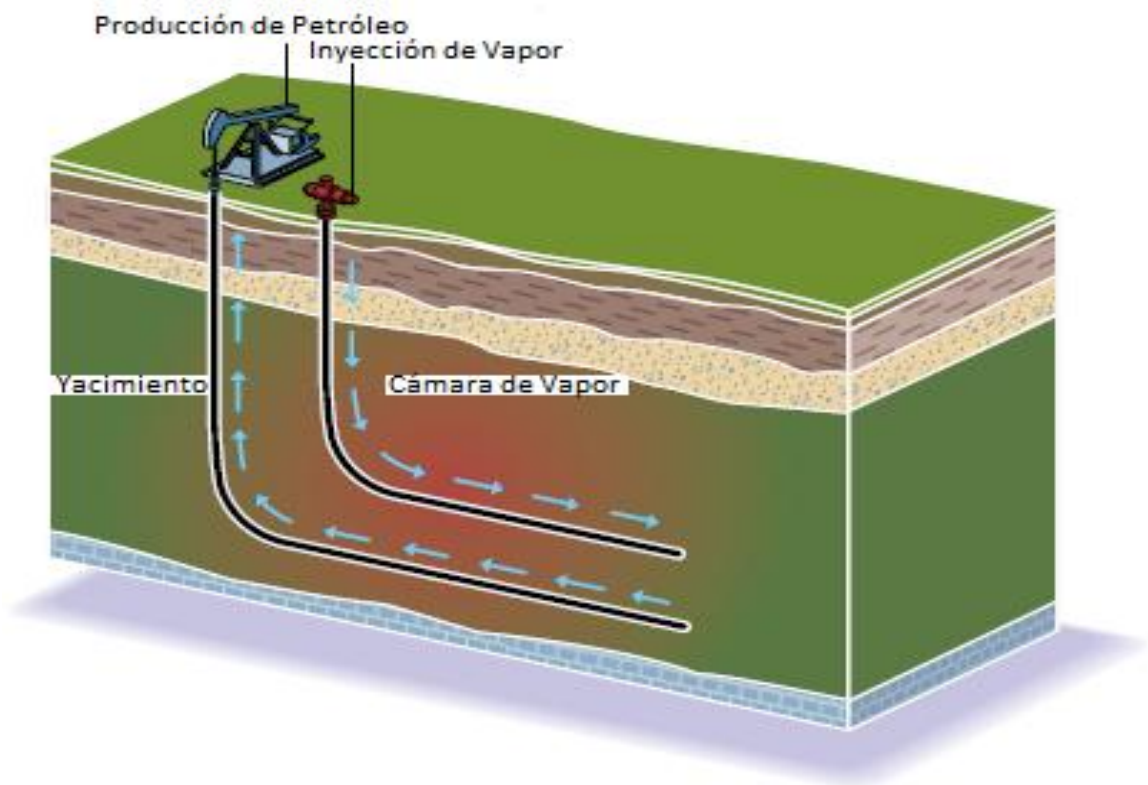
Las tecnologías de producción in situ actuales recuperan entre el 25 y el 50% de bitumen del yacimiento, este factor es más alto que la mayoría de los pozos de producción de crudos livianos convencionales. Las investigaciones para mejorar el factor de recobro continúan. Excluyendo el uso de diésel como combustible para los equipos de minería y camiones, las operaciones mineras pueden utilizar menos energía y agua que las operaciones in situ tomando como base por barril. Los métodos in-situ utilizan sustancialmente menor área de superficie, y requiere mucho menos recuperación del paisaje después que las operaciones cesan. Las operaciones de investigación y proyectos piloto están en curso actualmente en busca de la reducción de manera drástica en el consumo de energía y agua para el desarrollo in situ de arenas bituminosas. Hay varios métodos in-situ de inyección de vapor utilizados en actualmente en Canadá y en otras partes del mundo. La elección entre ellos depende de las características del yacimiento.

1.5.2.1 Drenaje Gravitacional asistido por Vapor (SAGD)

La mayoría de los actuales proyectos in situ, en particular en el área de las arenas bituminosas de Athabasca, utilizan el “SAGD”.

En este método, dos pozos horizontales, uno encima del otro, se perforan en una formación de arenas bituminosas, y el vapor se inyecta continuamente en el pozo superior. A medida que el vapor calienta la formación de arenas bituminosas, el bitumen se calienta, fluye y drena al pozo inferior. Posteriormente, se utilizan bombas que llevan el bitumen a la superficie.

Figura 7. Representación de Drenaje Asistido por Vapor



Fuente: Tomado y modificado de Canada's Oil Sands, Canadian Centre for Energy, 2011

A continuación, se presentan algunos indicadores que genera el incremento en las emisiones de GEI, este incremento se debe principalmente al incremento en la inyección del vapor en el proceso y el incremento en el consumo de combustible en la operación debido a los generadores de vapor necesarios.

Tabla 1. Contaminantes emitidos al aire en la región de Alberta

| | 2.013 | 2.012 | 2.011 |
|---|---------|---------|---------|
| EMISIONES DE CO₂ | | | |
| Toneladas | 377.612 | 332.163 | 267.993 |
| Kilogramos por barril de bitumen (kg/bbl) | 69,70 | 55,60 | 72,70 |
| EMISIONES DE SO₂ | | | |
| Toneladas | 125 | 100 | 49 |
| Kilogramos por barril de bitumen (kg/bbl) | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| EMISIONES DE NO_x | | | |
| Toneladas | 249 | 207 | 159 |
| Kilogramos por barril de bitumen (kg/bbl) | 0,05 | 0,03 | 0,04 |

Fuente: <http://www.statoil.com/no/About/Worldwide/NorthAmerica/canada/OilSands/Downloads/2013%20Oil%20Sands%20Report.pdf>

La demanda de agua requerida en el proceso disminuye a medida que se incrementa la cantidad de agua reutilizada en el proceso.

Tabla 2. Cantidad de agua utilizada en la extracción de arenas bituminosas en Alberta

| | 2013 | 2012 | 2011 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| USO DE AGUA DULCE | | | |
| m ³ | 257.556 | 315.264 | 357.611 |
| bbl agua dulce/ bbl bitumen | 0,3 | 0,33 | 0,61 |
| AGUA PRODUCIDA REUTILIZADA | | | |
| Porcentaje | 90 | 86,5 | 79,6 |
| DISPOSICION DE AGUA | | | |
| m ³ | 96.651 | 149.697 | 160.715 |
| bbl agua dispuesta/ bbl bitumen | 0,11 | 0,16 | 0,27 |

Fuente: <http://www.statoil.com/no/About/Worldwide/NorthAmerica/canada/OilSands/Downloads/2013%20Oil%20Sands%20Report.pdf>

1.5.2.2 Estimulación Cíclica de Vapor

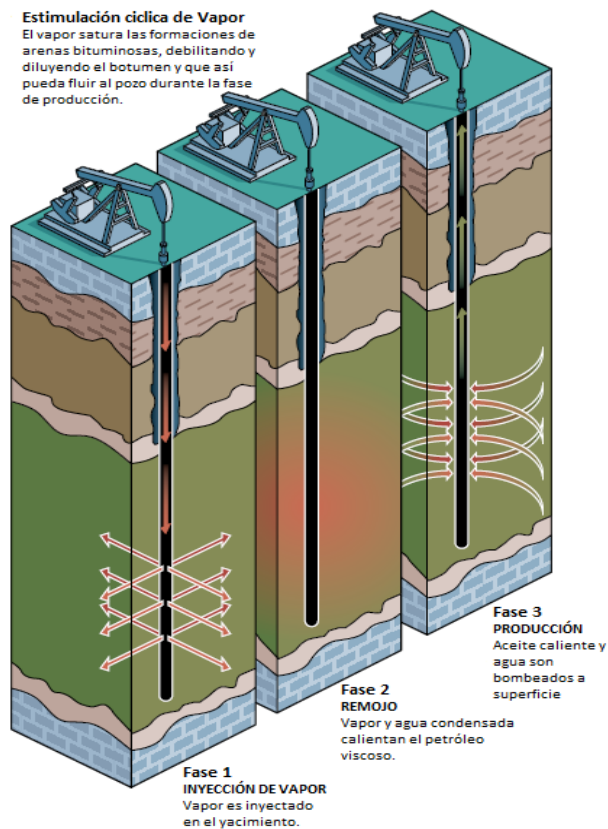
La estimulación cíclica de vapor se utiliza en el proyecto Imperial Oil en Cold Lake, el mayor productor de bitumen mediante métodos in situ en Canadá, y en el proyecto de Wolf Lake Primrose de Canadian Natural Resources Limited.

En este método, vapor de alta presión se inyecta en la formación de arenas bituminosas durante varias semanas. El calor calienta el bitumen, mientras que el agua ayuda a diluir y separar el bitumen de los granos de arena. La presión también crea canales y grietas a través del cual el bitumen puede fluir hacia el pozo. Cuando una porción del depósito está completamente saturado, la inyección de vapor cesa y el depósito "absorbe el calor" durante varias semanas. Esto es seguido por la fase de producción, cuando el bitumen es bombeado de los pozos a la superficie. Cuando las tasas de producción disminuyen, otro ciclo de inyección de vapor comienza. Este proceso utiliza pozos verticales, desviados y horizontales. Shell Canadá utiliza un método similar, con pozos horizontales, en la zona de arenas bituminosas de Peace River (Figura 8).

1.5.2.3 Generación de vapor

Los actuales proyectos in situ utilizan calderas de gas natural para generar vapor, que consumen entre 1.000 y 1.200 metros cúbicos de gas natural para producir cada barril de bitumen o alrededor de dos veces más que los proyectos de minería para producir un barril de petróleo sintético. En Canadá, la utilización de gas natural en los proyectos in situ representa alrededor del 13,4% de la producción total de gas natural comercializado. Debido a que la extracción ha evolucionado, ya no se requiere de combustible diésel para el funcionamiento de equipos en sus operaciones, al igual que el desarrollo minero típico y por lo tanto no tienen ese requisito de energía o las emisiones asociadas.

Figura 8. Representación de la estimulación cíclica de vapor



Fuente: Tomado y modificado de Canada's Oil Sands, Canadian Centre for Energy, 2011

Se han desarrollado tecnologías para utilizar bitumen como combustible para la generación de vapor. Además, algunos proyectos están utilizando subproductos de mejoramiento del bitumen, como asfáltenos y residuos de carbón o coque. La mayoría de estos métodos podrían aumentar las emisiones de contaminantes al aire, tales como partículas, óxidos de azufre y nitrógeno, y gases de efecto invernadero en comparación con el gas natural; Sin embargo, las nuevas tecnologías se están desarrollando para capturar y almacenar el dióxido de carbono y demás contaminantes del aire.

Los problemas que surgen con la inyección cíclica de vapor (CSS), se presentan al inyectar el suficiente vapor y calentar un yacimiento, se requiere presiones de inyección superiores a la presión del yacimiento, al menos en los primeros ciclos. En las zonas más delgadas, esto provoca fracturamiento hidráulico fuera de la zona, generando así zonas "ladronas", por ende habrá pérdidas de calor, y, posiblemente, el ingreso de aguas de formación de estratos adyacentes durante la fase de producción de baja presión.

El vapor se eleva rápidamente en el depósito, ya que es mucho más ligero que la roca y los fluidos. Tal "acumulación de vapor" conduce a altas pérdidas de calor, debido a la imposibilidad de acceder a los recursos de las regiones cercanas a la parte inferior de los yacimientos, y una cobertura incompleta porque la zona térmica no es simétrica o completa en su cobertura.

La disposición de bajas presiones durante los ciclos de producción conduce a la conificación de agua en la región de producción, generando la producción excesiva de agua lo que genera que se requiera de diferentes programas para el manejo de las aguas y pérdidas de temperatura.

Problemas en el pozo y problemas superficiales que surgen a causa de la elevada presión en la inyección cíclica y de bajas presiones durante la fase de baja presión pueden incluir:

- La corrosión de los productos de acero se acelera, dando lugar a una rápida afectación de la tubería, lo que genera contaminación en los acuíferos aledaños. Adicionalmente, hay en particular estratos de sobrecarga que contienen compuestos químicamente agresivos en las aguas de formación, y como éstos se calientan, los productos de acero en el pozo son más rápidamente corroídos.

- En las zonas más delgadas, de menos de 20 a 25 m, las pérdidas de calor son sustanciales, simplemente porque como la zona térmica crece en tamaño, las pérdidas de calor por conducción y convección son mayores.

A continuación se relacionan los datos de las propiedades del agua después de la primera fase de separación, luego de producir el bitumen; adicionalmente los valores permitidos en las emisiones de gases de efecto invernadero en Canadá

Tabla 3. Valores promedio de las propiedades químicas del agua después de la primera separación

| PROPIEDAD | VALOR |
|---------------------------|-------|
| <i>Concentración ppm</i> | |
| Sodio | 314 |
| Calcio | 7 |
| Bario | 0,8 |
| Carbonato | 150 |
| Cloro | 200 |
| Sulfato | 107 |
| pH | 8,5 |
| Solidos totales disueltos | 1005 |
| Gravedad especifica | 1,005 |

Fuente: http://www.oilsands.ualberta.ca/wqm/wp-content/uploads/2010/09/Basu_BookChapter_Subir_Bhattacharjee_10.pdf

Tabla 4. Valores de tolerancia en las emisiones al aire de las explotación de arenas bituminosas en Canadá

| SUSTANCIA | TOLERANCIA (Mg/M ³) |
|----------------------|----------------------------------|
| Monóxido de carbono | 15.000 |
| H ₂ S | 14 |
| Metanol | 2.600 |
| NO ₂ | 300 |
| Material Particulado | 2 |
| SO ₂ | 450 |

Fuente: <http://environment.gov.ab.ca/info/library/5726.pdf>

1.5.2.4 Vapex

La tecnología VAPEX podría reducir las necesidades de energía. En este método, dos pozos horizontales paralelas se perforan como en el SAGD, pero en lugar de vapor, se inyectan en el pozo superior gas natural licuado, tales como etano, propano o butano que actúan como solventes de modo que el bitumen puede fluir al pozo inferior. Actualmente, se están llevando diferentes proyectos pilotos en Canadá. Un sin número de métodos de producción in situ, incluidos los solventes, tales como la corriente eléctrica, microondas e incluso ultrasonido, se han ensayado en una escala experimental.

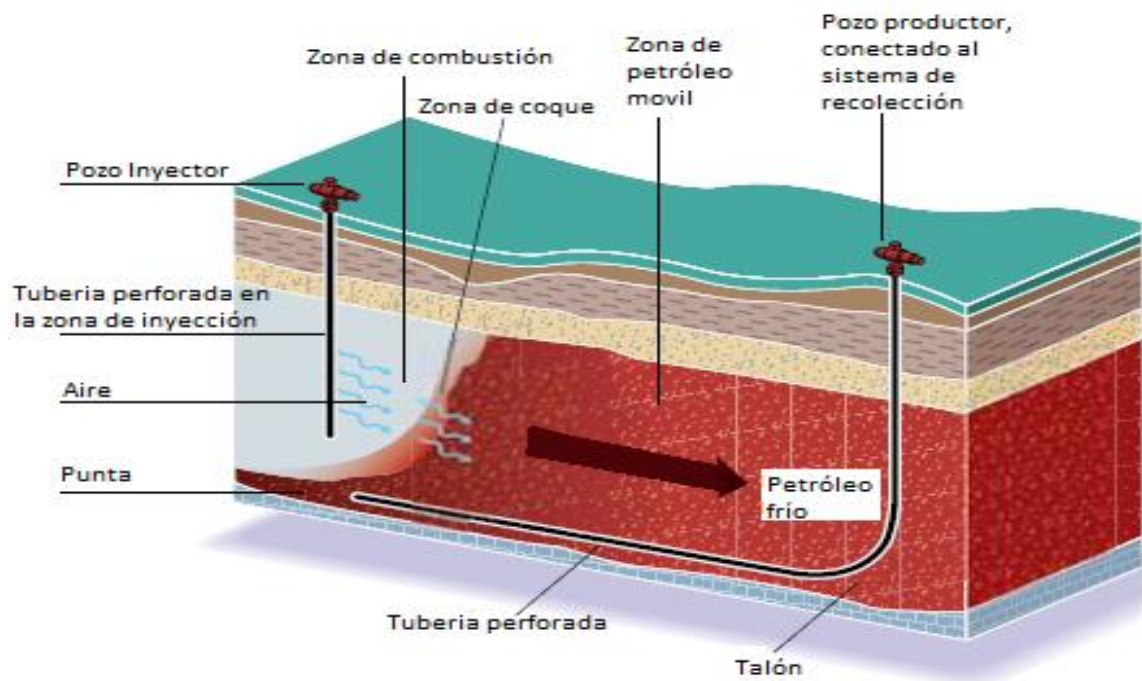
1.5.2.5 Toe-To-Heel Air Injection (THAI)

Desde hace años, ha habido una cierta producción de crudo pesado a través de CIS (Combustión In Situ). La CIS consiste en inyectar aire u oxígeno y parte del recurso se enciende para calentar el depósito, ahora en la extracción de bitumen en el sur de Fort McMurray (Athabasca), se ha implementado una variación a esta tecnología denominada "Toe-to-Heel Air Injection" o simplemente THAI. Este proceso no utiliza gas natural para la producción y muy poca agua, lo que reduce sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella ambiental de la producción in situ. (Figura 9).

1.5.2.6 Producción en "Frío"

En depósitos de arenas bituminosas que son catalogados como "delgados" en donde la inyección de vapor no es viable económicamente, debido a la excesiva pérdida de calor a las formaciones aledañas. Este método de producción también conocido como CHOPS (producción en frío de crudo pesado con arena) es una gran alternativa. Las tecnologías como bombas de cavidades progresivas han mejorado la eficacia de estos métodos de producción "en frío".

Figura 9. Representación del método THAI



Fuente: Tomado y modificado de Canada's Oil Sands, Canadian Centre for Energy, 2011

1.6 UTILIZACIÓN DEL CRUDO EXTRAÍDO DE LAS ARENAS BITUMINOSAS⁶

El petróleo es la fuente de energía más importante de la historia, un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo. Debido a la alta dependencia de este recurso, a la inestabilidad que caracteriza el mercado internacional y a los precios de este producto, la industria actual ha investigado fuentes de energía alternativas para sustituir el petróleo, sin embargo no se ha encontrado una opción que realmente lo sustituya, aunque se han dado pasos importantes en este sentido.

⁶ Tomado de Caracterización de la cadena estratégica de valor para la explotación de arenas bituminosas en Colombia como fuente no Convencional de Petróleo, 2009

La explotación de las arenas bituminosas es una fuente de petróleo no convencional convirtiéndose en una alternativa importante para la obtención de este recurso, importante para la economía del mundo y necesaria para la economía colombiana.

El crudo extraído de las arenas bituminosas puede ser tratado como un crudo convencional después de realizar los correspondientes procesos de producción, por lo tanto, se le da el mismo tratamiento que un crudo convencional, pues se pueden obtener los mismos derivados y productos después del proceso de refinación. A partir del proceso de refinación del petróleo extraído de las arenas bituminosas se obtiene una amplia gama de productos denominados petroquímicos que se utilizan en las industrias de fertilizantes, plásticos, alimenticia, farmacéutica, química y textil, entre otras.

1.7 ARENAS BITUMINOSAS EN COLOMBIA⁷

Las mayores reservas se encuentran en el departamento de Caquetá en las regiones de San Vicente y Florencia. En el departamento del Meta se encuentra otro depósito junto al Río Güejar y hacia al centro del país están los depósitos de Sogamoso y Río Nare en los departamentos de Boyacá y Santander respectivamente.

Actualmente, las arenas bituminosas se consideran dentro del grupo de crudos no convencionales. En Colombia están localizadas dentro de la región Sub-Andina. Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos, uno de los depósitos más

⁷ Tomado de Caracterización de la cadena estratégica de valor para la explotación de arenas bituminosas en Colombia como fuente no convencional de petróleo, 2009

representativos de arenas bituminosas en el país se localiza en el piedemonte de la cordillera Oriental en el departamento del Meta, con la reserva de Río Güejar. En las reservas de Río Güejar las arenas bituminosas se encuentran sobre la superficie, a menos de 100 metros de profundidad. Los estudios sobre la presencia de este recurso en Colombia son recientes, no se tienen cifras exactas de las cantidades de estas reservas pero son un estimado importante para pensar en una futura explotación.

2. IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN DE LAS ARENAS BITUMINOSAS

A continuación se presentan los impactos más significativos sobre el medio ambiente en la explotación de arenas bituminosas. Para identificar tales impactos se recopila información de la experiencia canadiense en la explotación de arenas bituminosas.

Canadá posee el segundo yacimiento más grande de petróleo en el mundo, proveniente de las arenas bituminosas, después de Arabia Saudita. Este se extiende más de 138.000 Km² de tierra en el Norte de Canadá e incluye 4.3 millones de hectáreas de bosque boreal. Las arenas bituminosas de Alberta contienen reservas de aproximadamente 1.8 billones de barriles. De esa cantidad, se estima que 170 mil millones de barriles se pueden recuperar con la tecnología actual. En Canadá, el 51% de la producción de arenas bituminosas proviene de las operaciones mineras, con las operaciones in situ se produjo el 49%. Los dos tipos principales de la tecnología in situ son drenaje gravitacional asistido por vapor (SAGD) y la estimulación cíclica de vapor (CSS).

Las operaciones mineras tienen una intensidad media de uso del suelo de 9.4×10^{-6} hectáreas por barril. En la producción in situ de arenas bituminosas se tiene una intensidad media de uso de la tierra 1.6×10^{-6} hectáreas por barril. Para 2022, se espera que la minería y el desarrollo de arenas bituminosas in situ de lugar a la limpieza diaria de 18,6 hectáreas de bosque, o el equivalente a los 34.5 campos de fútbol.

El gobierno canadiense otorga licencias de explotación sin una evaluación ambiental. Los proyectos individuales de arenas bituminosas no operan de manera aislada. Cada nuevo proyecto que se aprobó se suma a los impactos ambientales acumulativos asociados con el desarrollo en el noreste de Alberta. The Royal Society de Canadá señaló que la falta de capacidad normativa provincial y federal ha fallado en evaluar eficazmente los impactos acumulativos del desarrollo arenas bituminosas. La falta de datos fiables hace que sea difícil de configurar, supervisar y hacer cumplir los límites de capacidad de los ecosistemas.

Científicos, ONGs, y residentes locales de Alberta han expresado su seria preocupación acerca del irreparable daño ambiental causado por los proyectos de arenas bituminosas, acompañado de impactos en la salud y también su costo global.

2.1 IMPACTOS EN LAS COMUNIDADES LOCALES

Los impactos del desarrollo de las arenas bituminosas han sido sentidos particularmente por los ciudadanos que viven cerca de las áreas de explotación.

Mientras que parte de la población se han beneficiado del aumento de las oportunidades de empleo, muchas personas sienten que los beneficios se ven compensados por las pérdidas ambientales y culturales.

Las principales preocupaciones de las comunidades son acerca de los efectos sobre la salud debido a la explotación de arenas bituminosas. Los estudios han encontrado que en Fort Chipewyan, área cercana al desarrollo de arenas bituminosas de Alberta, tiene una tasa de cáncer 30% mayor que la esperada. Otras preocupaciones se centran en los impactos sobre la pérdida de las formas

tradicionales de vida y la transparencia con la que los datos de seguimiento y control son recogidos y comunicados. En Alberta, la consulta con las partes interesadas en relación con el desarrollo de las arenas bituminosas se lleva a cabo después de que las tierras han sido minadas y la exploración ha tenido lugar.

Actualmente hay tres desafíos legales por parte de comunidades para contrarrestar la falta de consulta adecuada y estudios ambientales adecuados que albergue todo el desarrollo de las arenas bituminosas en Alberta. Una fuente ha categorizado el "daño social" causado por el desarrollo de las arenas bituminosas, el cual afecta a la comunidad de Alberta con ingresos públicos inadecuados, colapso de los servicios sociales y el deterioro de prácticas laborales. Esto incluye los temores de que la industria de las arenas bituminosas está quebrantando la seguridad energética de Canadá, debido al agotamiento de las reservas de gas natural del país, con gran implicación en una futura dependencia de las importaciones. En la minería de superficie por sí sola la producción de un barril de crudo requiere 250 pies cúbicos de gas natural, suficiente para calentar una casa canadiense por casi 1,5 días".

En cuanto a los beneficios fiscales, se ha sostenido que la actual política fiscal ofrece a la industria del petróleo y a sus accionistas una participación equitativa de la riqueza derivada de la explotación de arenas bituminosas. De acuerdo a Greenpeace en 2009: "En Alberta (Canadá), donde las emisiones de carbono están aumentando, gana sólo el 47 por ciento de los ingresos netos de petróleo, mientras que Noruega, donde las emisiones se están estabilizando, gana el 88 por ciento de los ingresos netos".

2.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La industria de las arenas bituminosas es una fuente importante de contaminación del aire, debido a la liberación de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, y compuestos orgánicos volátiles. Estas emisiones son contaminantes que se sabe que afectan la salud humana, por ejemplo, las enfermedades respiratorias, además contribuyen a problemas en la calidad del aire tales como el smog y la lluvia ácida. Otras emisiones al aire, incluyendo sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos aromáticos policíclicos y otras partículas también pueden ser motivo de preocupación, sobre todo los liberados a través de los procesos de tratamiento y refinación.

El promedio de las emisiones de gases de invernadero para la extracción de arenas bituminosas se estiman en 3.2 a 4.5 veces más intensa por barril de crudo producido convencionalmente en Canadá o Estados Unidos.

La producción de crudo de arenas bituminosas a partir de operaciones mineras es de 73 kilogramos de CO₂e emitido por barril de bitumen. La producción de crudo a partir de las operaciones in situ con cogeneración es de 83 kilogramos de CO₂e emitido por barril de bitumen. En las operaciones in situ sin cogeneración es de 74 kilogramos de CO₂e por barril de bitumen. El promedio de emisiones por barril para la producción de crudo en yacimientos convencionales son 35,2 kilogramos de CO₂e en Canadá y 24,5 kilogramos de CO₂e en los EE.UU. En un ciclo de producción completo, la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de arenas bituminosas esta entre 8% y 37% mayores que el crudo proveniente de yacimientos convencionales.

Las plantas de arenas bituminosas produjeron 48 millones de toneladas de gases de efecto invernadero en 2010, un aumento de 31 millones de toneladas en los niveles de 2000. Las arenas bituminosas son la fuente de más rápido crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en Canadá.

El crecimiento previsto en el marco de políticas provinciales y federales actuales indica que las emisiones de gases de efecto invernadero de arenas bituminosas seguirán aumentando en más del doble de las emisiones entre 2010 y 2020, 48 millones de toneladas en 2010 a 104 millones de toneladas de gases de efecto invernadero en el año 2020. A un ritmo de 69 toneladas de CO_{2e} por persona, si Alberta fuera un país, tendría las emisiones per cápita de más de tres veces la de los EE.UU. o Canadá.

La producción de un barril de bitumen crea más del doble de óxido de nitrógeno, como de dióxido de azufre que la producción de un barril de petróleo convencional. El dióxido de azufre y de nitrógeno son los principales contribuyentes a la formación de la lluvia ácida.

La intensidad de las emisiones (gramos de contaminante por barril de bitumen) son:

- El óxido de nitrógeno: 61,5 g / bbl en operaciones in situ y 81,3 g / bbl para las operaciones mineras.
- El dióxido de azufre: 41,4 g / bbl en operaciones in situ y 449,4 g / bbl para las operaciones mineras.
- El material particulado: 1,5 g / bbl en operaciones in situ y 4,4 g / bbl para las operaciones mineras.

Las emisiones anuales de las operaciones de arenas bituminosas son:

- 45.000 toneladas de óxidos de nitrógeno
- 115.000 toneladas de dióxido de azufre
- 74.000 toneladas de compuestos orgánicos volátiles

Las pautas de concentración de contaminantes del aire en Alberta son menos estrictas que las normas internacionalmente aceptadas. Los objetivos de los entes gubernamentales están destinados a proporcionar protección del medio ambiente y la salud humana, al tiempo que reconoce los principios de sostenibilidad que incluyen factores ambientales, sociales y económicos.

En comparación con las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud, se permiten una mayor concentración de material particulado, 1,5 veces las concentraciones horarias promedio de NO_2 , y más de seis veces las concentraciones diarias máximas de SO_2 . Incluso con las más altas concentraciones permisibles en Alberta, los límites fueron superados en la explotación de arenas bituminosas en los últimos años - con una tendencia creciente. Según un informe, los objetivos de calidad del aire se excedieron 1.556 veces en 2009 en la región de Athabasca, por encima de 47 veces en 2004.

El desarrollo de las arenas bituminosas es la fuente con mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Canadá. La gravedad API (American Petroleum Institute) es una medida del peso del aceite, donde un bajo valor de API está directamente relacionado con un crudo pesado. Un estudio que comparó la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la refinación de crudos con diferente gravedad API encontró que, en general, los

crudos más pesados con valores más bajos de gravedad API requieren más energía para refinar y dan lugar a mayores emisiones de gases de efecto invernadero.

En la explotación de arenas bituminosas in situ, las operaciones no solo generan una emisión más intensiva en carbono que la producción de crudo convencional, sino también una mayor emisión que la exploración de arenas bituminosas mediante minería. Otra diferencia clave entre la minería y métodos in situ es la quema de combustible. A diferencia de las arenas bituminosas mediante minería, en las operaciones in situ no se utiliza grandes vehículos de combustión diésel, sin embargo, una gran cantidad de gas natural se quema para producir vapor.

Figura 10. Emisión de GEI por la minería de las arenas bituminosas



Fuente: Tomado y modificado de <http://dspace.africaportal.org/jspui/bitstream/123456789/23069/1/Oil%20Sands%20Fever%20The%20Environmental%20Implications%20of%20Canadas%20Oil%20Sands%20Rush.pdf?1>

2.3 USO DEL AGUA Y SU IMPACTO

El uso del agua es una de las principales preocupaciones ambientales para la minería de las arenas bituminosas y las operaciones in situ en Alberta. En primer lugar, la extracción de las arenas bituminosas mediante minería utiliza grandes volúmenes de agua dulce, en su mayoría tomadas del Río Athabasca. Las operaciones mineras solo tienen licencia para desviar 593 millones de m³ de agua cada año, más o menos las necesidades de agua que requiere una ciudad de 3 millones de personas en Canadá por año.

Con la extracción in situ, el crudo que se bombea a la superficie no necesita ir a través de los mismos procesos de separación de agua caliente tal como se utiliza con la minería. Debido a esta diferencia, en las operaciones de arenas bituminosas in situ se requiere de menos agua que las operaciones mineras.

Sin embargo, después del tratamiento, hay aguas residuales contaminadas que a menudo se reciclan o re-inyectan nuevamente en el yacimiento, con el riesgo de que estas contaminen fuentes de agua subterránea. Cuando se inyecta vapor a alta presión bajo tierra, las temperaturas subterráneas son significativamente más altas de lo normal, formando un "penacho térmico" que puede causar lentamente que minerales como el arsénico en altas concentraciones migren en el yacimiento al pasar el tiempo.

Figura 11. Contaminación y cercanía a depósitos de agua por la explotación de las arenas bituminosas.



Fuente: Tomado y modificado de <http://dspace.africaportal.org/jspui/bitstream/123456789/23069/1/Oil%20Sands%20Fever%20The%20Environmental%20Implications%20of%20Canadas%20Oil%20Sands%20Rush.pdf?1>

Las operaciones de las arenas bituminosas no vuelven casi nada del agua que utilizan para el ciclo natural. Las operaciones mineras de arenas bituminosas están sujetas a una política de cero descargas a causa de las toxinas en el agua residual. Las aguas residuales que no se recicla se almacenan en piscinas de residuos. Las aguas residuales de los procesos in situ a menudo se reinyectan a gran profundidad.

La minería requiere un volumen neto de 2,4 barriles de agua dulce para extraer y refinar un barril de bitumen. Las técnicas In situ requieren de aproximadamente de 0,8 a 1,7 barriles de agua para extraer y refinar un barril de petróleo.

El consumo de agua para las arenas bituminosas en promedio al año:

- Las operaciones mineras consumen 138 millones de metros cúbicos
- Las operaciones in situ consumen 28 millones de metros cúbicos
- Operaciones de mejoramiento y refinación consumen 4 millones de metros cúbicos.

Estos volúmenes son además del agua que se recicla a través de los procesos.

Las operaciones mineras, por ejemplo, utilizan entre 7,5 y 12 barriles de agua para producir cada barril de bitumen, de las cuales 40 a 70% se recicla de nuevo en el proceso de extracción.

El uso de agua dulce diario en 2022 se prevé que sea 4.861.389 barriles (772.900 metros cúbicos). Esto es equivalente a llenar 309 piscinas olímpicas con agua dulce todos los días. Las extracciones de agua durante los períodos de verano representan un riesgo, reduciendo la disponibilidad de hábitat de los peces y podría reducir la salud del ecosistema del río.

Los impactos acumulativos del desarrollo de arenas bituminosas en el agua son en gran parte desconocido debido a la supervisión inadecuada. La investigación independiente ha encontrado que los sedimentos de los lagos de la región de arenas bituminosas (incluido uno del lago de aproximadamente 90 kilómetros de la zona de gran desarrollo) contienen entre 2,5 y 23 veces mayores concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos que lo hicieron hace 50 años, antes de la el desarrollo industrial de las arenas bituminosas comenzó.

2.4 IMPACTOS EN EL SUELO

Los impactos en el suelo por las operaciones mineras de arenas bituminosas son evidentes. Además, las operaciones de arenas bituminosas tienden a ser continuas en las últimas décadas, por lo que las minas son propensas a crecer con el tiempo. En Alberta, las minas de arenas bituminosas han estado en funcionamiento y en crecimiento desde finales de 1960.

El uso del suelo y los efectos de la recuperación de los recursos in situ son diferentes, ya que no implica la desaparición completa de un área de tierra o la creación de un cráter gigantesco. Sin embargo, aunque menos destructivo que la minería a cielo abierto, en las operaciones in situ son significativamente más perjudiciales que los métodos de extracción de petróleo de yacimientos convencionales. La perturbación en el suelo mediante la extracción in situ se da por los requerimientos de una red de instalaciones de líneas sísmicas, oleoductos, líneas eléctricas, carreteras, y los pozos.

Así, mientras que los impactos del uso del suelo para proyectos in situ pueden ser previsiblemente menos intensos que la minería de arenas bituminosas, el impacto de la minería se llevará a cabo en una región mucho más grande (aproximadamente 30 veces mayor que el área de recursos explotables). Por otra parte, un reciente estudio sugiere que si se consideran impactos de procesos anteriores tales como la exploración, en las operaciones in situ puede tener un impacto más grande que la minería de arenas bituminosas.

2.4.1 Relaves

Los relaves son un subproducto residual de los procesos de extracción de arenas bituminosas utilizados en operaciones mineras, los relaves es una mezcla de agua, arena, limo, arcilla, los contaminantes y los hidrocarburos recuperados. Por cada barril de bitumen extraído de las arenas bituminosas, se produce 1.5 barriles de residuos tóxicos, alrededor de 1,8 millones de metros cúbicos de MFT se producen por día. Estos residuos se almacenan en gigantes piscinas cuyas aguas son muy tóxicas para los organismos acuáticos y mamíferos. Algunas de estas piscinas con residuos están construidas a orillas del río Athabasca, lo que representa una amenaza para el río y los ecosistemas acuáticos, y si una de las paredes de la piscina se llegase a romper, se produciría un gran desastre ecológico.

Los contaminantes que se encuentran en estos residuos son ácidos nafténicos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos fenólicos, amoníaco, mercurio y otras trazas de metales. El líquido que se encuentra en las piscinas de residuos de las arenas bituminosas es muy tóxico para los organismos acuáticos y mamíferos. Los ácidos nafténicos son considerados como uno de los contaminantes ambientales más importantes derivados del desarrollo de las arenas bituminosas, los efectos que este produce se desconocen casi por completo.

El Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Canadiense informa públicamente la cantidad de materiales tóxicos dispuestos en las piscinas de residuos cada año, más de 75 tóxicos son supervisados y monitoreados, algunos datos específicos de los recientes estudios incluyen:

- Arsénico: 300.905 kg
- Benceno: 178.200 kg
- Plomo: 756.793 kg
- Mercurio: 824 kg
- Tolueno: 1169000 kg
- Suma de los demás contaminantes: 341.997 kg

Entre 2006 y 2010, la cantidad total de mercurio en las piscinas de residuos por año aumentó en un 80%, el plomo en un 50%, y el arsénico por 21%. Los relaves son almacenados indefinidamente en piscinas abiertas que cubren grandes extensiones de terreno. Más de 830 millones de metros cúbicos de relaves finos, actualmente requieren de contención a largo plazo. El volumen de residuos líquidos crecerá más de 40% en el 2030. El volumen de residuos en la tierra seguirá creciendo hasta 2060, cuando el volumen se estabiliza en 1,3 mil millones de metros cúbicos.

La gran preocupación de las piscinas de residuos es que los relaves se filtran. Si bien la cantidad exacta de la filtración no sabe o no se ha hecho público. Algunas estimaciones indican que de 11 a 12.6 millones de litros de relaves se escapan de las piscinas cada día.

2.5 RECUPERACIÓN DESPUÉS DE LA MINERÍA

Solo 0,15% de la superficie perturbada por la minería de arenas bituminosas está certificado como recuperado por los entes gubernamentales. Aunque las empresas en sus informes reportan que dicho porcentaje es mucho mayor, sin embargo, debido a la falta de normas y estándares que regulen este tipo de recuperación, esta

información no ha sido verificada. Lo cierto es que la recuperación del desarrollo de las arenas bituminosas no devolverá el bosque nativo a su estado natural.

El bosque nativo desempeña diversas funciones ecológicas importantes, incluida la reducción de inundaciones, prevención de la erosión, filtración de agua, recarga de las capas freáticas y el secuestro de carbono.

Probablemente los paisajes recuperados de las arenas bituminosas serán denominados lagos de pozo o bosques de montaña, pero no bosques primarios que caracterizaban el paisaje natural antes de la extracción de arenas bituminosas. La investigación fuera de la región de las arenas petrolíferas de Alberta indica que la restauración puede ser posible, pero, hasta la fecha, no ha habido ninguna demostración de la recuperación exitosa de las turberas de la región boreal de Athabasca.

La nivelación del agua al finalizar la operación de las piscinas de residuos es un método no probado para la recuperación de los residuos de relaves. Una solución a largo plazo propuesta es que las empresas viertan los residuos en pozos de antiguas minas y que a su vez sean cubiertos con agua fresca.

Gran parte de las piscinas que han cesado su operación están declaradas de alto riesgo. Los datos históricos sobre el uso de las piscinas como vertederos de desechos tóxicos son insuficientes para determinar si son o no una herramienta segura para la recuperación a largo plazo.

Para vigilar la recuperación de la superficie perturbada existe el Programa de Seguridad Financiera, consiste en una póliza de seguro para los habitantes de

Alberta, en caso de que una compañía no realice la recuperación de la superficie. En 2011, el total de los depósitos en efectivo, bonos, y créditos de garantías para el Programa de Seguridad Financiera fue de 12.756 dólares por hectárea. Sin embargo, con base en los limitados datos del gobierno y la industria, las estimaciones indican que el costo de la recuperación de esta tierra perturbada será aproximadamente 220.000 a 320.000 dólares por hectárea.

Un programa de seguridad de la recuperación se supone que debe garantizar que la industria, no el público, sea el responsable de los fondos imprevistos en la recuperación. Si el programa carece de fondos suficientes, los contribuyentes podrían estar pagando los costos, en lugar de la industria. Un informe sugiere que el Programa de Seguridad Financiera podría exponer a cada contribuyente de Alberta a una deuda tributaria de 4300 a 6.300 dólares.

2.6 COSTOS FINANCIEROS PARA EXTRAER LAS ARENAS BITUMINOSAS

La producción en yacimientos de arenas bituminosas es significativamente más costosa que yacimientos de crudo convencional. Las investigaciones señalan “que los costos de mano de obra son el factor primordial de los mayores gastos”.

Como en cualquier explotación de yacimientos no convencionales un aspecto importante para considerarlo económicamente viable es el precio del petróleo, el cual debe mantener altos precios para una mayor factibilidad del proyecto. Algunas inversiones empiezan a disminuirse debido a los altos costos de desarrollo y a la caída en el precio del petróleo.

En Noviembre de 2008, Shell retiró una solicitud para un nuevo proyecto de arenas bituminosas y aplazó la segunda fase de la extensión de su proyecto en Athabasca, debido a los costos de producción, los cuales habrían aumentado de 29 dólares por barril en 2007 a 30 dólares por barril en 2008. Sin embargo, incluso con la caída del precio del petróleo y la crisis crediticia, la producción de arenas bituminosas en Canadá se duplicará, principalmente por el desarrollo de los proyectos ya existentes, además de atraer nuevas inversiones. Petrochina adquirió recientemente en Estados Unidos, la participación mayoritaria en dos proyectos equivalente a US\$ 1,7 mil millones.

3. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL (LÍNEA BASE)⁸

3.1 LOCALIZACIÓN

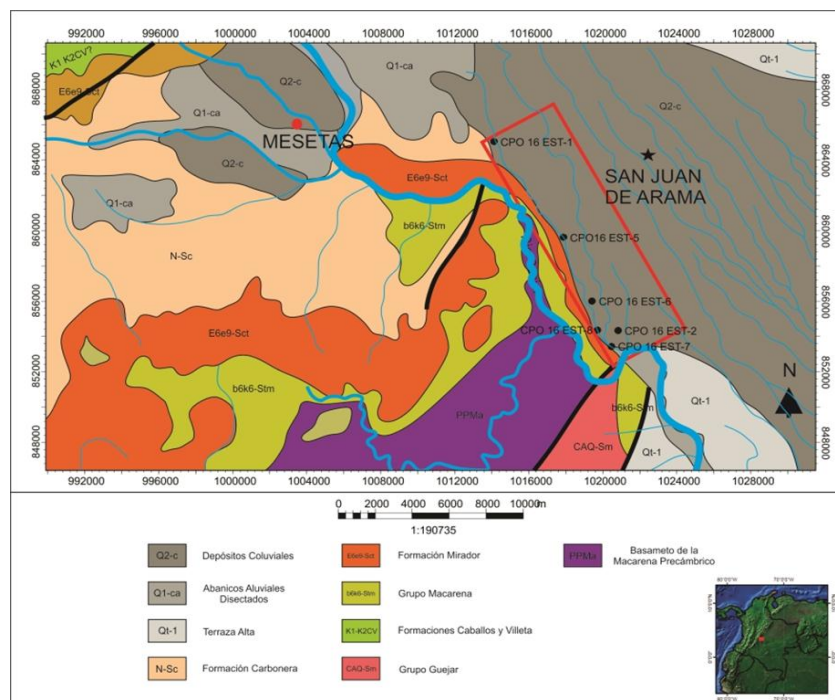
El área del río Güejar en el cual se está evaluando el potencial de arenas bituminosas se encuentra ubicada en el sector de los Micos en cercanía a las riveras de los ríos Güejar, Zanza y caño Curia en la jurisdicción del municipio de San Juan de Arama, departamento del Meta, dentro del piedemonte oriental de la Serranía de la Macarena. Los municipios de Granada, San Juan de Arama, y Vista Hermosa hacen parte del bloque CPO-16 asignado a la compañía HOCOL S.A para que se evaluara la viabilidad en la explotación de las arenas bituminosas; sin embargo dicha compañía decidió realizar sus estudios preliminares en el municipio de San Juan de Arama, área en la que se centra el presente estudio debido a que en dicho municipio se encuentran los pozos exploratorios realizados por HOCOL S.A.

El municipio de San Juan de Arama está ubicado en Sur América en la República de Colombia a 205 Km. al sur oriente de Santa Fe de Bogotá D. C. en el sur occidente del departamento del Meta, limitado al norte con los municipios de Lejanías y Granada, al sur con el municipio de Vista Hermosa, al oriente con Puerto Lleras y Fuente de Oro, y al occidente con el municipio de Mesetas. El municipio de San Juan de Arama cuenta con un área total de 1.158 Km², se encuentra entre los pisos térmicos: cálido y templado cuyas temperaturas oscilan entre 18 y 32 °C y la precipitación se presenta entre 2500 y 3.500 mm. La cabecera municipal del municipio se localiza a los 3° 21' 25" de latitud norte y 73° 53' 40" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 510 m.

El municipio presenta las divisiones administrativas tradicionales propias realizadas en el área rural y área urbana las cuales se desarrollan en sus 47 veredas y dos áreas de reserva.

Según información de CORMACARENA “la zona del proyecto se encuentra en “ZONA DE PRODUCCIÓN ARIARI-GUAYABERO” del Distrito de Manejo Integrado (DMI) Ariari-Guayabero y en “ZONA DE RECUPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN NORTE” del Distrito de Manejo Integrado (DMI) Macarena Norte, del Área de Manejo Especial la Macarena (AMEM)”

Figura 12. Localización del área de estudio



⁸Fuente: Análisis del comportamiento del registro sísmico y cálculo de impedancias acústicas para las areniscas bituminosas de la formación une en río Güejar. Hugues Hernández y Yesika Mora. 2014

3.2 GEOLOGÍA

El área de estudio se divide en cuatro zonas o paisajes claramente diferenciados por sus características topográficas lo que permite clasificarlas en montañas, piedemonte Andino Macarenico, altillanura (terrazas altas) y formas fluviales (vegas).

- Montañas

Localizada dentro de la zona del parque natural de la Macarena cuya extensión es de 34 hectáreas, que presentan el 3.48% de la superficie total del parque, relieve comprendido entre 1.500 y 2000 metros de altitud sobre el nivel del mar.

Figura 13. Relieve montañoso de San Juan de Arama



Fuente: Los autores. Ubicación: Vereda Los Micos Vía Angosturas- Costa Rica

- Piedemonte Andino Macarenico

Esta zona comprende al flanco oriental de la Sierra de la Macarena con una altura sobre el nivel del mar entre 500 y 1000 metros y la parte plana más septentrional de la sierra que comprende a las estribaciones meridionales de las terrazas de San Juan de Arama cortadas por el río Güejar.

Figura 14. Piedemonte de San Juan de Arama



Fuente: Tomado y modificado de <http://www.panoramio.com/photo/98754756>

- Atillanuras (terrazas altas)

Esta zona ocupa una buena parte del territorio. Terrazas muy antiguas disectadas y suavemente onduladas, comprenden la margen derecha del caño Guanayas y el norte del río Güejar.

Están comprendidas entre los 300 y 700 metros de una altura sobre el nivel del mar, bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas aptas para los cultivos de palma de aceite, arroz, pero principalmente en lo que se han convertido hoy en pastos mejorados con una explotación ganadera en forma extensiva, en general su topografía es plana convexa suavemente ondulada.

Figura 15. Altillanuras de San Juan de Arama



Fuente: Los autores. Ubicación: Vereda el Rosal. Latitud: 3°25'48". Longitud: 73°53'47".

En la parte nororiental de la Sierra de La Macarena estos sedimentos reposan sobre una formación de areniscas claras, arcillolitas grises, intercalaciones de lutitas y shales, pueden tratarse del Cretáceo más superior, mientras que en la parte baja se presenta una arcilla cerosa clara que se denomina porcelanita. Debajo de la arenisca en cuestión, se presentan sedimentos arcillosos y cuarcíticos del Ordoviciano y posiblemente del Cámbrico Superior con un espesor aparentemente reducido de unos 200 a 300 metros que se extinguen hacia el Vaupés. La estructura

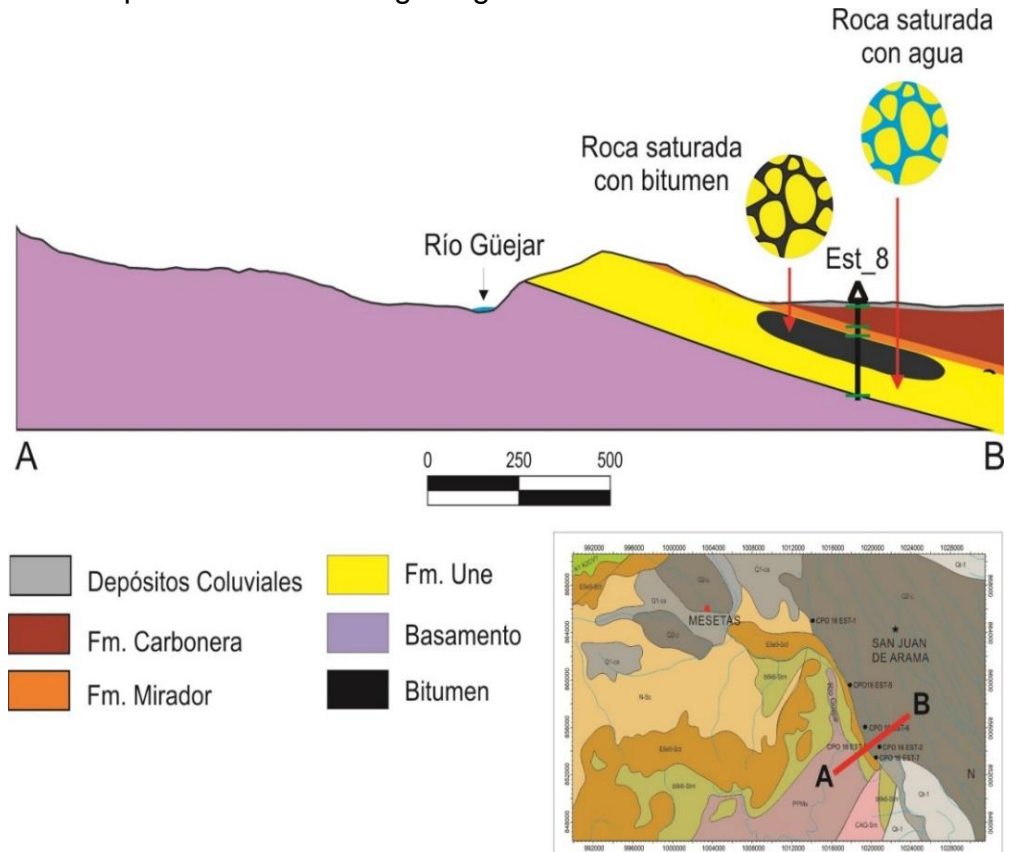
de la Serranía de La Macarena es la de un domo de 120 Km. de largo por 20-40 Km. de ancho.

En la parte plana de la zona, los sedimentos están cubiertos de areniscas con intercalaciones de arcillolitas y sedimentos rojos. Más hacia el Sur, asoman arcillas oscuras con foraminíferos de agua salobre que pueden ser Pliocenas. El piedemonte Macareno consta de los sedimentos oligocenos análogos a los descritos anteriormente. La estructura del Piedemonte Cordillerano y de la Macarena son plegamientos de mediana hasta de alta intensidad.

Desde el punto de vista regional en el área de perforación exploratoria CPO-16 se localiza las siguientes formaciones:

- Formación Mirador: Constituida por areniscas masivas, blancas y cuarzosas, en conglomerados de grano grueso a muy grueso. De coloraciones blancas a amarillentas. Presenta una buena porosidad.
- Formación Carbonera: Correspondiente a una columna litológica depositada durante el Oligoceno Temprano o Mioceno Medio y se asocia a hemiciclos estratigráficos relacionados a eventos progradacionales y agradacionales.
- Formación León: Unidad estratigráfica de gran utilidad de la cuenca ya que es un marcador estratigráfico y está compuesta principalmente por lodolitas grises a verdosas, con una expresión sísmica característica definida por una zona sorda.
- Formación Guayabo: Se asocia a depósitos continentales de conos aluviales y depositación fluvial contaminante.

Figura 16. Representación de la geología estructural local



Fuente: Análisis del comportamiento del registro sísmico y cálculo de impedancias acústicas para las areniscas bituminosas de la formación une en río Güejar. Hugues Hernández y Yesika Mora. 2014

3.3 GEOMORFOLOGÍA

Según el esquema de ordenamiento territorial de la región describe el relieve regional de la siguiente manera:

- Montañas y Colinas Estructurales

Se encuentran en los sectores más altos en la zona de reserva al suroeste en la margen derecha del río Güejar. Esta primera gran forma está conformada por laderas estructurales, crestas y cuestras.

- Laderas de Erosión

Se hallan en algunos sectores de la zona de reserva y en piedemonte Macareno. La erosión se presenta por escorrentía por lo cual es poco perceptible.

- Laderas

Estas áreas por lo general presentan fenómenos de erosión laminar, causados por los caminos de ganado y actualmente no son muy intensos.

Figura 17. Laderas de la vereda el Tablazo.



Fuente: Los autores. Ubicación: Vereda Los Micos Vía Angosturas- Costa Rica

- Colinas

Se ubican en la zona de terrazas y piedemonte Macareno de la parte alta y media de las microcuencas de la quebrada honda.

- Lomas

Son formaciones onduladas con una diferencia de altura entre la base y la cima que no supera los 300 m.

- Formas de Altillanura

Un extenso territorio plano disectado, con ondulaciones leves y con una altura sobre el nivel del mar entre 300 y 500 metros. Ocupa buena parte del territorio. Su origen deposicional hace referencia a procesos constructivos de acumulación de material proveniente o resultante de la denudación de las laderas.

- Valles Aluviales

Se localizan en las vegas del río Ariarí en su margen izquierda, se resalta el río Güejar. Se encuentran entre los 200 y 300 m., de relieves planos, con pendientes menores de 3%.

3.3.1 Tipos de paisajes

- Paisaje de Vega de Inundación

La margen izquierda inundable del río Güejar, desde la desembocadura de la quebrada Sardinata subiendo aguas arriba por el río Güejar hasta la vereda Puerto Gaitán. La topografía plana y sus suelos de textura arcillo-arenosa a franco-arcillosa (figura 18).

- Paisaje de Ladera

Con pendientes mayores de 45 grados, con rocas descubiertas como ocurre alrededor de la Inspección de Peñas Blancas.

- Paisaje de Altillanura

Cuando se habla de altillanura se hace alusión a sabanas con diferentes grados de inclinación y de disección y cubiertas de pastos naturales. Suelo apto para la explotación de la ganadería en forma extensiva, como en efecto se están usando hoy día en toda la altillanura de la región.

Figura 18. Vega de inundación del río Güejar



Fuente: Tomado y modificado de <http://www.panoramio.com/photo/61871236>

- Paisaje de Piedemonte

En las estribaciones de la Sierra de la Macarena y están integrados por abanicos coalescentes de diferentes edades.

3.4 SUELOS

La geología en la región del río Güejar de acuerdo a la clasificación del Mapa Hidrogeológico de Colombia presenta suelos con baja permeabilidad y regiones compuestas por rocas sedimentarias que conforma tal vez el mayor registro sedimentario del Paleozoico inferior de Colombia, acuíferos locales de extensión variable, sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria, además de rocas sedimentarias de ambiente transicional depositadas durante el terciario inferior, principalmente arcillolitas.

- Suelos de Crestas

Estos suelos se han formado a partir de cenizas volcánicas, areniscas y arcillas, en relieves quebrados o escarpados con pendientes del 25 al 75%. Son suelos excesivamente drenados, moderadamente profundas (25-100 cm.) y la textura es generalmente franca.

- Suelos de las lomas

Estas unidades geomorfológicas se presentan en suelos formados a partir de rocas volcánicas arcillas y areniscas; el relieve es ondulado ha inclinado con pendientes del 7 al 25%. Son suelos bien drenados, moderadamente profundos (50-100 cm.) y las texturas son generalmente francas.

- Suelos de las colinas

Estos suelos se han formado a partir de cenizas volcánicas y arcillas, pendientes del 12 al 0%. Son suelos bien drenados; la profundidad efectiva regularmente es

superficial (25-50 cm.) a moderadamente profunda (50-100 cm.) y las texturas son generalmente arcillosas y francas.

- Llanura Aluvial

Relieves ligeramente planos y pendientes hasta del 5 %, suelos bien drenados con profundidad efectiva hasta de 1 m. y la textura generalmente son franco-arcillosa aunque en algunos son franco-limoso. Con altos contenidos de bases intercambiables (Na, K, Ca, Mg.) y mediano contenido de fósforo disponible.

3.5 HIDROLOGÍA

La región del río Güejar cuenta con una gran riqueza hidrológica, principalmente en las áreas de montaña donde la recarga hídrica es alta debido básicamente a la también alta precipitación y a la conservación de los bosques en muchas zonas donde se originan numerosas sub-cuencas y micro-cuencas, que alimentan los ríos Güejar, Ariari, y Guaviare, corrientes hídricas que a la vez son la base del desarrollo agropecuario en la región. Según un estudio de Cormacarena, la oferta de agua para la cuenca del río Güejar es de 0.829 l/seg/hectárea lo cual se estima es muy bueno.

El municipio de San Juan de Arama se encuentra rodeado por varias fuentes hídricas cercanas al piedemonte. De las cuales se abastecen sus pobladores y las principales son: Río Güejar, Quebrada Honda, Caño Guamalito, Caño Acacias, Caño Piedras, Caño Piñalito, Caño Malpaso, Caño Guanayas, entre otros.

Figura 19. Río Güejar en la zona turística “La resevera”



Fuente: Los autores. Ubicación: La Resevera (Río Güejar). Latitud: 3°20'47". Longitud: 73°56'51".

CARACTERÍSTICAS DEL RÍO GUEJAR

Área: 57.1 Km²

Tipo de drenaje: Meándrico y dendrítico

Forma de la Subcuenca: Ovalada

Grado de Protección - Problemas Erosión: Bajo Erosión

En las zonas de la sabana, donde hay poca cercanía entre los caños la población debe acceder a otros mecanismos para garantizar la existencia del recurso hídrico se evidencia la construcción de diversos aljibes que son pozos poco profundos (máximo 10 metros) que tienen como objetivo la recolección de agua, y poder garantizar el uso de la misma en actividades domésticas de sus habitantes aledaños.

Figura 20. Aljibe de 8 metros de profundidad



Fuente: Los autores. Ubicación: Vereda el Rosal. Latitud: 3°25'27". Longitud: 73°53'38".

En cuanto a sistemas hídricos lenticos se identifican principalmente jagüeyes y bajos, estos últimos ubicados cerca a los cuerpos de agua loticos. Los bajos y humedales se presentan en coberturas de sabanas y morichales, y su función es la regulación hídrica de la zona durante las estaciones anuales. Son utilizados por las comunidades locales para el ganado o para la producción de diferentes clases de peces (piscicultura) principalmente.

Figura 21. Jagüeyes de suministro de agua



Fuente: Los autores. Vía entre San Juan de Arama y Granada- Meta

3.6 HIDROGEOLOGÍA

El área de estudio hace parte de la provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales, que está constituida por depósitos cuaternarios de origen fluvial y eólico, y depósitos Terciarios, con tamaños que varían de arena a limo, formados, antes de la orogenia del Holoceno que separó la cuenca a través de la tectónica, por la erosión de rocas cretácicas de la cordillera Central y terciarias de la cordillera Oriental.

Geológicamente está conformada por depósitos de origen cuaternario del terciario superior. Estos presentan un comportamiento hidrogeológico de acuífero libre a semiconfinado, los cuales se caracterizan porque el agua que contienen no se encuentra sometida a una presión extra, o sea, se encuentra a una presión atmosférica, por lo tanto, todo lo que suceda en la superficie del terreno va a afectar el comportamiento del mismo- aumenta o disminuye su nivel según el régimen de lluvias.

3.7 CONFLICTO ARMADO

En municipios del departamento considerados como zonas históricas de retaguardia estratégica de las FARC - Uribe, Puerto Rico, Vista Hermosa, La Macarena, Lejanías y San Juan de Arama (en el cual se está evaluando el potencial de arenas bituminosas).

Donde la fuerza pública concentró sus actividades en el desmantelamiento de las FARC y la recuperación del monopolio de la fuerza mediante la implementación del Plan de Consolidación Integral de La Macarena (PCIM), la capacidad militar de esa agrupación guerrillera se ha visto reducida. Sin embargo, varios frentes del Bloque

Oriental siguen operando en esa región, especialmente mediante la promoción de la resiembra de cultivos ilícitos.

3.8 REGIÓN DEL RÍO GÜEJAR

La zona de reserva de la región del río Güejar pertenece al área de manejo especial de la Sierra de la Macarena.

3.7.1 Localización y límites

Se localiza al suroeste del municipio de San Juan de Arama en la margen derecha del río Güejar, sus límites se extienden desde la entrada del río al municipio de San Juan de Arama en los límites con el municipio de Mesetas y continúa aguas abajo siguiendo el recorrido del río hasta los límites con el municipio de Vistahermosa en la desembocadura de la quebrada Sardinata. La zona de Reserva se encuentra colonizada en su mayor parte por lo tanto está dividida en veredas de acuerdo con el interés de las comunidades, conformadas por las juntas de acción comunal. Además, se logra la identificación de los sectores colonizados y áreas de reserva sin colonizar.

3.7.2 Climatología

En la región del río Güejar se presentan de manera general, tres tipos de fenómenos atmosféricos, según la escala de afectación o influencia sobre las zonas, los cuales son los causantes de las variaciones de la precipitación en las diferentes zonas, son apreciables el local o microclimático, (que corresponde a las áreas naturales

detectadas en la región) regional (correspondiente a la región del Ariari) y el global o macroclimático, (a la Orinoquía colombiana).

El primer fenómeno, de origen local, es ocasionado por las montañas, piedemonte Macarenico, altillanuras, terrazas altas, montañas localizadas dentro de la zona de reserva de la Macarena. Este fenómeno es uno de los causantes de las abundantes precipitaciones en la región.

El segundo fenómeno obedece a un sistema de circulación de vientos provenientes de la región del Ariari, que aunado al factor montañoso de relieve con alturas entre 500 y 2.000 m.s.n.m., estos vientos están cargados de humedad y al chocar contra el flanco oriental de la Sierra de la Macarena, provocan condensación de nubes y su correspondiente precipitación.

El tercer fenómeno se ha originado por la circulación general de la atmósfera producida por los vientos provenientes del Océano Atlántico cruzando los llanos Venezolanos y Colombianos, que en la parte colombiana se ha llamado Región Natural de la Orinoquía a la cual pertenece el departamento del Meta y por ende la región del río Güejar, esta región formada por llanuras que llegan hasta la Cordillera Oriental.

La región del río Güejar se encuentra ubicada dentro de los dos trópicos recibiendo directamente la radiación solar a lo largo del año. Los factores climáticos como: temperatura, precipitación y humedad de la atmósfera determinan un clima tropical monomodal.

3.7.3 Temperatura

El régimen de temperatura es generalmente bimodal, aumentan a medida que la humedad atmosférica es menor pero también aumentan con la altura; así en términos relativos, las fluctuaciones de temperatura mensual a través del año es variado según época de concentración de lluvias.

Posee una temperatura de 28 grados centígrados y con un periodo marcado de lluvias entre los meses de abril a noviembre, seguido por el periodo de verano de diciembre a marzo, el conjunto de estos tres fenómenos hace que se presenten altas precipitaciones alcanzando en forma anual valores que oscilan entre 2500 a 3500 mm la cual se incrementa en la Sierra de la Macarena.

3.7.4 Vegetación

La vegetación primaria en inmediaciones a las zonas colonizadas y en general en toda la región, ha desaparecido en un gran porcentaje por la utilización de las tierras para fines agrícolas y principalmente para ganadería. La mayoría de la vegetación boscosa es de tipo secundario, la comercialización de madera fina de especies valiosas es aprovechada y transportada a centros industriales del país. Esta vegetación remanente ejerce un papel muy importante en la protección de los suelos en especial en las áreas de piedemonte y zonas protectoras de caños, ríos y quebradas.

Las principales causas de la pérdida de especies vegetales son: la escasez de oxígeno y el deterioro del suelo.

Figura 22. Vegetación de la zona del río Güejar



Fuente: Los autores. Ubicación: La Resevera (Río Güejar). Latitud: 3°20'47". Longitud: 73°56'51".

3.7.5 Fauna

La fauna depende tanto de factores abióticos (temperatura, disponibilidad de agua) como de factores bióticos. Entre éstos sobresalen las relaciones posibles de competencia o de depredación entre las especies. Los animales suelen ser muy sensibles a las perturbaciones que alteran su hábitat; por ello, un cambio en ecosistema influye inmediatamente en la fauna. Debido a la disminución del bosque por la acción colonizadora, la fauna en la región del río Güejar ha mermado considerablemente, lo cual ha llevado a la extinción total de algunas especies. En otras especies, la extinción es de manera parcial. Los aún se pueden encontrar en los pocos bosques que prevalecen y en el reducido bosque que bordea los ríos y caños que drenan el área de la zona de reserva. Las especies mamíferas en general se encuentran en vía de extinción, según lo expresado por los habitantes de la zona

de Reserva. De igual manera ocurre con la zona de piedemonte macareno, la altillanura hoy convertida en pastos mejorados, la intervención es muy alta.

3.7.6 Población

La mayoría de la población es de arraigo campesino quienes han venido laborando y cultivando la actividad agropecuaria para una economía local y de subsistencia, en los últimos años se están produciendo excedentes en cosechas de ganado vacuno, para sacarlos a los centros de consumo más significativos de la región. La base social de la región se conforma de una diversidad pluricultural en especial de personas provenientes de la región andina que seguramente han transformado algunas tradiciones, costumbres y hábitos propios de la región de río Güejar y en general del piedemonte de los llanos orientales.

El censo poblacional de la región de río Güejar es de aproximadamente 1.630 habitantes, cabe anotar que la región presenta importantes variaciones poblacionales. En la zona de reserva se presentan variaciones periódicas de la población; en épocas de verano disminuye la presencia de población dado que se dificulta desarrollar actividades agropecuarias, pero en época de invierno se incrementa, debido a lo propicio de la temporada para adelantar actividades agropecuarias y de cultivos ilícitos.

De acuerdo a información recopilada por las autoridades ambientales no se certifica presencia de comunidades étnicas constituidas en la región, por lo que no se manifiesta como una comunidad susceptible en cualquier proyecto de explotación petrolera.

Adicionalmente, el Ministerio del Interior mediante la certificación N° 75 del 23 de Enero de 2014 certifico que: “No se registra presencia de comunidades Indígenas, Minorías y Rom, en el área del proyecto: AREA DE PERFORACION EXPLORATORIA CPO 16, localizado en jurisdicción de los municipios de Lejanías, Granada, Fuente de Oro, San Juan de Arama y Vista Hermosa, departamento del Meta”.

3.7.7 Infraestructura vial

Al municipio de San Juan de Arama se puede acceder mediante una vía nacional proveniente del municipio de Granada, la cual se encuentra pavimentada y facilita la comunicación en la región.

Figura 23. Vías de Comunicación en San Juan de Arama



Fuente: Los autores. Vía entre San Juan de Arama y Granada- Meta

En la región del río Güejar existen vías terciarias en regular estado y sin pavimentar. Actualmente, se desarrollan proyectos de pavimentación de pocos kilómetros. Las vías terciarias no pueden ser atendidas en su totalidad con los recursos municipales.

La falta de mantenimiento en un gran porcentaje de la infraestructura de puentes ha ocasionado el deterioro de muchos de ellos. El puente sobre el río Güejar, en el sector puente amarillo, es uno de los afectados por la falta de atención. Esta situación afecta los costos de transporte, las pérdidas y los mismos desplazamientos de la comunidad.

Esta dificultad no ha podido ser solucionada debido a los altos costos de construcción de los puentes, la falta de estudios y diseños preliminares, la escasa gestión administrativa, la problemática de orden público de algunos sectores y los impedimentos ambientales de los proyectos, que con frecuencia colocan las autoridades ambientales.

El servicio de transporte de la región es prestado por automóviles tipo campero particular, no se cuenta con líneas oficiales para la movilidad en la interconectividad de vías terciarias.

Figura 24. Vías interveredales en San Juan de Arama- Meta



Fuente: Los autores. Ubicación: Vereda el Rosal. Latitud: 3°24'5". Longitud: 73°53'1".

3.7.8 Actividades Económicas y Usos del Suelo

El departamento del Meta, ha vivido notables transformaciones en su estructura económica en los últimos 20 años. La actividad económica de la región del río Güejar corresponde principalmente al sector primario de la economía se mueve en torno a la ganadería.

La ganadería se desarrolla en toda el área pero en forma extensiva solo en la altillanura las dos actividades se desarrollan de manera tradicional y tecnificada. La ganadería es una fuente de producción e ingresos con abundantes áreas dedicadas a pastizales, la actividad ganadera está dedicada a la cría, levante y ceba.

Figura 25. Ganadería en San Juan de Arama- Meta



Fuente: Los autores. Ubicación: Finca Normandía. Latitud: 3°16'24". Longitud: 73°53'61".

En la zona de reserva la agricultura es una de las fuentes de producción. Donde se desarrollan cultivos de plátano, maíz, café, cacao, papaya, árboles frutales, etc. Adicionalmente, existen sistemas de agricultura comercial con productos como la soya, sorgo, arroz, ajonjolí y palma aceitera que hacen su explotación de manera más tecnificada.

En el sector secundario, existe una pequeña mina en la vereda los Micos, no se explota y prefieren el uso de la leña para cocinar que consumir carbón. Además, de canteras se extrae tierra para construir ladrillos, la explotación es ocasional. Las riveras del Río Güejar sirven como canteras para la extracción de material de arrastre que es comercializado en la región.

En el sector terciario, la principal actividad es el comercio, donde se desarrolla la venta de víveres y abarrotes en general, y pequeñas tiendas. El principal día de mercado es el domingo. El comercio es deficiente, en los últimos años ha tenido poco desarrollo.

Para garantizar las diferentes actividades económicas, en el municipio de San Juan de Arama se han identificado diversas asociaciones de Cafeteros, Ganaderos, Cacaoteros, Piscicultores, Palmeros y Ambientales como ASOCAFE San Juan entre otras y pequeñas industrias como Lecherías y Empresas transportadoras como Volqueteros y transportadores de material de arrastre y carga pesada, que permiten visualizar una región en búsqueda del desarrollo.

Figura 26. Actividades de agricultura de la zona del río Güejar en San Juan de Arama



Fuente: Los Autores. San Juan de Arama- Meta.

3.7.9 Infraestructura productiva

Los sistemas de producción de la región de río Güejar son rudimentarios, la agricultura en la zona de Reserva se realiza sin ninguna aplicación tecnológica con respecto a la conservación del medio ambiente ecológico, igual ocurre con la ganadería, los potreros están ubicados en pendientes que oscilan entre el 5 y hasta el 40%, tratándose de suelos nuevos ya se empieza a ver los efectos por el trasegar del ganado, y la tendencia de los colonos es incrementar sus pasturas porque se reduce el trabajo y el riesgo de producción es menor.

3.7.10 Educación

En la región del río Güejar cuenta con centros educativos internado rural de carácter oficial donde hay un cubrimiento adecuado a nivel preescolar, educación básica primaria y educación secundaria en el casco urbano. En algunos centros educativos han sido cerrados, debido a que la deserción escolar es muy alta por la falta de material didáctico, regulares infraestructuras para el préstamo de servicios como biblioteca, o sala de informática y la lejanía desde sus lugares de vivienda hasta las escuelas.

3.7.11 Salud

La región del río Güejar para atender en salud a sus pobladores cuenta con un puesto de salud para primeros auxilios, para la atención del primer nivel se desplazan al hospital del área urbana del municipio de San Juan de Arama, para el segundo nivel se remiten a los hospitales del municipio de Granada, para el tercer nivel y consultas especializadas se recurre a Villavicencio. Se carece de sistemas de promoción y prevención en salud y no hay cobertura completa al sistema de seguridad social en salud – régimen subsidiado (SISBÉN).

3.7.12 Turismo

La región del río Güejar posee un gran potencial turístico con numerosos parajes y paisajes que por su belleza son dignos de visitar y admirar. En la actualidad se encuentran subutilizados y abandonados por limitaciones de movilidad. Se prevé que en el futuro será la mayor fuente de empleo y formación de riqueza e impulso para la activación de los demás sectores de la economía. Cuando se consolide un proceso de paz que genere condiciones propias de seguridad.

El municipio de San Juan de Arama goza de gran potencial de parajes y paisajes, que por su belleza natural son dignos de visitar y admirar como: La Reserva, ubicada en el kilómetro 5 vía a Mesetas; los Termales de Santo Domingo, ubicados en la vereda de su mismo nombre; la Carbonera en Peñas Frías y El Indio Acostado, sitio donde se inicia la Sierra de la Macarena en su desplazamiento hacia el Sur del Departamento; Ciudad Perdida, entre Monserrate y Bocas del Sansa, y el Salto de Santo Domingo, en el Río Güejar.

Figura 27. Cerro del Indio Acostado (Vía entre San Juan de Arama y Granada- Meta)



Fuente: Los autores.

4. POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN DE ARENAS BITUMINOSAS EN EL RIO GÜEJAR

La explotación de arenas bituminosas como se ha evidenciado en los capítulos anteriores genera graves impactos al ambiente que deben ser adecuadamente tratados dependiendo de la susceptibilidad del ambiente en que se pretenda hacer cualquier tipo de explotación petrolera; por tanto, lo que se pretende hacer en este capítulo es visualizar la probabilidad con la que se presentarían los mismos en la zona de río Güejar.

4.1 IMPACTOS EN LAS COMUNIDADES LOCALES

San Juan de Arama y las comunidades aledañas a la zona del río Güejar obedecen a una población flotante de diversos lugares del país, por lo que la riqueza cultural propia se ha ido estableciendo con el paso de los años. La incursión de cualquier tipo de explotación petrolera genera diversos cambios en la vida cotidiana de las personas.

La comunidad ha manifestado que con la llegada de cualquier petrolera en la región se incrementan los precios de la canasta familiar, la vivienda y deterioro de los principales servicios públicos que se prestan en la zona debido al incremento de las necesidades de la población.

La migración de población aledaña obedece a que las personas en búsqueda de otras oportunidades laborales que le generen más ingresos, lo que incrementa el costo de la calidad de vida en la región.

Los cambios culturales se hacen evidentes debido a la susceptibilidad de los pobladores por adaptarse a los actuales retos de convivencia que se presentan, lo

que genera cambios en el desarrollo de las actividades económicas regionales ya que la comunidad busca diferentes niveles de empleo para abastecer económicamente a sus familias y el entorno en el que se relacionan es diferente.

4.2 IMPACTOS EN LA ATMOSFERA Y GENERACIÓN DE RUIDO

La alteración de la calidad del aire se presentará temporalmente durante las actividades de movilización de maquinaria, materiales y personal, construcción de vías de acceso, obras civiles, locaciones y facilidades, instalación y operación de campamentos, operación de equipos para las pruebas de producción donde se instalarán teas, almacenamiento y transporte terrestre de crudo u otros fluidos ya que con estas actividades aumentan las partículas y gases en el aire, por el incremento del flujo vehicular en la zona y la operación de equipos que utilizan combustible para funcionar.

El cambio en el nivel de ruido, será ocasionado por el incremento del ruido en la etapa de construcción y adecuación, que se presenta por el tránsito vehicular durante la movilización de personal, maquinaria, materiales y equipos y por las actividades propias de la construcción y adecuación de locaciones (facilidades y pozos) y vías, presentando una magnitud media, manifestación inmediata, con reversibilidad a corto plazo pues una vez cesen las actividades el nivel de presión sonora será el mismo de las condiciones iniciales del área.

Todas las actividades de la etapa operativa son generadoras de cambio en la presión sonora, pues por el funcionamiento de los equipos de perforación, especialmente por el ruido que ocasionará el taladro, la instalación de campamentos, transporte de materiales, crudo, operación de facilidades, entre otras, se espera un incremento significativo en los niveles de presión sonora, que

generan un impacto adverso de magnitud media, su manifestación será inmediata en todas las actividades, pero su recuperabilidad es a corto plazo ya que en cuanto terminen de ejecutarse las actividades el ruido retoma a sus condiciones normales.

La tendencia del impacto es acumulativa, es de tipo directo y manifiesta sinergia pues el aumento en los niveles de presión sonora afecta la tranquilidad de los pobladores y genera desplazamiento de la fauna silvestre, reducción de áreas de actividad y bajo éxito reproductivo, asociado a pérdida de oído e interferencias en la comunicación entre los individuos de una misma especie.

4.3 USO DEL AGUA Y SU IMPACTO

HÍDRICO SUPERFICIAL: El impacto generando por cambio en la cantidad del recurso, medido por la posible disminución del caudal, se genera durante el desarrollo de actividades de construcción, adecuación y mantenimiento de accesos y locaciones, instalación y operación de campamentos para obras civiles.

Los cambios de la calidad del agua superficial, se pueden generar por el vertimiento directo de residuos líquidos sobre las corrientes de agua y relacionado con las actividades de montaje y operación de equipos, inyección de vapor y reinyección e inyección de aguas residuales.

AGUA SUBTERRÁNEA: El cambio en la calidad fisicoquímica del agua subterránea se debe a posibles escorrentías o infiltraciones al acuífero que ocasionaría grave conflicto en la zona por la alteración de la disponibilidad del recurso. Se puede generar disminución de caudal, causada por la captación del recurso durante las actividades constructivas y operativas.

A pesar de que en la zona se evidencia gran cantidad de fuentes superficiales de agua, las mismas deben abastecer las necesidades de la población, además del desarrollo de sus diferentes actividades económicas (ganadería, agricultura, entre otras).

Debido a la cercanía de la zona con el Parque Nacional Natural Sierra de la Macarena y al Paramo del Sumapaz a recarga hídrica de la región se da desde la parte alta de las montañas que rodean el área y en algunas partes están declaradas como zonas protegidas por su riqueza de flora y fauna.

El hidrodinamismo que “es el hecho en el cual los yacimientos se recargan de fuentes de agua en superficie” podría afectar las fuentes hídricas debido a la susceptibilidad de la zona al estar tan cerca a los cuerpos de agua generaría que el nivel freático de la región disminuyera por dos razones: producción de acuíferos en los pozos petroleros y abastecimiento de agua para el desarrollo de todas las actividades de explotación y producción.

La comunidad en San Juan de Arama se encuentra preocupada en que las actividades petroleras disminuyan el caudal de la quebrada que suple el acueducto municipal debido a la cercanía de algunas actividades que se deban realizar para la explotación.

Los aljibes y lagunas artificiales son la principal fuente de agua en la época de verano en la zona, y aunque algunos de ellos encuentran su nivel freático a metros, estos se podrían profundizar por la explotación de aguas superficiales, ya que dentro del plan de perforación se consideran pozos productores de agua lo que implicaría el uso de los acuíferos que recargan la zona.

4.4 IMPACTOS EN EL SUELO

El uso actual del suelo, se verá afectado por el desarrollo de actividades de construcción de vías, locaciones y líneas de flujo, ya que dejaría de ser protector, agropecuario o agro forestal, para pasar a ser industrial cambiando su vocación de uso. En la etapa de abandono y restauración, a causa del restablecimiento del área se permitiría que el suelo recupere sus propiedades fisicoquímicas y no se generen conflictos de uso.

4.5 RIESGOS GEOFISICOS

GEOMORFOLOGÍA: El cambio en los procesos erosivos resultó ser de carácter adverso durante algunas actividades de la etapa de construcción por las excavaciones y cortes que se deben realizar. En la etapa operativa se puede manifestar durante la construcción de líneas de flujo. La periodicidad es irregular pues se presentaría una o varias veces durante el desarrollo del proyecto.

GEOTECNIA: Se identificó una leve variación de la estabilidad del terreno, que se manifestará durante la etapa de construcción y adecuación, con carácter adverso alcanzando en las actividades de construcción, adecuación y mantenimiento de accesos, locaciones, facilidades y construcción líneas de flujo, debido a la topografía de la zona.

Dentro de la región del río Güejar se identifican los diferentes tipos de riesgos ambientales como resultado de la manifestación de diversas clases de amenazas o fenómenos tales como geodinámica externa, entre otros.

Geodinámica Externa: Fenómeno que se entiende como el desplazamiento de material de su sitio original sobre o cerca de la superficie terrestre a un lugar donde

por pérdida de su energía cinética adquiere un pseudo reposo. Se conoce como movimientos en masa.

Estos tipos de fenómenos se suceden cuando las fuerzas resistentes (cohesión y fricción) son menores a las fuerzas actuantes sobre el terreno (gravedad, presión de poro, sobrecarga, debilitamiento), siendo la litología y estructura de las unidades rocosas presentes los factores que inciden, como también la meteorización a la cual son sometidas éstas unidades, la tectónica del área, la cantidad de agua, el relieve y las acciones antrópicas. Las precipitaciones intensas ocasionan las crecientes de los ríos y quebradas, lo cual favorece el fenómeno de remoción de masa al encontrar un material poco consolidado (talud de suelo), como ocurre en la región del río Güejar, por la deforestación, que se califica de amenaza de bajo riesgo pero con el tiempo puede llegar a ser grave.

4.6 FLORA

En la zona de reserva para lo único que no se deben usar los bosques es para producir celulosa (madera). Sin embargo, la explotación de sus bosques la hacen los colonos de manera ilícitas para la venta o simplemente para plantar cultivos y praderas de pastos introducidos. El problema que lleva muchos años, y por la situación política actual no se avizora solución en el corto y mediano plazo. Se calcula un cubrimiento del 25% de bosques en la región.

Las coberturas vegetales son susceptibles de intervención para la construcción y adecuación de locaciones y vías de acceso generando un cambio de magnitud media, ya que en estas actividades será removido todo el material vegetal existente

en las zonas específicas donde pasarán las vías proyectadas y donde se construirán las plataformas.

La afectación a las áreas sensibles, los bosques de galería y morichales se manifestará únicamente durante las actividades de construcción y adecuación de accesos, locaciones y líneas de flujo, por el carácter especial de bienes y servicios ambientales que tiene este tipo de cobertura en la zona, el aprovechamiento de esta cobertura será indispensable a la hora de construir o adecuar las ocupaciones de cauce.

4.7 FAUNA

La perturbación de la fauna en la región del río Güejar sería inminente debido a que la explotación de arenas bituminosas se desarrollaría demasiado cerca de los animales y/o de su hábitat. El desove y sitios de anidación son particularmente susceptibles a daños o perturbaciones a través de la destrucción física de los cauces de las fuentes de agua y la vegetación ribereña, y por el ruido generado.

El cambio se presentará por varias causas una de ellas es la fragmentación del bosque, por la remoción de la cobertura vegetal, ocasionando dos efectos principales el efecto barrera y el efecto borde, el primero se produce al impedir la movilidad de los organismos, lo que trae como consecuencia limitar el potencial de los organismos para su dispersión y colonización, muchos animales que consumen alimentos que se encuentran dispersos no pueden moverse libremente por el terreno viéndose limitados en su alimentación pues no pueden pasar al hábitat vecino, este efecto lo causan las vías pues rompen la continuidad del dosel y con ello la posibilidad de movilización. El efecto borde se presenta cuando cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos, en los casos de vías y

plataformas, en las inmediaciones de estas se crearán condiciones de mayor temperatura, menor humedad, mayor radiación y mayor susceptibilidad al viento.

Otra de las causas comunes que cambian el número de especies por clase o las especies sensibles, es el atropellamiento de la fauna por el constante tránsito de vehículos durante la movilización de materiales, maquinaria y equipos, es fácil de reconocer pues en las carreteras se observan los cuerpos de los animales muertos, este impacto afectará las poblaciones involucradas en especial si se trata de especies amenazadas o vulnerables.

El aumento del ruido por el tránsito vehicular y la operación de equipos, es uno de los factores que mayores efectos ecológicos causan a la fauna, y que produce varias consecuencias como el desplazamiento, reducción de áreas de actividad y bajo éxito reproductivo.

En cuanto a la alteración de la riqueza de las comunidades biológicas acuáticas, el impacto se puede presentar por un eventual apode de sólidos a las corrientes cercanas a interceptar por las vías, lo cual podría generar una disminución en la intensidad de la luz solar al agua, generando un efecto temporal sobre los procesos fotosintéticos en las comunidades de perifiton y fitoplancton; este impacto depende de la presencia de agua en los cauces de las corrientes. La disposición de residuos líquidos sobre vías de acceso y áreas de aspersion, puede causar eventualmente contaminación de las fuentes hídricas por escorrentía superficial, generando cambios en las propiedades del agua, que afectan directamente la composición hidrobiológica de las fuentes afectadas.

En actividades de montaje y operación de equipos, inyección de vapor y reinyección e inyección de aguas residuales, se podrían presentar posibles afectaciones de las comunidades hidrobiológicas, esto asociados a procesos no controlados de la inyección aspecto que improbable que se presente debido al orden de tecnificación

bajo el cual se desarrolla la actividad, controles que se tienen para el manejo y que en caso de presentarse correspondería a un incremento al proceso natural que se presenta en los afloramientos con impregnación de hidrocarburos.

5. EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

Teniendo en cuenta que la magnitud se define como la calidad ambiental que existe en la situación inicial (Situación sin proyecto) y en la situación final (Situación con proyecto), valorada de 1 a 5, donde el óptimo de calidad ambiental es 1 y el más desfavorable 5, a continuación, se resumen a continuación las calificaciones dadas a cada componente. Dentro de la evaluación de impactos para el escenario sin proyecto y con proyecto, se identificaron los siguientes impactos desde los diferentes componentes:

5.1 SITUACIÓN SIN PROYECTO

GEOMORFOLOGÍA: Los cultivos tecnificados a gran escala y la producción pecuaria que en la zona se realiza de manera extensiva, estas actividades se encuentran ligadas a la tala y quema contribuyen a la inestabilidad del terreno, pérdida de coberturas y activación de procesos erosivos, como deslizamientos.

Figura 28. Cultivos extensivos en San Juan de Arama



Fuente: Los Autores.

SUELO: El indicador para evaluar este componente es la calidad fisicoquímica del suelo, en el cual el pH es el parámetro que se ve principalmente afectado, debido a actividades como quemas, la ganadería extensiva que afecta el contenido de minerales y la humedad de la capa vegetal, debido al proceso de compactación por el pastoreo, la disposición de residuos líquidos y sólidos, ya que no existe un sistema de manejo y tratamiento adecuado de éstos, pues el vertimiento de aguas residuales domésticas se realiza generalmente directo al suelo al igual que la disposición de residuos sólidos los cuales posteriormente se queman a cielo abierto.

Figura 29. Actividades ganaderas en San Juan de Arama.



Fuente: Los Autores.

GEOTECNIA: Las áreas cercanas a los cauces principales presentan variación en la estabilidad del terreno ya que son zonas onduladas, que se han visto afectadas por la deforestación de los bosques. Adicionalmente, la ganadería y la producción agrícola incluyendo los cultivos de pancoger inducen a un cambio negativo en este indicador asociado a las zonas cercanas a los cauces y nacederos, donde por acción de la tala y las pendientes de la zona se genera una moderada susceptibilidad a la erosión hídrica.

Figura 30. Cultivos de pancoger.



Fuente: Los Autores.

AGUA SUPERFICIAL: Parámetros como lo son el pH, conductividad, sólidos suspendidos, nitratos, metales, fósforo total, sulfatos, concentración de coliformes, entre otros e se pueden ver afectadas por la actividad agrícola realizada en la región, ya que las aguas residuales provenientes de los cultivos son arrojados directamente a las corrientes de agua sin ningún tipo de tratamiento previo con concentraciones altas de pesticidas y compuestos orgánicos. Además la actividad ganadera, es fuente de contaminación del recurso, debido a que los excrementos del ganado pueden llegar a las corrientes de agua por escorrentías superficiales. La disposición de residuos a cielo abierto y la inadecuada disposición de las aguas negras generadas en las viviendas afectan de igual forma el recurso.

En épocas de verano se disminuye considerablemente la oferta hídrica. Otro de los factores que contribuye con la afectación a este indicador es la tala de la cobertura vegetal natural donde se generan los nacimientos de agua. Además, se presentan actividades para el abastecimiento como el consumo pecuario y piscícola que utilizan el recurso para suplir sus necesidades.

AGUA SUBTERRÁNEA: La calidad del agua subterránea se puede ver afectada principalmente por la práctica de actividades ganaderas, construcción de viviendas y asentamientos, disposición de residuos líquidos y sólidos, que por infiltración o escorrentías incorporan concentraciones de compuestos que alteran las condiciones normales de los acuíferos presentes en la zona.

Figura 31. Aljibe para el consumo humano, en la vereda el Rosal (San Juan de Arama)



Fuente. Los Autores.

En cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo, la demanda del mismo específicamente en los nacederos y aljibes de las viviendas, los cuales son utilizados para suplir el consumo doméstico, pecuario y piscícola, actividades como la construcción de viviendas y asentamientos, la tala de vegetación que rodea a los nacederos, la disposición de residuos sólidos y líquidos sin tratamiento, la producción pecuaria y la piscicultura arrojan elementos contaminantes al suelo que por infiltración llegan hasta los acuíferos contaminándolos e impidiendo que el recurso pueda ser utilizado de manera segura, la cantidad de volumen utilizado para mantener los pozos piscícolas también puede disminuir la cantidad de agua subterránea.

ATMOSFÉRICO: La emisión de gases contaminantes se da principalmente por fuentes fijas generadas por la cocción de alimentos en estufas a partir de material vegetal en las viviendas de las fincas ubicadas dentro del área de interés, la quema de pastos y residuos sólidos.

Las fuentes móviles como el tránsito continuo de vehículos por las vías y/a preparación de terrenos para cultivos generan alteraciones en la concentración de gases en el aire.

Las diferentes actividades cotidianas y el tránsito vehicular en las vías existentes hacen que se presenten cambios en los niveles de ruido.

Tabla 5. Evaluación de impactos ambientales sin proyecto de explotación

| Actividad | Aspecto ambiental | Impacto ambiental | Valoración |
|------------------------------|--|--|---|
| Ganadería | Tala y quema Explotación de madera para poste, corrales, viviendas | Compactación del suelo | 1 |
| | | Aumento del escurrimiento superficial | 2 |
| | | Contaminación de aguas | 3 |
| Agricultura | | Desplazamiento de fauna | 3 |
| | | Reducción de cobertura de bosque | 3 |
| | | Disminución del recurso hídrico | 4 |
| | | Reducción de especies maderables | 2 |
| | | Aumento del proceso de potrerización | 1 |
| Plantaciones forestales | | Establecimiento de plantaciones forestales | Cambio en la composición físico química y bacteriológica de los cuerpos de agua |
| | Mejora de la retención de humedad del suelo | | 1 |
| | Reducción de la erosión | | 1 |
| | Cambio en el uso del suelo | | 1 |
| | Alteración del paisaje de la zona | | 1 |
| Caza y pesca artesanal | Explotación no controlada Implementación de trampas artesanales | Desplazamiento de la fauna | 2 |
| | | Extinción de especies silvestres | 4 |
| Actividad petrolera anterior | Exploración sísmica Perforación de pozos estratigráficos | Aumento de las emisiones de GEI | 3 |
| | | Afectación de recurso hídrico | 4 |

Fuente: Resolución 1558 del 19 de diciembre de 2014, ANLA

Para el medio socioeconómico, se identificaron los siguientes impactos en el escenario sin proyecto:

- Modificación de la estructura poblacional y cambios en la dinámica poblacional, debido a: la falta de oferta de empleo y a la baja calidad y cobertura de servicios públicos y sociales y presiones generadas por el conflicto armado que genera desplazamiento.
- Falta de fuentes de generación de empleo, lo cual produce proliferación del empleo informal y bajos niveles de ingresos. Las actividades a las que se dedica la población corresponden a labores de jornaleo en cultivos industriales y la ganadería intensiva. De igual manera y para subsanar los bajos ingresos, la población practica la caza y la pesca indiscriminada.
- Cambios en el precio de la tierra. Este impacto sin proyecto es atribuido a que en el área predomina el minifundio, la concentración de la población en centros poblados y la compra masiva de tierras por particulares.
- Cambios en la estructura de la propiedad; atribuido a los cambios en la tenencia de la propiedad y desplazamiento de la población por el conflicto armado.
- Existencia de conflicto social debido a que las comunidades consideran que: las empresas no cumplen con los acuerdos establecidos y que la ejecución de proyectos petroleros en la zona pueden afectar las actividades económicas y generan expectativas en las comunidades por las formas de participación de las comunidades en la explotación.
- Pérdida o daño del patrimonio arqueológico. Debido al establecimiento de asentamientos humanos o sistemas agropecuarios y el desconocimiento por parte de la población del patrimonio cultural local.

5.2 SITUACIÓN CON PROYECTO

GEOMORFOLOGÍA: El cambio en los procesos erosivos resulta durante algunas actividades de la etapa de construcción por las excavaciones y cortes que se deben realizar para la adecuación de la zona de explotación.

SUELO: El cambio en el uso actual del suelo, se verá afectado por el desarrollo de actividades de construcción de vías, locaciones y líneas de flujo, generando impactos negativos ya que dejaría de ser protector, agropecuario o agro forestal, para pasar a ser industrial, cambiando su vocación de uso.

GEOTECNIA: Se identificó una variación de la estabilidad del terreno, que se manifestará durante las actividades de construcción, adecuación y mantenimiento de accesos, locaciones, facilidades y construcción líneas de flujo, de importancia moderada, debido a la topografía de la zona.

AGUA SUPERFICIAL: El impacto generando por cambio en la cantidad del recurso, medido por la disminución del caudal, se genera durante el desarrollo de actividades de construcción, adecuación y mantenimiento de accesos y locaciones, instalación y operación de campamentos para obras civiles.

Los cambios de la calidad del agua superficial, se pueden generar por el vertimiento directo de residuos líquidos sobre las corrientes de agua y relacionado con las actividades de montaje y operación de equipos, inyección de vapor y reinyección e inyección de aguas residuales.

AGUA SUBTERRÁNEA: El cambio en la calidad fisicoquímica del agua subterránea se da por posibles escorrentías o infiltraciones al acuífero se ocasionaría grave conflicto en la zona por la alteración de la disponibilidad del recurso. Se puede

generar disminución de caudal, causada por la captación del recurso durante las actividades constructivas y operativas.

ATMOSFÉRICO: La alteración de la calidad del aire se presentará temporalmente durante las actividades de movilización de maquinaria, materiales y personal, construcción de vías de acceso, obras civiles, locaciones y facilidades, instalación y operación de campamentos, operación de equipo, almacenamiento y transporte terrestre de crudo u otros fluidos ya que con estas actividades aumentan las partículas y gases en el aire, por el incremento del flujo vehicular en la zona y la operación de equipos que utilizan combustible para funcionar.

El cambio en el nivel de ruido, será ocasionado por el incremento del ruido en la etapa de construcción y adecuación, que se presenta por el tránsito vehicular durante la movilización de personal, maquinaria, materiales y equipos y por las actividades propias de la construcción y adecuación de locaciones (facilidades y pozos) y vías

Todas las actividades de la etapa operativa son generadoras de cambio en la presión sonora, pues por el funcionamiento de los equipos de perforación, especialmente por el ruido que ocasionará el taladro, la instalación de campamentos, transporte de materiales, crudo, operación de facilidades, entre otras.

FLORA: Las coberturas vegetales son susceptibles de intervención para la construcción y adecuación de locaciones y vías de acceso generando un cambio ya que en estas actividades será removido todo el material vegetal existente en las zonas específicas donde pasarán las vías proyectadas y donde se construirán las plataformas.

Una de las consecuencias directas de la inclusión de nuevas estructuras o construcciones, serían las nuevas vías de acceso, las locaciones (sean plataformas de perforación o facilidades tempranas), ZODMEs, líneas de flujo, entre otras; a zonas donde se presentan ecosistemas naturales, es la posible fragmentación de estos, ya que pueden verse limitadas las áreas que contienen estos ecosistemas (bosque fragmentado, bosque de galería, morichales y vegetación secundaria alta).

FAUNA: En cuanto al cambio en la composición faunística, este se presentará por varias causas una de ellas es la fragmentación del bosque, por la remoción de la cobertura vegetal, ocasionando dos efectos principales el efecto barrera y el efecto borde, el primero se produce al impedir la movilidad de los organismos, lo que trae como consecuencia limitar el potencial de los organismos para su dispersión y colonización, muchos animales que consumen alimentos que se encuentran dispersos no pueden moverse libremente por el terreno viéndose limitados en su alimentación pues no pueden pasar al hábitat vecino, este efecto lo causan las vías pues evitan la posibilidad de movilización. El efecto borde se presenta cuando cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos, en los casos de vías y plataformas, en las inmediaciones de estas se crearán condiciones de mayor temperatura, menor humedad, mayor radiación y mayor susceptibilidad al viento.

El aumento del ruido por el tránsito vehicular y la operación de equipos, es uno de los factores que mayores efectos ecológicos causan a la fauna, y que produce varias consecuencias como el desplazamiento, reducción de áreas de actividad y bajo éxito reproductivo.

En cuanto a la alteración de la riqueza de las comunidades biológicas acuáticas, el impacto se puede presentar por un eventual apode de sólidos a las corrientes cercanas a interceptar por las vías, lo cual podría generar una disminución en la intensidad de la luz solar al agua, generando un efecto temporal sobre los procesos fotosintéticos en las comunidades de perifiton y fitoplancton; este impacto depende

de la presencia de agua en los cauces de las corrientes. La disposición de residuos líquidos sobre vías de acceso y áreas de aspersión, puede causar eventualmente contaminación de las fuentes hídricas por escorrentía superficial, generando cambios en las propiedades del agua, que afectan directamente la composición hidrobiológica de las fuentes afectadas.

Tabla 6. Evaluación de Impactos ambientales con proyecto de explotación

| Etapa | Actividad | Aspecto ambiental | Impacto | Valoración |
|---|---|-------------------------------------|--|------------|
| Etapa de construcción y adecuación | Movilización de maquinaria, equipos, materiales y personal | Remoción de cobertura vegetal | Cambio en la composición florística y estructural | 1 |
| | Instalación y operación de campamentos para obras civiles | | Fragmentación de ecosistemas | 3 |
| | Construcción, adecuación y mantenimiento de accesos | | Afectación de áreas sensibles | 3 |
| | Construcción y adecuación de locaciones (Facilidades y Pozos) | | Cambio en la composición faunística | 3 |
| | | | Alteración de la riqueza de las comunidades biológicas acuáticas | 1 |
| Etapa de operación | Movilización de maquinaria, equipos, materiales y personal | Uso del recurso hídrico | Alteración de la riqueza de las comunidades biológicas acuáticas | 4 |
| | Operación de campamentos | | | |
| | Montaje y operación de equipos de perforación | | | |
| | Montaje y operación de equipos para las pruebas de producción y facilidades | | | |
| | Inyección de vapor | | | |
| | Reinyección e inyección de disposición | | | |
| | Construcción y operación de líneas de flujo | Remoción de cobertura vegetal | Cambio en la composición florística y estructural | 3 |
| | | Fragmentación de ecosistemas | 2 | |
| | | Afectación de áreas sensibles | 1 | |
| | | Cambio en la composición faunística | 2 | |
| Etapa de desmantelamiento y restauración final | Desmantelamiento y salida de materiales y equipos | Revegetación de áreas intervenidas | Regeneración de cobertura vegetal | 1 |
| | Restablecimiento del área | | | |
| | Proceso informativo de cierre de proyecto | | | |

Fuente: Resolución 1558 del 19 de diciembre de 2014, ANLA

Tabla 7. Evaluación de impactos socioeconómicos con proyecto de explotación

| Subsistema | Componente | Factor | Impacto | Valoración |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|------------|
| Dimensión demografica | Demografico | Dinamica poblacional | Variación poblacional | 2 |
| Dimensión Espacial | Servicios publicos | Acueducto | Afectación a la infraestructura y cobertura | 2 |
| | Servicios sociales | Infraestructura social existente | Deterioro de las condiciones estructurales de: Vivienda, escuelas, centros de salud. | 2 |
| | | Salud | Incremento de la morbilidad | 1 |
| | Infraestructura de transporte | Infraestructura vial | Incremento flujo vehicular | 3 |
| | Deterioro de la infraestructura vial | | 4 | |
| Dimensión Económica | Economico | Estructura de la propiedad | Cambios en la extensión de la propiedad | 1 |
| | | | Aumento en los precios de la tierra | 1 |
| | | Tenencia de la tierra | Cambio en las formas de tenencia de la tierra | 2 |
| | | Procesos productivos | Cambio en las actividades productivas y los niveles de ingresos familiares | 2 |
| | | | Aumento de la canasta familiar | 3 |
| | | Mercado laboral | Cambio en los niveles de empleo | 3 |
| | | | Cambio en el valor del jornal | 2 |
| Dimensión Cultural | Cultural | Caracterización cultural | Cambios en las practicas culturales | 1 |
| | | | Cambio en el uso y manejo del entorno | 1 |
| Dimensión Politico-Organizaiva | Politico- Organizativo | Actores Institucionales | Posible aumento en la conflictividad social, por la relación comunidad- actores institucionales | 2 |
| | | Convivencia | Generación de nuevos conflictos sociales- Convivencia | 1 |
| | | Comunidades y autoridades locales | Cambios en las formas de gestión y relacionamiento empresa- comunidad | 1 |

Fuente: Resolución 1558 del 19 de diciembre de 2014, ANLA

De acuerdo con la anterior evaluación, los aspectos a tener en cuenta en la elaboración del plan de manejo ambiental son: el recurso hídrico, la calidad atmosférica, el suelo, la flora y la fauna.

5.3 ZONIFICACION AMBIENTAL DE LOS IMPACTOS

A continuación se presentan las categorías de importancia en la zonificación socioambiental y las respectivas unidades al interior de esta zonificación. En el proceso de zonificación mediante la superposición temática prima el criterio de muy alta sensibilidad para cada elemento por componente respecto a las zonas de importancia socioambiental alta, media como baja.

5.3.1 Zonificación general de los impactos

Sensibilidad Muy Alta: Nacederos (100 m); Ronda de los ríos y caños (franja de 30 metros paralela a la cota máxima de inundación); Áreas de riesgos por inundación asociada a la cota máxima de inundación; Morichales; Bosque de galería y ripario; Aljibes (30 metros); Pozos profundos (30 metros); Viviendas aisladas, caseríos, centros poblados, cabeceras municipales, centros educativos, centros de salud, sitios recreativos y religiosos, así como toda la infraestructura habitada de manera temporal y permanente, y una ronda de sensibilidad ambiental muy alta de 100 metros en torno a toda esta; Bocatomas y una ronda de sensibilidad ambiental muy alta de 100 metros en torno a esta.

Sensibilidad Alta: Áreas erosionadas y susceptibles a la erosión alta; Estabilidad geotécnica de muy baja a baja; DMI La Macarena - Zona de Recuperación para la Producción Norte; Bosque fragmentado; Expansión urbana y sub urbana; Sitios arqueológicos o con potencial arqueológico alto; Predios mayores a 5 hectáreas y hasta de 20 Ha de extensión dedicados a actividades económicas de autoconsumo para la subsistencia y la comercialización o intercambio de excedentes menores existentes.

Sensibilidad Media: Áreas susceptibles a la erosión moderada; Tierras con sobreutilización moderada; Estabilidad geotécnica moderada; Vulnerabilidad hidrogeológica alta; Vegetación secundada o en transición; Estanques piscícolas; Infraestructura de servicios públicos.

Sensibilidad Baja: Áreas susceptibles a la erosión moderada y baja; Tierras en las demás categorías de conflicto de uso; Estabilidad geotécnica de alta a muy alta; Vulnerabilidad hidrogeológica media a baja; DMI Ariari-Guayabero: Zona de Producción; Zonas de uso semi intensivo: ganadería extensiva (pastos limpios, pastos arbolados); Áreas de extracción de material de arrastre.

5.3.2 Componentes ambientales de los impactos

En la integración de los tres componentes Físico, Biótico y socioeconómico, se tiene en cuenta los grados de vulnerabilidad y sensibilidad ambiental de cada uno de los componentes ambientales, así como la importancia socioambiental de los ecosistemas y recursos naturales frente al grado de intervención o afectación de las diversas actividades que incluye la explotación de arenas bituminosas.. A continuación se realizan las consideraciones específicas para cada uno de los tres componentes:

5.3.2.1 Sobre El Medio Físico

Los indicadores de zonificación tenidos en cuenta para el medio físico fueron: La estabilidad del terreno, los riesgos y amenazas, las áreas susceptibles a la erosión, la vulnerabilidad hidrogeológica de nacederos, ríos y caños, elementos abióticos que fueron valorados.

5.3.2.2 Sobre El Medio Biótico

La valoración de la sensibilidad ambiental para el componente biótico, se clasificó con categorías de sensibilidad muy alta, alta, media y baja.

Sensibilidad Muy Alta: Dentro de la categoría de sensibilidad ambiental muy alta, se catalogan las coberturas vegetales tales como Morichales y Bosques de galería y ripario, debido principalmente a su importancia florística y estructural, su importancia en la preservación del recurso hídrico y estabilización de cauces, además de su función como corredores de dispersión de la biota y como albergues para la fauna en épocas secas.

Sensibilidad Alta: Dentro de esta categoría el DMI de La Macarena - Zona de Recuperación para la Producción Norte, se considera la sensibilidad de la cobertura catalogada como Bosques fragmentados; debido a que en esta cobertura aún se conservan ejemplares arbóreos de más de 20 metros de altura y cuenta con gran heterogeneidad florística, lo que cataloga a la cobertura como diversa.

Sensibilidad Medía: Dentro de esta categoría de sensibilidad, se incluye la vegetación secundaria o en transición, debido a que es una cobertura en estado sucesional temprana, resultado directo de la intervención antrópica, donde, a pesar de contener elementos arbóreos, la diversidad de especies es menor a las otras coberturas analizadas (bosque de galería y bosque fragmentado) y el refugio para fauna es menor, dada la constante presión que sufre por las actividades económicas (zonas para ganadería, cultivos, plantaciones forestales, asentamientos humanos), lo que impide un estado de desarrollo mayor y limitan el paso de los animales a sitios más conservados.

Sensibilidad Baja: Se clasifica como zona de sensibilidad baja el DMI Ariari - Guayabero - Zona de producción, en estas zonas la actividad humana debe estar

dirigida a generar los bienes y servicios que requiere el bienestar material y espiritual de la sociedad y que para el DMI presupone un modelo de aprovechamiento racional o de los recursos naturales en un contexto de desarrollo sostenible.

Respecto a la cobertura vegetal, se clasifica como zona de sensibilidad baja los territorios productivos (Mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios, pastos arbolados, plantaciones forestales), ya que estas son las áreas donde las coberturas vegetales naturales han sido intervenidas o transformadas para el establecimiento de zonas productivas, como pastos para la ganadería, agricultura, cultivos de palma de aceite y plantaciones forestales. Desde el punto de vista ambiental, estos espacios del territorio presentan una sensibilidad ambiental baja, ya que las especies y la estructura de los ecosistemas naturales, así como su fauna asociada, ha sido totalmente perturbada y/o reemplazada por usos del suelo antropizados.

5.3.2.3 Sobre El Medio Socioeconómico

Desde el punto de vista socioeconómico, se tiene en cuenta los siguientes factores: Infraestructura social, distribución de la tierra, actividades económicas, sitios y áreas con potencial arqueológico.

Sensibilidad Muy Alta: En esta categoría fueron incluidos los siguientes elementos: Nacederos: por considerarse que son el único medio de acceso al recurso con que cuentan los pobladores de la zona. En general y por estar presentes como fuente de abastecimiento de agua en la mayoría de veredas del área.

Aljibes y pozos profundos: se consideran como infraestructura social muy sensible, puesto que son una alternativa para el abastecimiento del recurso hídrico para las actividades cotidianas y productivas (agropecuarias) por lo cual se establece una franja de 30 metros para su protección.

Escuelas, viviendas, cabeceras municipales, centros poblados: son calificados de muy alta importancia para el desarrollo de procesos de integración social de las comunidades. Por lo cual se establece una distancia de 100 metros de sensibilidad en torno.

Bocatomas: consideradas como esenciales para la disponibilidad del recurso líquido para los pobladores del área y atendiendo a lo establecido en los Esquemas de Ordenamiento Territorial se declaran como áreas de protección y preservación. Por lo cual, se establece una ronda de 100 metros de sensibilidad en torno a toda esta.

Sin embargo, en general se establece, en cuanto a las áreas de exclusión orientadas a prevenir impactos sobre viviendas e infraestructura social, económica y de prestación de servicios, que habitada de manera temporal o permanente, una ronda de sensibilidad ambiental muy alta de 100 metros en torno a toda esta.

Sensibilidad Alta: En esta categoría fueron incluidos los siguientes elementos:

Expansión urbana y sub urbana: áreas consideradas en los Esquemas de Ordenamiento Territorial como las áreas proyectadas para el posible el crecimiento de las cabeceras municipales y los centros poblados, en un corto, mediano y/o largo plazo.

Sitios arqueológicos y áreas con potencial arqueológico: son considerados como de alta sensibilidad ambiental puesto que guardan elementos importantes de la cultura.

Sensibilidad Media: En esta categoría fueron incluidos los siguientes elementos:

Cuerpos de agua artificiales (Estanques): fueron considerados porque sustentan la demanda del recurso para las actividades productivas tanto agrícolas como pecuarias. En cuanto a los estanques piscícolas, se considera que su posible

afectación puede repercutir en las actividades productivas, sin embargo su posible intervención no pone en riesgo la supervivencia de las comunidades y esta infraestructura es susceptible de ser reemplazada.

Infraestructura de servicios: Corresponde a la infraestructura instalada que ayuda a suplir necesidades de las comunidades del área de estudio. Esta se concentra en las cabeceras municipales y centros poblados, en menor medida. Fueron identificadas las líneas de transmisión eléctrica para el servicio público y las redes de acueducto. Para la protección de las mismas se debe establecer una franja de protección de 50 metros.

Infraestructura vial: son consideradas como medios para la interacción social, económica, cultural y política cotidiana. Se deben respetar las franjas de retiro a los distintos tipos de vías, tal y como lo establece la ley 1228 de 2008 en el artículo 2:

- Carreteras de primer orden sesenta (60) metros
- Carreteras de segundo orden cuarenta y cinco (45) metros
- Carreteras de tercer orden treinta (30) metros

Zonas de uso intensivo - agroindustriales y agro forestales (mosaico de pastos y cultivos): En esta categoría, se ubican las áreas destinadas para la producción, las cuales reúnen la actividad agrícola, donde se destacan los cultivos de maíz, plátano, yuca, arroz, diferentes clases de frutales, entre otros; con características de producción intensiva, con destino para el autoconsumo y en menor medida el comercio. En esta categoría también se ubican los cultivos agroindustriales como el de la palma de aceite y cultivos agroforestales con producción intensiva y destino el comercio.

Sensibilidad baja: En esta categoría fueron incluidos los siguientes elementos:

Zonas de uso semi intensivo - ganadería extensiva (pastos limpios, pastos arbolados): se califica como de baja sensibilidad ambiental las zonas de unos semi intensivo - ganadería extensiva.

Áreas de extracción de material de arrastre: Estas áreas, se encuentran ubicadas principalmente en margen del río Güejar y fue calificada como de baja sensibilidad ambiental debido a que son áreas ambientalmente intervenidas y no ofertan un número considerable de empleos.

6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

De acuerdo al decreto 2041 de 2014, un plan de manejo ambiental es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad. El plan de manejo ambiental podrá hacer parte del estudio de impacto ambiental o como instrumento de manejo y control para proyectos, obras o actividades que se encuentran amparados por un régimen de transición.

En el capítulo 3 se definieron las características ambientales del área del proyecto de explotación de arenas bituminosas en condiciones pre-operacionales y de las condiciones naturales de los principales factores ambientales considerados: atmósfera, aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo, flora, fauna, paisaje y medio socioeconómico, entre otros.

Teniendo esta línea base del área del proyecto, en condiciones pre-operacionales, se identifican y predicen los efectos ambientales y se definirán las medidas correctivas tendientes a contrarrestar al máximo el daño que se pueda ocasionar. De este análisis se obtendrá una propuesta de diseño de las obras de mitigación.

Para verificar el cumplimiento del PMA propuesto, será necesario instaurar un plan de Monitoreo y Seguimiento, el cual permite evaluar la magnitud de las alteraciones producidas por los impactos más sobresalientes, mediante el establecimiento de

indicadores ambientales. Los aspectos básicos considerados para el plan de seguimiento son: condiciones iniciales, calidad ambiental e impactos ambientales.

Coherente con la formulación del PMA y del Plan de Monitoreo y Seguimiento, también será necesario enunciar un Plan de Contingencia que permita prevenir cualquier riesgo asociado a la actividad, previo el análisis de las circunstancias propias del proyecto.

6.1 CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo a capítulos anteriores en los que se han evidenciado los principales impactos ambientales que afectarían la zona del río Güejar, la cual corresponde a un área sensible debido a que además de pertenecer a una zona de reserva natural en el país, su sustento económico es dependiente del recurso hídrico en la región que se vería afectado debido a la explotación de las arenas bituminosas o de cualquier otra actividad petrolera, adicionalmente la comunidad se ha intentado manifestar ya que las empresas petroleras que han estado en la región no han sido lo suficientemente claras, por lo que se sienten desplazadas y engañadas respecto a cualquier tipo de socialización en algún proyecto que se pretenda realizar.

6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS

En general, los impactos se consideran benéficos o adversos, directos o indirectos dependiendo si la afectación se produce de manera inmediata en un aspecto ambiental o si afecta un sector general.

Los impactos a su vez pueden ser sinérgicos, en el caso en que el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes sea mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas de manera aislada. Por su parte, el efecto es acumulativo cuando al prolongarse en el tiempo se incrementa progresivamente su gravedad al carecerse de mecanismos de eliminación.

Con relación al tiempo de duración, los impactos se caracterizan por ser permanentes en el caso que supongan una alteración indefinida en el tiempo y por el contrario, son temporales, cuando la alteración permanece en un tiempo que puede estimarse o determinarse.

Con relación al sitio de ocurrencia del impacto este puede ser localizado o extensivo, en el sentido de la palabra. Se determinan otro tipo de características de los impactos como son la reversibilidad del impacto y la recuperabilidad del medio.

Para efectos de la elaboración de este proyecto se consideraron principalmente los impactos ambientales y sociales que traerían un detrimento a la región del río Güejar, y después de constatar junto con la comunidad la fragilidad de los ambientes se debe considerar como una zona de trato especial para cualquier tipo de explotación. Por lo que esta caracterización y verificación de los siguientes enunciados se ha tenido en cuenta en un capítulo especial denominado zonificación ambiental, en el que se evaluó la sensibilidad con que se podrían ver afectados algunos aspectos en el desarrollo de cualquier intención petrolera en la región.

6.2.1 Dictamen

Hace referencia a la presencia o no de las medidas correctoras, con una probabilidad de ocurrencia representada en alta, media o baja y si afecta o no los recursos protegidos.

6.2.2 Valoración

Representa la magnitud del impacto que puede ser compatible cuando la recuperación es inmediata y no precisa de medidas correctoras, o moderado; caso en el cual la recuperación no precisa prácticas correctoras intensivas. El impacto es severo cuando exige medidas correctoras en un período mayor de tiempo y crítico, cuando la magnitud es superior a un umbral aceptable, sin posible recuperación, incluso adoptando medidas protectoras o correctivas desde el principio.

6.3 DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA EXPLOTACIÓN DE ARENAS BITUMINOSAS DEL RÍO GUEJAR

Las arenas bituminosas han sido llamadas la forma “más sucia” de petróleo. La extracción de bitumen y su procesamiento para obtener crudo es un proceso costoso y consume grandes cantidades de agua y energía. Es por ello, que para lograr un desarrollo sostenible de las arenas bituminosas del Río Güejar es importante planificar cada una de las etapas que se ejecutaran dentro de la explotación.

A continuación, se presentan las actividades generales para lograr un desarrollo sostenible de las arenas bituminosas:

➤ PREVIO A LA ACTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN

Antes de comenzar la explotación, la empresa debe desarrollar programas que describen e ilustren a la comunidad sobre las diferentes etapas que se llevarán a cabo durante la ejecución del proyecto. Estos programas deberán ser verificados por las entidades gubernamentales, con el fin de obtener la aprobación reglamentaria.

Figura 32. Paisaje característico de la región del Río Güejar



Fuente: Los autores

➤ DEFORESTACIÓN

La explotación de arenas bituminosas se produciría en una región de alta riqueza forestal, sin embargo, un paso casi obligatorio a seguir sería la tala de algunas especies arbóreas y enviarlos a las operaciones forestales.

Figura 33. Paisaje luego de la deforestación



Fuente: <http://daltimbermash.ru/%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%B5%D1%80%D1%8B-%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%B5%D1%80-1510e-58>

➤ REMOCIÓN DE COBERTURA VEGETAL

La capa superior del suelo, material vegetal y mineral que se encuentra en la parte superior de los depósitos de arenas bituminosas se conoce como sobrecarga, esta debe ser retirada y almacenada para su uso posterior.

Figura 34. Deforestación de bosques para la explotación de arenas bituminosas



Fuente: http://www.ucobserver.org/justice/2009/09/tar_sands/

➤ EXPLOTACIÓN DE ARENAS BITUMINOSAS

Una vez que la explotación entra en operación, grandes cantidades de agua serán captadas día a día del Río Güejar y sus afluentes.

Figura 35. Río Güejar en la zona “resevera”



Fuente: Los autores

➤ RELLENO

Después del proceso de separación de bitumen, la arena sobrante, se utiliza para rellenar el suelo alterado o modificado en etapas anteriores.

Figura 36. Transporte de arenas, característico en la explotación



Fuente: <http://susanonthesoapbox.com/2013/12/15/redfords-performance-appraisal-the-building-alberta-plan/>

➤ REMODELACIÓN

La sobrecarga se forma de nuevo en un paisaje de trabajo que permite el movimiento de superficie de agua y drenaje, y la erosión mínima. Lo ideal es que el relieve retome su forma original.

Figura 37. Terreno en proceso de recuperación luego de la explotación



Fuente: http://warnercnr.colostate.edu/~djcooper/David_Cooper/Alberta_Oil_Sands.html

➤ REVEGETACIÓN

Pastos, árboles y hierbas que son autóctonas de la zona se plantan. La tierra vegetal contiene nutrientes, así como semillas y raíces, que en las condiciones adecuadas comenzarán a crecer.

Figura 38. Palma de moriche, característico de la región del Río Guejar



Fuente: <http://www.meta.gov.co/es/gobierno-departamental-le-cumple-en-el-tema-ambiental-a-las-comunidades-indigenas-del-meta-con-la-siembra-de-20-hectareas-de-palma-de-moriche/>

➤ MONITOREO

Una vez que se haya completado la recuperación, comienza el monitoreo. Las propiedades químicas y físicas del suelo son monitoreadas, al igual, que la salud y el crecimiento de árboles.

Figura 39. Supervisión a una superficie en recuperación



Fuente: <http://env-blogs.uwaterloo.ca/rpetrone/home/research-projects/oil-sands-reclamation-of-functioning-wetland-ecosystems/>

➤ CERTIFICACIÓN

Certificados serán emitidos por las entidades gubernamentales cuando el monitoreo a través del tiempo demuestre que el suelo es por lo menos tan ecológicamente productiva como antes de que la explotación de arenas bituminosas.

Figura 40. Superficie totalmente recuperada (Ideal)



Fuente: Los autores

6.4 PROGRAMAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Los programas y acciones correctivas se basan en el control de los niveles de contaminación de los diferentes factores ambientales, para lo cual es necesario actuar: sobre la fuente generadora del impacto, sobre el medio en el cual se propaga el efecto contaminante y sobre el factor receptor de dicha contaminación, en la medida de las posibilidades de manera que al buscar una manera adecuada para el desarrollo de las actividades de explotación petrolera se disminuyan los impactos ambientales que se pueden generar en la región, de acuerdo a la sensibilidad de la misma.

Con base en lo anterior se presenta la estructura general del plan de manejo ambiental para la posible explotación de las arenas bituminosas del Río Güejar.

Tabla 8. Estructura general del plan de manejo ambiental

| PROGRAMA | ACTIVIDADES |
|--|---|
| Programas de Manejo del Suelo | Manejo y disposición de materiales sobrantes Manejo de taludes Manejo de materiales de construcción Manejo de residuos sólidos y especiales Adecuación y mantenimiento de vías |
| Programas de Manejo del Recurso Hídrico | Manejo de pozos inyectores Manejo de residuos líquidos Manejo de cruces de cuerpos de agua Manejo de la captación de aguas superficiales Manejo de la captación de aguas subterráneas |
| Programa de Manejo del Recurso Aire | Manejo de fuentes de emisiones de material articulado y gases |
| | Manejo de fuentes de ruido |
| Programa de Manejo del Recurso Biótico | Manejo de la Fauna Protección y conservación de hábitats Compensación por pérdida de la biodiversidad |

| | |
|---|---|
| Programa de Manejo de la Flora | Manejo del aprovechamiento forestal Conservación de especies vegetales nativas Manejo paisajístico |
| Programas de Manejo Socioeconómico | Programa de información y participación comunitaria Programa de contratación de mano de obra local Programa de educación y capacitación al personal vinculado Programa de compensación social Programa de apoyo a la economía local |

Fuente: Resolución 1558 del 19 de diciembre de 2014, ANLA

6.4.1 Programas Correctivos para las Alteraciones de la Atmósfera y Monitoreo

Las emisiones al aire desde el desarrollo de arenas bituminosas pueden provenir de diversas fuentes, incluyendo las chimeneas industriales, las piscinas de residuos, el transporte y el polvo de las operaciones mineras entre otros.

El manejo adecuado de los residuos generados por la explotación petrolera es una forma de mitigar algunos de los impactos generados que deben considerarse para formular un programa de manejo que ayude a disminuir los mismos.

6.4.1.1 Programa de Manejo del Aire

La contaminación del aire debida a diferentes actividades en la explotación petrolera genera cambios en el medio ambiente que deben considerarse para el adecuado desarrollo del proyecto intentando minimizar los efectos que se puedan causar, es por tanto, que se deben considerar responsabilidades como:

- Manejo de las emisiones de material particulado: Las actividades de construcción y adecuación de las vías existentes deben ser supervisadas, debido a que por la facilidad de liberación de partículas del terreno se tienden a generar humo cuando la maquinaria pase por esa zona, lo que afectarían las zonas aledañas al proyecto

principalmente las fuentes hídricas, por lo cual se prevé la adición de agua para opacar dicho humo y su contaminación.

- Manejo de las Fuentes de Ruido: El movimiento constante y operación de maquinaria en la explotación de las arenas bituminosas del río Güejar genera alteración en las condiciones del ruido, que deben ser vigiladas mediante equipos de medición del mismo; adicionalmente en el mantenimiento de cualquier equipo se debe supervisar el adecuado funcionamiento de los mismos de manera que se garantice el buen estado y cumplimiento adecuado de los estándares en la legislación vigente para prevenir cualquier afectación aledaña.

Las actividades de monitoreo del aire incluyen grandes esfuerzos para medir los tipos y niveles de emisiones de las actividades de arenas bituminosas y los tipos y niveles de emisiones que están presentes en el aire y que se depositarán en el ambiente. Además, herramientas tales como imágenes satelitales, las técnicas de teledetección y los modelos de calidad del aire se deben utilizar en combinación con los datos de seguimiento para evaluar el pasado, el presente y el futuro de las emisiones. El monitoreo del aire proporcionará la información necesaria para evaluar los impactos en la salud humana y el medio ambiente de la región.

Las actividades previstas para prevenir y mitigar la contaminación del aire son:

Calidad del aire en el ambiente

- Crear una red de monitoreo del aire mediante la instalación de estaciones de control de la calidad del aire en los alrededores de la región de arenas bituminosas.

- Implementar campañas de monitoreo de calidad del aire utilizando laboratorios móviles para mejorar la comprensión sobre las emisiones al aire y su transformación química en la atmósfera.
- Crear mapas regionales de los niveles de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno (contaminantes del aire) en el aire mediante el uso de datos de satélites y modelos de calidad del aire.
- Promover estudios focalizados que ayuden a diferenciar las fuentes de emisión de actividades relacionadas con la explotación de arenas bituminosas y las fuentes de emisión de actividades ajenas a la explotación.

Monitoreo de las fuentes de emisión

- Recopilar y evaluar la información de emisiones existentes para apoyar el desarrollo de un inventario completo sobre las emisiones en la región.
- Utilizar las mediciones por satélite para calcular las emisiones de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno (contaminantes del aire) en el área.
- Medir las emisiones de fuentes móviles (por ejemplo, las flotas de vehículos de carretera) y las fuentes del área (por ejemplo, las piscinas de residuos) para mejorar el inventario de las emisiones.

Deposición

- Medir los niveles de compuestos aromáticos policíclicos y partículas de metales con el fin de evaluar la exposición de los ecosistemas a estos contaminantes del aire.

- Determinar las cargas críticas de los suelos forestales (el nivel de contaminantes ácidos que un ecosistema forestal puede recibir sin ser afectado negativamente) en la región con el fin de evaluar la sensibilidad de los ecosistemas a la deposición ácida.
- Usar mediciones y modelos para entender la relación entre las emisiones de contaminantes del aire, la calidad del aire a nivel local y regional, y sus efectos sobre la salud humana y del ecosistema.

Este programa de monitoreo de la calidad del aire con base en investigaciones contribuirá al monitoreo ambiental integral para las arenas bituminosas del río Güejar. La información del monitoreo de la calidad del aire mejorará la comprensión de los efectos locales, regionales y del largo alcance de las emisiones contaminantes a la atmósfera provenientes de las actividades de arenas bituminosas. La comprensión mejorada también apoyará a la toma de decisiones de manera que se minimicen los impactos en las comunidades locales, las fuentes hídricas y la vegetación terrestre. Se requiere este monitoreo ambiental integral y transparente para asegurar un desarrollo ambientalmente sostenible de las arenas bituminosas.

6.4.2 Programas Correctivos para las Alteraciones del Agua y Monitoreo

La calidad y cantidad del agua en el río Güejar y en toda la región de arenas bituminosas ha sido una de las principales preocupaciones debido a la variedad de contaminantes producidos por las actividades industriales que podrían terminar en los ríos de la región. Además, los contaminantes liberados por las actividades industriales a la atmósfera pueden abarcar un área relativamente amplia, los cuales se depositarán en el paisaje y en los ríos a través de la lluvia, y deposición.

El plan de implementación que se debe llevar a cabo contemplará un programa integral de calidad y cantidad de agua, y el monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos con el fin de cuantificar y evaluar las fuentes, el transporte, la carga, el destino y los tipos de arenas bituminosas contaminantes en el sistema fluvial del río Güejar y sus efectos sobre componentes claves de los ecosistemas acuáticos (tanto en el área de desarrollo de las arenas bituminosas y en ambientes receptores aguas abajo).

El programa de agua aumentará la información de sitios específicos, los alcances e información a escala regional, lo que permite una mejor evaluación de la situación y de tendencias espaciales y temporales en las cargas contaminantes (concentración) y sus posibles efectos.

6.4.2.1 Programa de Manejo del Recurso Hídrico

Los diferentes usos que se dan al agua en una actividad petrolera y la captación de la misma generan cambios en el ambiente circundante, es por tanto que viendo la importancia de este recurso natural es vital tenerlo en cuenta y más cuando la misma se extrae de una zona de recarga en la región, por lo que cualquier tipo de perturbación la podría afectar. Para garantizar lo anterior, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Manejo de residuos líquidos: Los diferentes residuos propios de la operación deben tener un trato especial debido a que el ambiente en el que se producen no está acostumbrado a tratar con contaminantes externos que alteren el equilibrio normal de la región, para lo que se debe contar con una planta de tratamiento de

aguas residuales que cumplan con las normas para cualquier uso que se desee dar a las mismas.

- Manejo de cruces de cuerpos de agua: La presencia de caños en la región hace que la movilización de cualquier equipo u maquinaria deba realizarse de la manera adecuada ya que la infraestructura con que cuentan los mismos no es apta para soportar cargas y necesitan adecuación previa y se garantice el menor impacto en esos cuerpos de agua.

- Manejo de la captación de agua: Las diferentes formas de captación de aguas superficiales y subterráneas generan una alteración en el ambiente y se debe tener especial cuidado debido a que en la región en épocas de verano el caudal de las diferentes fuentes hídricas se ve disminuido, se hace necesario un monitoreo constante de los niveles de manera que no afecte la economía en la región a causa del hidrodinamismo que la misma puede sufrir debido a la actividad petrolera.

Las actividades previstas para prevenir y mitigar la contaminación del agua son:

Cantidad y calidad del agua superficial / monitoreo de sedimentos

- Efectuar un programa de muestreo de la calidad de agua en numerosos sitios a largo de la red fluvial en el área.
- Monitorear de manera continua la calidad de agua del cauce principal del río Güejar y monitorear periódicamente la calidad del agua de la mayoría de los afluentes.
- Medir la cantidad de agua en sitios estratégicos del cauce principal del río Güejar y en algunos afluentes.

- Efectuar un programa de muestreo de sedimentos en el cauce principal del río Güejar y afluentes.
- Evaluar la calidad de las aguas subterráneas y su interacción con la superficie

Invertebrados bentónicos (invertebrados, algas y seston, química del agua, propiedades físicas y químicas de los sedimentos)

Los invertebrados bentónicos (organismos que viven dentro o en los sedimentos del fondo de ríos) de vigilancia en sitios del cauce principal del río Güejar y algunos afluentes. La comunidad bentónica es muy dependiente de su entorno y su seguimiento da un buen indicador biológico de la condición general del medio ambiente acuático.

Monitoreo de precipitaciones

Efectuar un programa de muestreo de precipitaciones en numerosos sitios a largo de la red fluvial en el área y sobre paisajes del mismo, incluyendo la instalación de estaciones de precipitaciones.

Salud / toxicología / monitoreo de contaminantes de los peces

Realizar evaluaciones de la salud de los peces silvestres en diversos sitios a largo de la red fluvial en el área. Además de evaluaciones toxicológicas de la deposición atmosférica sobre sitios en el cauce principal del río Güejar y afluentes.

El monitoreo del agua aumentará la comprensión de los efectos de los contaminantes en la zona de explotación y ayudar en el desarrollo de las acciones requeridas para un buen manejo del agua. Este programa integral refuerza los programas de vigilancia ambiental existentes.

6.4.3 Programas Correctivos para las Alteraciones de la Vida Silvestre y Monitoreo

Efectuar un programa de monitoreo de la toxicidad de los contaminantes sobre la vida silvestre donde se evaluará los niveles y los posibles impactos de los contaminantes que pueden ser liberados como resultado de las actividades industriales de las arenas bituminosas sobre las especies silvestres.

El componente de contaminantes del programa de monitoreo evaluará la salud de las especies silvestres sensibles que puedan estar expuestas a las actividades de las arenas bituminosas e identificar una variedad de indicadores adecuados para el seguimiento de la exposición de la vida silvestre a los contaminantes y sus efectos.

6.4.3.1 Programa de Manejo del Recurso Biótico

La riqueza silvestre en la zona aún no se ha evaluado por parte de alguna entidad ambiental, por lo que es importante que se le haga un continuo seguimiento a la sensibilidad ambiental de la región de acuerdo a:

- Manejo de Fauna: A pesar de que la cacería de cualquier especie en la región está prohibida, la incursión de cualquier actividad nueva afectaría el equilibrio ecológico y es necesaria la búsqueda de espacios de tratamiento especial en los que se pueda considerar la conservación de vida silvestre.

Las actividades previstas para prevenir y mitigar la contaminación de la vida silvestre son:

Salud de las aves silvestres

Las muestras se recogen de las aves acuáticas coloniales y las aves insectívoras para monitorear los niveles de salud y de contaminación de aves en la región de arenas bituminosas y en zonas aledañas.

Salud de los Anfibios

La salud de los anfibios y sus hábitats se controlarán en la región de arenas bituminosas y en zonas aledañas. La toxicidad del agua se evaluará mediante las exposiciones de los anfibios a las aguas de estanque.

Toxicología de los nidos de aves

Efectuar un programa de monitoreo en nidos de aves alrededor de las plantas de procesamiento y en lugares de referencia para evaluar los niveles de contaminación y los impactos de las emisiones transmitidas por el aire sobre los nidos de aves en desarrollo cerca de las actividades industriales relacionadas con las arenas bituminosas.

Toxicología de la vida silvestre

Las aves y mamíferos atrapadas y/o capturados en la región del río Güejar y en lugares de referencia se evaluarán para determinar los niveles de contaminación y toxicidad. Además, las aves muertas o moribundas recogidas de las piscinas de residuos serán evaluadas para cuantificar los efectos de los contaminantes.

Salud de las plantas

Efectuar evaluaciones de la salud de plantas y estudios de la vegetación en varios sitios de la región del río Güejar para determinar los efectos de las actividades industriales relacionadas con las arenas bituminosas sobre el hábitat de las plantas. Las plantas cultivadas bajo condiciones de invernadero que estén expuestas a

contaminantes relacionados con las arenas bituminosas deberán ser evaluadas para determinar los efectos y la captación y la distribución de los contaminantes.

El programa de monitoreo de la toxicidad de los contaminantes en la vida silvestre proporcionará una mejor comprensión de los efectos potenciales de los contaminantes sobre la biodiversidad terrestre y acuática. Además, proporcionará una base científica sólida necesaria para detectar posibles problemas en la región y proporcionar la información necesaria para comprender los potenciales impactos del desarrollo de las arenas bituminosas en el medio ambiente.

6.4.4 Programas Correctivos para las Alteraciones de la Biodiversidad y Monitoreo

Una de las principales preocupaciones relacionadas con el desarrollo de las arenas bituminosas es la alteración del hábitat y sus impactos en la biodiversidad terrestre. El plan de implementación de las arenas bituminosas debe efectuar un seguimiento con el fin de identificar las relaciones causa-efecto entre los factores de estrés y las metas; evaluar la eficacia de las actividades de mitigación; y proporcionar la información necesaria a quienes toman las decisiones para fundamentar la planificación del uso del suelo, la evaluación ambiental, la conservación y planificación de la recuperación.

Basándose en las actividades de vigilancia actuales en la región, el plan de implementación optimizará el monitoreo de la biodiversidad terrestre, y será mayor la sensibilidad de la supervisión, en particular para las especies en vía de extinción. El monitoreo proporcionará una mejor comprensión de la situación y tendencias de las especies presentes en la región del río Güejar, así como los efectos acumulativos e individuales de la alteración de la tierra por las arenas bituminosas en la biodiversidad terrestre.

El monitoreo de la perturbación en la biodiversidad terrestre y del hábitat debe ser realizado por un comité de vigilancia integrado por entidades gubernamentales, representantes de la industria petrolera y representantes de la comunidad del área.

6.4.4.1 Programa de Manejo de la Flora

Debido a que el municipio de San Juan de Arama está ubicado en una zona cercana a la Serranía de la Macarena la riqueza forestal que la misma presenta, permite evaluar la sensibilidad de la misma por lo que se necesita de intervención especial en cualquier tipo de proyecto mediante:

- Manejo y conservación de hábitats: Los morichales presentes en la zona son espacios que ambientalmente deben tener un trato especial debido a su importancia para la recarga hídrica en la región, por lo que se hace necesaria la delimitación y conservación de los mismos para garantizar que se realice el menor impacto a nivel paisajístico en la región.

- Manejo de la remoción de cobertura vegetal y susceptibilidad del suelo: Para la apertura y adecuación de la malla vial existente se hace necesaria la remoción de cobertura vegetal y en búsqueda del menor impacto en el ambiente se debe realizar un estudio de la estabilidad del terreno ya que las vías de comunicación interveredales en la zona evidencia que al ser sobrecargadas no serían aptas para el transporte constante de maquinaria.

- Manejo de la revegetalización: En todos los proyectos en los que se afecta el medio ambiente se debe realizar la compensación al ambiente mediante la revegetalización, actividad que debe ser supervisada por las autoridades ambientales correspondientes, de manera que se garantice la adaptación y

cumplimiento adecuado de los objetivos previstos a la hora de reparar el daño al ambiente.

Las actividades previstas para prevenir y mitigar la contaminación de la biodiversidad son:

Monitoreo de la biodiversidad terrestre

Efectuar monitoreo de las tendencias demográficas para animales cuya piel se aprovechan, mamíferos, aves acuáticas, aves, plantas, líquenes e invertebrados en toda las zonas de arenas bituminosas de la región del río Güejar.

Monitoreo de causa-efecto

Efectuar un seguimiento para implementar mecanismos de cambio de la población de especies claves y entender la respuesta de la biodiversidad a la perturbación del hábitat por la explotación de arenas bituminosas y otra actividad humana a través del tiempo.

Armonización de la medición

Desarrollar un método para la coordinación y estandarización de las actividades de monitoreo de la biodiversidad en las zonas de arenas bituminosas por parte de la industria y otras partes interesadas.

Monitoreo de especies en vía de extinción y especies difíciles de monitorear

Efectuar un programa de monitoreo de especies en vía de extinción y / o difíciles de monitorear.

Monitoreo de la perturbación humana

Efectuar un programa de monitoreo de gran cobertura de la perturbación del hábitat (huella) como resultado de la actividad humana.

El programa de monitoreo de la biodiversidad proporcionará una mejor comprensión de la situación y las tendencias de las especies de la zona de arenas bituminosas (cómo las especies y los hábitats están cambiando) y los efectos de la alteración de la tierra sobre la biodiversidad terrestre (qué especies están cambiando). Además, proporcionará una base científica rigurosa y necesaria para detectar posibles problemas en la región y proporcionar la información necesaria para comprender los potenciales impactos del desarrollo de arenas petrolíferas en la biodiversidad.

La revegetación y el tapado de los terrenos removidos, una vez finalizada la explotación. Asimismo, a medida que se vayan abandonando zonas de la explotación se irán restaurando para evitar la puesta en suspensión de polvo. Es decir, mediante la reducción del tiempo entre las fases de explotación y la restitución del terreno.

7. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

El plan de seguimiento y control debe ser construido para contar con mayores y mejores datos. La inversión debe ser significativa y se debe hacer para comprender los impactos de la acumulación de sustancias tóxicas en el aire en los ecosistemas circundantes y las comunidades. Este seguimiento debe ser transparente y al servicio de los actores locales, no de las empresas que tienen un interés personal en el negocio como de costumbre.

7.1 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Un plan de seguimiento y control debe contener el componente medio-ambiental que será objeto de estudio, estableciendo los mecanismos para evaluar los cambios y alteraciones procedentes del proyecto que se desea implementar en determinada área, en búsqueda de una disminución en los factores de riesgo. Los principales aspectos a tener en cuenta son:

- Las condiciones iniciales del terreno en el que se desea implementar el proyecto, analizando los factores que se podrían ver afectados en búsqueda del menor impacto posible.
- Mecanismos u herramientas de medición de las variables que se afectarían como respaldo de la cuantificación de los impactos generados por el proyecto.
- La regularidad con la que se desean implementar nuevas tecnologías de explotación, siendo estas decisiones concertadas y evaluadas previamente para disminuir los impactos, analizando los lugares de mayor vulnerabilidad debido a su afectación.

Cualquier tipo de seguimiento que se considere realizar en la zona debe realizar bajo el cumplimiento de la normatividad existente y de manera clara con la comunidad para que se dé el debido cumplimiento de las mismas.

7.2 DEFINICION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE CONTROL

Cada uno de los impactos ambientales debe tener una evaluación adecuada de los factores por los cuales se ven afectados, de manera que se determine cuáles condiciones se pueden mantener como inicialmente se encontraron para disminuir la necesidad de recuperación del ambiente que rodea el proyecto.

7.2.1 Seguimiento y control sobre las condiciones atmosféricas

Se constituyen las principales fuentes de propagación de los contaminantes, los niveles de permisibilidad existentes, lugares de ubicación de los controles adecuados como medidas preventivas para disminuir la afectación medio-ambiental. En este último aspecto se consideran tres puntos como los más apropiados para el control de emisión de contaminantes atmosféricos: directamente el sitio de emisión o fuente, el medio a través del cual se propaga la contaminación y el medio receptor (normalmente personas, animales y especies vegetales).

Además de las emisiones de GEI debidas a las explotaciones, como contaminación a la atmosfera también se consideran las manifestaciones de ruidos debido a las diferentes etapas de aprovechamiento de la zona como traslado y la puesta en funcionamiento de la maquinaria durante el desarrollo del proyecto.

Las autoridades ambientales deben establecer las condiciones adecuadas hasta las cuales se podrá “contaminar la atmosfera” de manera que sea reversible en todos los procesos y la afectación a las comunidades sea mínima para garantizar que

otros aspectos naturales no se vean afectados y el desarrollo continuo de las zonas aledañas al proyecto no sean dependientes del mismo.

La composición de la atmósfera debe corresponder a la del aire puro (20% O₂, 77% N aproximadamente), libre de interacciones antrópicas.

7.2.2 Seguimiento y control sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas

Existen diversas propiedades del agua que deben ser frecuentemente monitoreadas para certificar los cambios debidos al proyecto, algunas de estas pruebas pueden ser: variaciones significativas en los niveles de pH, oxígeno disuelto, DBO, DQO, sólidos en suspensión, sedimentos, sólidos gruesos, temperatura y color, entre otros.

Dichas pruebas se realizarán mediante: análisis físicos, químicos y eventualmente biológicos de las aguas superficiales (principales fuentes de agua afectadas) y subterráneas; los cuales serán comparados con los resultados ambientalmente aceptados para determinar la capacidad del proyecto para reducir los índices de contaminación.

7.2.3 Seguimiento y control sobre las condiciones naturales del suelo

Dependiendo del método de extracción de las arenas bituminosas se determina qué tipo de variación en las condiciones del suelo y la manera como se podrán recuperar, sin embargo en cualquier tipo de proceso se debe tener en cuenta el área del proyecto, variaciones en los indicadores de calidad y uso del suelo, debido a que de cualquier manera pueden existir diversos factores que afecten el desarrollo cotidiano de las comunidades aledañas debido a la afectación que estos puedan ocasionar.

7.2.4 Seguimiento y control a la protección de la flora y la fauna

En vista de que en la zona de posible explotación existen gran variedad de flora y fauna, además de que es una franja aledaña a una zona de reserva, se debería tener especial cuidado con la delimitación del área a explotar y de esta manera garantizar la conservación de los recursos naturales y en general de la vida silvestre.

7.3 METODOLOGIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL

La zona del río Güejar y la posible explotación de las arenas bituminosas deben estar garantizada bajo parámetros adecuados de explotación, además de la adecuada comunicación y socialización de los proyectos que se deseen llevar a cabo con las comunidades, de manera que se garanticen las condiciones adecuadas para la explotación.

Diversos mecanismos de vigilancia podrían establecerse para garantizar la adecuada evaluación del avance en los cambios previstos por la explotación, de manera que se puedan mitigar los cambios en las condiciones ambientales iniciales teniendo en cuenta a la población aledaña al proyecto para que actúe como veeduría del mismo y se origine una observación directa. Además, cada parte del proyecto debe regirse por las leyes sancionadas durante la ejecución del proyecto.

La adecuada comunicación con las comunidades facilitará las intenciones en cualquier tipo de proyecto, lo cual incluirá la realización de diversas pruebas de laboratorio para la adecuada comparación de las condiciones ambientales que en conjunto con las partes interesadas del proyecto determinaran la periodicidad en la realización de las mismas.

7.4 PLAN DE CONTINGENCIAS

Los riesgos que se puedan presentar en cualquier proyecto de explotación y en este caso para la explotación de arenas bituminosas en el río Güejar deben estar previamente evaluados y contar con un plan de contingencia adecuado para la zona, contando con las características propias de cada territorio.

En este plan se deben considerar diferentes aspectos que puedan presentarse como el peor de los casos previendo las diversas soluciones que permitan la realización de trabajos seguros anticipando cualquier eventualidad y no tener que recurrir a las lecciones aprendidas dependiendo del método de explotación.

7.4.1 Objetivos Del Plan De Contingencias

Prevenir la contaminación de las fuentes hídricas del río Güejar y sus afluentes, para ello se buscaran lugares adecuados para la explotación, sabiendo delimitar las zonas que permitan que el proyecto sea económicamente viable disminuyendo los impactos al medio ambiente.

Minimizar los impactos al medio ambiente a partir de diversos mecanismos comprobados en diversas experiencias de explotaciones de arenas bituminosas alrededor del mundo.

Disminuir la probabilidad de ocurrencia de accidentes con maquinaria y equipos de extracción, que puedan producir daños a los trabajadores.

7.4.2 Descripción de las contingencias

7.4.2.1 Contaminación de las fuentes hídricas del río Güejar

La búsqueda de lugares apropiados para la explotación en las zonas aledañas al río disminuirá la contaminación de las fuentes hídricas del río y sus afluentes, ya que en cualquiera de los dos métodos de extracción se requieren de grandes cantidades de agua para extraer el bitumen de la arena. Además, los residuos que la extracción del bitumen genera deben ser depositados en lugares adecuados para evitar la contaminación hídrica.

Se deben construir receptores de residuos adecuados que impidan la filtración de residuos hacia formaciones subterráneas que puedan contener agua, debido a que la filtración de residuos probablemente contamine el agua que podría de cierta manera abastecer a las comunidades cercanas, para lo cual el gobierno y las entidades medio ambientales deberán proveer las especificaciones adecuadas para la explotación, de modo que se puedan evitar daños y perjuicios a la sociedad y al medio ambiente.

En caso de una eventualidad en este sentido, se deberán buscar nuevas alternativas para la depositación adecuada de los residuos disminuyendo los efectos al medio ambiente y analizando los planes mancomunadamente con la sociedad para que ninguna de las partes interesadas se vea afectada.

La señalización y demarcación de los lugares de alto riesgo de incidentes tomará como base las leyes que especifican sobre este tipo de proyectos y regulan el cumplimiento de las mismas.

7.4.2.2 Lecciones aprendidas

Tomando como base las lecciones aprendidas en otras partes del mundo, la explotación de las arenas bituminosas es un proceso que como en cualquier tipo de explotación petrolera debe estar regida bajo ciertas normas que garantice los procedimientos más seguros hacia el buen desarrollo de los proyectos, garantizando la vida de las personas y la mínima afectación al medio ambiente.

Cada método de explotación trae consigo diversos desafíos que a lo largo del tiempo han generado la búsqueda de nuevas tecnologías para el desarrollo de las arenas bituminosas, es por ello que si se desea invertir en un proyecto que traerá cuantiosos beneficios económicos, no se debería escatimar en gastos a la hora de buscar el método que menos contamine.

7.4.2.3 Accidentes con Maquinaria y Equipo

La maquinaria necesaria para la extracción de las arenas bituminosas puede necesitar de variada capacitación de los trabajadores para el mejor desarrollo del proyecto, es por ello que al igual que otras explotaciones petroleras se necesita asegurar el proceso, de manera que exista la menor probabilidad de afectación en la salud de las personas.

8. DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN Y CORRECCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para disminuir y manejar adecuadamente los posibles impactos generados por la explotación de las arenas bituminosas del río Güejar descritos en capítulos anteriores se pueden plantear actividades pensando en la mejor forma de explotación buscando la mínima afectación a la sociedad y el entorno que rodea el área de interés.

- Construcción de lagos de depositación adecuados).
- Construir una planta de tratamiento de agua adecuada.
- Programas de protección para las zonas de reserva aledañas garantizando la vida silvestre de la zona.
- Programas de apoyo a la comunidad para que la región no dependa totalmente de un proyecto de explotación petrolera.
- Buscar nuevas tecnologías para la adecuada explotación de los recursos y disminución del impacto en el ambiente.

8.1 LAGOS DE DEPOSITACIÓN DE RESIDUOS

Sin importar el método de explotación a escoger en las arenas bituminosas, siempre se producirán residuos peligrosos para el ambiente debido a los componentes radioactivos que puedan contener las arenas, además los restos de hidrocarburos que estas puedan contener, debido a que no se presenta una separación total entre el hidrocarburo y la arena.

Por consiguiente, se hace necesario la construcción de lagos de depositación adecuadas donde se dispongan los residuos generados por la explotación y de esta manera disminuir la contaminación al ambiente, sin embargo, es importante tener en cuenta que como los depósitos de arenas bituminosas en San Juan de Arama están cerca al río Güejar, por ello se debe procurar que la construcción de los lagos de depositación sean lo más lejos posible del río, adicionalmente el transporte de los residuos hasta los lagos debe ser económicamente viable.

Dichos lagos buscan evitar la contaminación de las aguas subterráneas en las áreas de explotación, y en vista de que los residuos pueden sedimentarse al pasar cierto tiempo es importante garantizar que no vayan a sobrepasar a formaciones siguientes de donde se ubican los lagos de depositación mediante membranas de caucho sintético adecuadas para proteger el nivel freático del suelo y evitar la contaminación del río Güejar.

Finalmente, antes de realizar la depositación final de los residuos se debe considerar nuevas tecnologías que ayuden a disminuir los contaminantes que pueda generar la explotación. Para la construcción de los lagos de depositación, es importante tener en cuenta la ubicación, la cantidad de residuos y vegetación que será afectada, la distancia al río y a la explotación, y la cercanía a las comunidades.

Figura 41. Lagos de depositación sin delimitación en la explotación de arenas bituminosas



Fuente: Tomado y modificado de <http://www.oilsandstoday.ca/topics/Tailings/Pages/default.aspx>

8.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En la utilización de agua en la explotación de las arenas bituminosas del río Güejar se hace necesario considerar la depositación final de la misma siendo amigable con el ambiente y además que cumpla con las normas establecidas en el país.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales en la industria petrolera relacionan el agua producida, el agua lluvia y el agua de lavado de los campos de petróleo, la cual requiere de un manejo eficiente para garantizar que no se violen los controles ambientales; existen diversos tratadores para garantizar las propiedades del agua en un vertimiento determinado.

Dependiendo de las propiedades del campo y del agua producida se requieren diferentes tipos de tratamiento para que el agua se encuentre apta para su vertimiento; tales características a tener en cuenta pueden ser: sabor, color, olor, pH, alcalinidad, sólidos, tipo de bitumen disuelto, cationes y aniones entre otros.

De la cantidad de agua producida y propiedades de la misma depende el tamaño de la planta de tratamiento, además que el análisis económico sea adecuado para la producción del campo tomando como base la ubicación de la planta y el vertimiento del agua después del tratamiento.

8.3 APOYO A LA COMUNIDAD

Debido al difícil acceso que se tiene en la zona por cuestiones de orden público y malas vías de comunicación con el resto del país, es primordial que cualquier empresa que desee explotar las arenas bituminosas de la región invierta en ello para mejorar la calidad de vida de la comunidad residente; de esta manera se facilita el comercio que existe en la región.

La agricultura necesita una inversión para garantizar el uso de insecticidas adecuados que mejoren la calidad de los productos que se comercialicen y de esta manera los campesinos puedan tener una apropiada remuneración por su trabajo. Llevar a cabo capacitaciones adecuadas a los campesinos para el desarrollo de la ganadería de manera tecnificada y por ende mejorar el comercio de derivados de la leche y la carne proveniente del ganado de la región, es una forma de prevenir la dependencia de la comunidad de las actividades petroleras que se pretendan desarrollar; sin embargo siempre hay que considerar los empleos directos e indirectos que se puedan dar a los habitantes de la región para el desarrollo del proyecto y avalar el buen desarrollo del mismo.

8.4 NUEVAS TECNOLOGIAS DE EXPLOTACIÓN QUE AYUDAN A MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL

8.4.1 Nanotecnología

La demanda energética a nivel mundial aumenta diariamente, lo cual conlleva a que se desarrollen nuevas formas para abastecer esta demanda, y aunque, el petróleo es la mayor fuente de energía que se posee, se necesita de relevantes cambios para mejorar su explotación. La investigación en muchos campos de la industria ha permitido el desarrollo de importantes cambios que ayudan a disminuir los impactos de la misma, uno de ellos es la nanotecnología.

La nanotecnología aplicada en la industria petrolera debe saber manejar las condiciones más adversas que se puedan presentar en un pozo petrolero, debido a diversos factores, ya sea la alta presión, la temperatura y/o la profundidad que soporta el crudo, y para nuestro caso (arenas bituminosas) a poca profundidad se requiere garantizar la efectividad de la misma para obtener mejores resultados en la aplicación y que sea económicamente viable.

La efectividad en las arenas bituminosas consiste en la reducción de la viscosidad mediante la aplicación de los fluidos con nanotecnología que tienen la capacidad de disminuir el tamaño de las grandes moléculas del crudo a nano partículas y por ende mejorar la capacidad de movilidad de crudo, además, una disminución en su viscosidad permite obtener un mejor valor monetario al ser vendido, y de esta manera la rentabilidad económica del proyecto se mejorará.

8.4.2 Intersurf

Otra tecnología que se está desarrollando para utilizarla en la explotación de campos petroleros consisten en la inyección de agua y surfactante, el cual es un agente tensoactivo que crea una película de agua sobre los hidrocarburos

absorbidos en los minerales de la roca, con el objetivo que el crudo pase por esa capa y se deslice hasta llegar al pozo productor. Esta tecnología permite mejorar la movilidad del crudo dentro del yacimiento, la productividad del mismo y además, disminuye la necesidad de otros tratamientos que mejorarían las propiedades del crudo aguas abajo.

9. CONCLUSIONES

- En Colombia, las reservas de yacimientos no convencionales están en fases iniciales de investigación, por tanto, es importante prever los impactos que se podrían generar y así buscar nuevas y mejores alternativas de explotación de los recursos.
- El área del Río Güejar a pesar de estar cerca de una zona de reserva ambiental, hace parte de una importante fuente de arenas bituminosas en el país por lo que los desafíos ingenieriles deben estar encaminados a la preservación del medio ambiente.
- Las arenas bituminosas hacen parte de los hidrocarburos no convencionales de difícil extracción; sin embargo, corresponden a una gran fuente de recursos energéticos a nivel mundial, por lo que actualmente se están desarrollando nuevas tecnologías que disminuyen de manera notable los impactos ambientales.
- La explotación de las arenas bituminosas mediante minería genera más contaminación al ambiente que las técnicas de extracción in situ.

10. RECOMENDACIONES

- Visualizar los yacimientos no convencionales en Colombia como una importante fuente de energía que se podrían desarrollar sosteniblemente mediante la implementación de buenas prácticas ambientales.
- Investigar acerca de las nuevas tecnologías que se están desarrollando en el mundo sobre la explotación de arenas bituminosas, evaluando la viabilidad técnica y económica de la aplicación de las mismas en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANLA, Resolución 1558 del 19 de Diciembre de 2014
2. APEL, Claudia et al. Heinrich Böll Foundation. Energy Futures? Eni's investments in tar sands and palm Oil in the Canadian Basin. 2009.
3. BARRON, Andrew R. et al. Objetos grandes en paquetes pequeños. Schlumberger Oilfiel Review. 2010.
4. BOTT, Robert D. Canada's Oil Sands. Canadá. 2011.
5. CHAPARRO, Oscar Iván. Plan de desarrollo municipal 2012- 2015. Lejanías, Meta. 2012.
6. ECOPETROL. Consultoría para el estudio integrado de geología de campo en ocho (8) áreas potenciales para la exploración de arenas bituminosas en Colombia. 2012.
7. GALAN VILLAMIZAR, Jaime Alberto y NARVAEZ CASTRO Martin. Plan de manejo ambiental de la mina Chelín, Municipio de Santa Rosa del sur, Departamento de Bolívar. Bucaramanga Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2005.
8. GARCÍA, Fabio. GARCÉS Pablo. Panorama General de los Hidrocarburos No Convencionales. OLADE. Quito, Ecuador. 2012.
9. GREEN NANO TECH CORP S.A. Nanotecnología en el combustible y el cambio climático. Cali, Colombia. 2013.
10. HERNANDEZ MANOSALVA, Hugues Eduardo y MORA SUAREZ, Yesika Beatriz. Análisis del comportamiento del registro sísmico y cálculo de impedancias acústicas para las areniscas bituminosas de la formación une en río Güejar. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2014.
11. MANRIQUE, Pablo et al. Formulation and method of use for explotation of heavy and extra heavy oil Wells. Caracas, Venezuela. 2012.

12. PETROMINERALES COLOMBIA LTD. Gerencia de Responsabilidad Integral. Plan de manejo ambiental para el programa de exploración sísmica bloque Rio Ariari en el departamento del Meta. 2007.
13. PULIDO, María Angélica y ALMAZA ORTIZ, Diana Carolina. Caracterización de la cadena estratégica de valor para la explotación de arenas bituminosas en Colombia como fuente no convencional de petróleo. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 2009.
14. ROYAL SOCIETY OF CANADA EXPERT PANEL. Environmental and heal impact of Canada's Oil Sands Industry. Canada. Diciembre 2010.
15. RUIZ, José Alfonso. Esquema de ordenamiento territorial municipio de San Juan de Arama. San Juan de Arama, Meta. 2007.
16. STATOIL CANADÁ LTD. Oil Sands Report. Calgary, Canadá. 2013.
17. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA. Cadena del petróleo 2013. Bogotá, Colombia. 2013.

ANEXOS

ANEXO A. INVENTARIO DE FLORA Y FAUNA DE LA REGIÓN

ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES

Identificándose las unidades de cobertura como son los bosques naturales, bosques de galería, rastrojos altos y bajos, pastizales y cultivos, de gran importancia porque surgen como resultado de las características climáticas, geomorfológicas y edáficas. Al mismo tiempo las características de dichas unidades de cobertura y uso permiten tener una visión inicial del estado de conservación de los componentes físicos y bióticos en el área.

La clasificación de las zonas de vida o formaciones vegetales es de vital importancia, puesto que cada una de ellas presenta características ambientales específicas, que permiten a los micro y macro organismos, animales y vegetales, agruparse en ecosistemas, obteniendo su máximo desarrollo y proporcionando al medio natural condiciones óptimas de la cadena biótica.

Según el estudio de suelos del IGAC, y de acuerdo a la metodología Holdrige y el Plan Ambiental de los municipios se encuentran las siguientes zonas de vida con su respectiva vegetación.

- **Bosque muy Húmedo Premontano (Bhm-Pm)** Característico de la unidad subandina, (Bosque Subandino) clima medio muy húmedo (M-MH), Cubre una franja de las faldas de la cordillera oriental, ubicada entre los 1.000 y 2.400 m.s.n.m., se caracteriza por la presencia de algunas especies con raíces estribos y menor cantidad de palmas grandes, lianas y epífitas leñosas de la selva tropical.

Las áreas debajo de los 1000 m.s.n.m., presentan palmas, y árboles de gran porte y tamaño, nutridos con diversidad de especies de flora y fauna, con alturas superiores a los 30 metros; son de gran importancia pues protegen y controlan los cauces de los ríos evitando inundaciones y el deterioro del suelo. Son bosques intervenidos por la facilidad del acceso lo que ha causado la destrucción de la vegetación nativa mediante la tala de madera y quemas, para el establecimiento de cultivos de café, maíz, yuca, frijol, Cacao y pastos en general, estos son cultivos de subsistencia y pastoreo extensivo.

Tabla 9. Especies Características Bosque muy Húmedo Premontano. Ubicada entre los 1.000 y 2.400 m.s.n.m

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|--------------|-----------------------|------------------------|
| Palo de Cruz | <i>Brownea ariza</i> | Leña, Cucharas y Cabos |
| Guamo | <i>Inga acuminata</i> | Sombrío y Leña |
| Cachicamo | <i>Calophyllum sp</i> | Medicinal |
| Yarumo | <i>Cecropia sp</i> | Canal de Aguas |
| Caña fistula | <i>Cassia grandis</i> | Maderable |
| Higueron | <i>Ficus sp</i> | |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

- **Bosque Húmedo Tropical (Bh-T).**

Pertenece a la unidad de transición o piedemonte llanero, posee un clima cálido húmedo (C-H), y en donde coexisten por acción antrópica formaciones vegetales de tipo herbáceo y arbustivo. En la vegetación herbácea predominan las siguientes gramíneas:

Tabla 10. Especies Características Bosque Húmedo Tropical

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|
| Paja Peluda | Trachipogon vestutis | Bareques y Adobes |
| Paja de Sabana | Escheria histella | Aperos |
| Rabo de Zorro | Andropogon bicornis | Medicinal |
| Guaratara | Axonopus purpusi | Construcción de Trapiches |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

Existen algunos cordones de vegetación arbustiva, denominada bosque de galería, distribuida a lo largo de ríos, caños y quebradas, compuesta por:

Tabla 11. Especies Características Bosque Húmedo Tropical.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|------------------|----------------------|---------------------|
| Tuno | Miconia sp | Maderable |
| Guaimaro | Helicostilis scabra | Madera y Leña |
| Palma de Cumare | Astrocaryum chambira | Alimentación Animal |
| Palma mil pesos | Jenenia polycarpa | |
| Palma de Moriche | Mauritia flexuosa | Cerca, pepa chicha |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

Clasificación de la Flora según su uso

- Arboles Maderables

Tabla 12. Principales Arboles Maderables

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|---------------|-----------------------|--|
| Cedro | Guaca oligera | Maderable, especie con una categoría de amenaza (VU) vulnerable. |
| Ceiba | Ceiba pentandra | Nacedero de Agua |
| Comino | Ocotea sp | Maderable |
| Abacrcoco | Brosimum bolivarensis | Maderable |
| Flor Amarillo | Tabebuia crhysanta | Maderable |
| Gallinazo | Pentagonia sp | Maderable |
| Guadua | Bambusa guadua | Construcción, Nacedero |
| Laurel | Laurus nobilis | |
| Pardillo | Cordia sp | |
| Polvillo | Bulnesi arbórea | |
| Trompillo | Guarea tricheloides | Maderable |
| Tuno | Miconia sp | Maderable |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

- Árboles para Cerca.

Tabla 13. Principales Arboles para Cerca

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Cachicamo | Calophyllum sp | |
| Caracolí | Anacardium excelsun | Sombrío |
| Cañaguate-Flor amarillo | Tabebuia crisanta | Maderable |
| Guamo | Inga acuminata | |
| Guayacán | Bulnesia arborea | |
| Hobo | Spondias mombin | Arbol frutal y Sombrío |
| Matarratón | Glirecidia sepium | Cerca, Sombrío y Madera |
| Mora | Clorophoma tintorea | |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

- Árboles para Leña.

Tabla 14. Principales Arboles para Leña.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| Balso | <i>Ochroma piramidalis</i> | Maderable |
| Cámbulo | <i>Crytina sp</i> | |
| Caña fistula | <i>Cassia grandis</i> | |
| Guadua | <i>Bambusa guadua</i> | Cerca, Construcción |
| Guamo | <i>Inga acuminata</i> | |
| Matarratón | <i>Glirecidia sepium</i> | Alimentación Animal |
| Nacedero | <i>Trichantera gigantea</i> | Alimentación Animal |
| Palma Real | <i>Attalea regia</i> | |
| Palma de Corozo | <i>Scheelea sp</i> | |
| Punta Lanza | <i>Vismia guianensis</i> | |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

- Árboles de Crecimiento Rápido

Tabla 15. Principales Arboles de Crecimiento Rápido

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | USOS |
|--------------|-------------------|---------------------|
| Carbonero | Licania sp | |
| Encenillo | Weinmania sp | Leña y Curtir Cuero |
| Guamo | Inga acuminata | |
| Guayacán | Bulnesia arborea | Maderable |
| Guarataro | Vitex orinocensis | Maderable |
| Punta lanza | Vismia guianensis | Maderable |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

FAUNA

Se puede afirmar que es de las más variadas y ricas del país, sin embargo en razón de las talas, quemas y caza indiscriminada, algunas especies de interés comercial se están extinguiendo y las que aún existen se han visto obligadas a replegarse a los bosques de galería, morichales, matas de monte y cordillera alta. El grado de intervención que se ha dado en los últimos cincuenta años y la caza indiscriminada de la fauna existente, ha llevado al desplazamiento de las especies nativas a lugares de menor intervención humana, la disminución y agotamiento de la población de especies como el venado, armadillo, chigüiro, lapa, ñeque, guatín, danta, zaino, cafuche, tigre y león sabanero; abordes de ríos zorro, ardilla, curí, Chucha común y real, oso hormiguero y palmero, perico ligero, murciélago y ratón. Se pueden encontrar algunas aves como la perdiz, panguana, gallineta, guacharaca, pava hedionda y comestible, pato chilico, pato gallito, garza blanca, garza coro-cora,

garzón colibrí, martín pescador, águila gavián, gallinazo, carraco, garrapatero, cirihuelo, loro palmero, pechi amarillo, yátaro, carpintero, soledad, torcaza, tucán, tijereta, loro cariseco, loro comejero, loro perico, habiendo desaparecido especies como loro real, loro guerreguere, loro guajivo, guacamaya. En cuanto a los reptiles la iguana ha venido desapareciendo; perdurando la tortuga terecay, ocotéa, garipiari, camaleón, el sapo, y culebras como la coral, la taya, cuatro narices, rabo de ají, la sapa, huio negro, huio perdicero, huio galán, bejuco, cazadora, granadina, tigre, babillas y cachiris. Existen algunos primates en los bosques como el titi, araguato y manisero, extinguiéndose la piel roja y el aullador.

En cuanto a especies de río se encuentran, cachama, Sardinata, bagre, rayado, bocachico, nicuro, cuchareto, payara, bagre sapo, descarnador, guarupaya, amarillo, valentón, dormilón, cubano ,temblador, raya, caribe, mojarra, pintadito, curbinata, guabinya, capaceta, sardina, agujeta, apicero, cuchas y peces ornamentales.

Tabla 16. Lista de especies de reptiles reportados en el Área.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | FAMILIA | HÁBITAT OBSERVACIONES |
|---------------------|--|---------------|---|
| Lagarto | <i>Anolis ortonii</i> | IGUANIDAE | Ocupan ecotonos con alta humedad, terrestre o acuático, en zonas anegadas cercanas a los cuerpos de agua. |
| Iguana | <i>Iguana iguana</i> | | |
| Lagarto | <i>Plica plica</i> | SCINCIDAE | |
| Iguana | <i>Uracentron azureum</i> | | |
| Camaleoncito verde | <i>Polychrus marmoratus</i> | | |
| Lagartija | <i>Anolis fusoauratus</i> | | |
| Lagartija | <i>Anolis chrysolepis</i> | | |
| Lagarto tierrero | <i>Mabouya mabouya</i> | TEIIDAE | |
| Lagarto | <i>Ameiva ameiva</i> | | |
| Lobo pollero | <i>Tupinambis tegixin</i> | | |
| Matamata, caripatua | <i>Chelus fimbriatus</i> | CHLYIDAE | Morichal |
| Morrocoy | <i>Geochelone carbonaria</i> | TESTUDINIDAE | Se localizan en las riberas de los ríos |
| Tortuga | <i>Geochelone denticulata</i> | | |
| Tortuga | <i>Podocnemis erythrocephala</i> | PELOMEDUSIDAE | Se localiza debajo de las grietas de las rocas de las quebradas |
| Charapa, Arrau | <i>Podocnemis expansa</i> | | |
| Terecay | <i>Podocnemis unifilus</i> | | |
| Talla | <i>Bolthrox atrox</i> | | |
| Guío o boa | <i>Boa constrictor</i> | BOIDAE | Terrestre, acuático |
| Cazadora | <i>Drymobius sp</i> | | Terrestre |
| Tigra | <i>Mastigodrycus bifossatus striatus</i> | | Terrestre, acuático |
| Mato | <i>Ameiva ameiva</i> | TEIDAE | Terrestre |
| Cuatro narices | <i>Boutrops atrox</i> | CROTALIDAE | Terrestre, acuático, principalmente en los matorrales cercanos a las fuentes de agua. |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

Tabla 17. Lista de especies de anfibios reportados en el Área.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | FAMILIA | HÁBITAT OBSERVACIONES |
|-----------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------|
| Sapo | Bufo granulosus | BUFONIDAE | Terrestres, pantanos |
| | Bufo Thyphonius | | |
| | Dendrophryniscus minutu | | |
| Rana | Cochranella flavopunctata | CENTROLENIDAE | Pantanos |
| | Epipedobates femoralis | DENDROBATIDAE | Pantanos |
| Rana arborícola | Hyla punctata | HYLIDAE | Pantanos, arbustos y pastizales |
| | Hyla crepitans | | |
| | Hyla mathiassoni | | |
| | Hyla minuta | | |
| | Hyla lanciformis | | |
| | Gastrotheca nicefori | | |
| | Osteocephalus taurinus | | |
| | Phyllomedusa hypocondrialis | | |
| | Scinax Kennedy | | |
| Scinax rubra | | | |
| Rana saltadora | Leptodactylus ocellatus | LEPTODACTYLLIDAE | Pantanos, quebradas |
| Rana | Leptodactylus bolivianus | | |
| | Leptodactylus pentadactylus | | |
| | Pseudopaludicola llanera | | |
| | Eleutherodactylus medemi | | |
| Rana | Rana sp | RANIDAE | Quebradas, esteros |
| | Rana palmipes | | |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

Tabla 18. Lista de especies de mamíferos reportados en el Área.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | HÁBITAT OBSERVACIONES |
|-----------------------|-----------------------|--|
| Murciélago | Artibeus cinereus | Son especies de hábitos nocturnos, se les encuentra principalmente en las cuevas y en las ramas de los árboles |
| Murciélago | Carollia sp | |
| Murciélago | Mollosus sp | |
| Murciélago | Sturnira sp | |
| Murciélago sp | Phyllostomus sp | |
| Murciélago fugívoro | Sturnira ludovici | |
| Chucha, Fara | Didelphis marsupialis | Ocupan todos los hábitats |
| Venado | Odoncoileus | Se le encuentran en la espesura del bosque |
| Picure o Ñeque | Dasyprocta fuliginosa | Ocupan todos los hábitats |
| Cachicamo ó Armadillo | Dasyprocta Kappler | Se le encuentra entre los matorrales del bosque |
| Chigüiro | Hydrochaeris | Se le encuentra asociado a los cuerpos de agua |
| Lapa ó Chacharo | Agouti paca | |
| Ardilla | Sciurus granatensis | Se le encuentra en los árboles cercanos a los márgenes de los ríos en lugares poco intervenidos |
| Puerco espín | Coendou prehensilis | Se le encuentra asociado a las superficies planas |
| Conejo común | Sivillagus meridansis | Se le encuentra en el monte |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

Tabla 19. Lista de especies de aves reportados en el Área.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | FAMILIA | HÁBITAT OBSERVACIONES |
|-------------------------------|-------------------------|------------------|---|
| Gavilán | Chondrohierax uncinatus | ACCIPIRITIDAE | Se pueden encontrar en Bosques de galería y Monte en crecimiento secundario |
| Elanio común | Elanus caeruleus | | Se pueden encontrar en Áreas con arbustos, Sabanas, Bosques de galería. |
| Mirra embarradora | Turdus ignobilis | TURDIDAE | Común en claros, parques, jardines, ocasionalmente en bordes de bosque |
| Mirlo blanco o Chorlitejo | Turdus leuconela | | Presenta una amplia distribución |
| Mirlo negro | Turdus fuscater gigas | | Presenta una amplia distribución |
| Carpintero pardo | Veniliornis fumigatus | PICIDAE | Se le encuentra asociado a la vegetación de ribera |
| Garza roja ó Corocora Roja | Eudocimus ruber | TRESQUIORNÍTIDOS | Se le encuentra asociada a los cuerpos de agua y cultivos de arroz |
| Águila | Buteo nitidus | ACCIPITRIDAE | Se le encuentra asociada al espesor del bosque |
| Verdecillo | Todus todus | TÓDIDAE | Presenta una amplia distribución |
| Gallina de agua | Gallinula melanops | RALLIDAE | Se le encuentra asociado a cuerpos de agua |
| Gallo domestico | Gallus gallus | FASIÁNIDOS | Presenta una amplia distribución |
| Pechi amarillo ó Guchamarillo | Toldomyias flaviventris | TYRANNIDAE | |
| Golondrina | Progne chalibea | HIRUNDINIDAE | |
| Cuervo | Corvus corax | CORVIDAE | |
| Guacharaca | Ortalis motmot | PLOCEIDAE | Se le encuentra asociada al espesor del bosque |
| Alcaravan | Vanellus chilensis | CHARADRIIDAE | Se le encuentra asociada al espesor del bosque |
| Bujío | Chordeiles minor | CAPRIMULGIDAE | Presenta una amplia distribución |
| Chiriguaro | Milvago chimachima | FALCONIDAE | |
| Cari cari | Polyborus planchus | ARÁNIDAE | Se le encuentra asociada al espesor del bosque |
| Lechuza | Typo alba contempta | ESTRÍGIDAE | |
| Gallineto de monte | Nothocercus Julius | RALLIDAE | Presenta una amplia distribución |
| Guchamarillo | Casicus cela | ICTERIDAE | |
| Focha americana | Fulica americana | RALLIDAE | Asociada al espesor del bosque |
| Paloma | Zeneida sp | COLUMBIDAE | Presenta una amplia distribución |

Fuente: Tomado y modificado de Plan para el uso sostenible de la biodiversidad región alto Ariari, el programa Del de la Unión Europea para Colombia, 2011

ANEXO B. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA DEL PROYECTO

El Área de Manejo Especial de la Macarena exhibe un registro estratigráfico de rocas cuyas edades varían desde el Precámbrico (proterozoico medio) hasta depósitos recientes cuyas edades absolutas han sido fechadas en cerca de 350 años AP. Cabe anotar que, en la actualidad, la sedimentación sigue siendo muy activa en los valles de los ríos que bañan la región. Siguiendo a ORAM (IGAC, 1999) e INGEOMINAS (2001), las formaciones del Área de influencia indirecta del proyecto, se describen en orden de edad, desde las más antiguas hasta las más recientes y de acuerdo a las áreas fisiográficas establecidas a saber: Serranía de la Macarena y Planicie Oriental.

Sierra de la Macarena

La serranía de la Macarena es una posible extensión del Macizo de Garzón (memoria del Atlas geológico Digital de Colombia, 1997), constituye el límite sur oeste de la cuenca de los llanos Orientales y de acuerdo con los trabajos exploratorios de algunas compañías petroleras, está constituida estratigráficamente –de más antiguo a más reciente- por: el basamento precámbrico o zócalo metamórfico, dentro del cual afloran unas ventanas de plutonitas constituidas por granitos similares al Granito de Parguaza o los de El Remanso o San Felipe (Bruneton, et al, 1982), la Serie Güejar de edad Cámbrico- Silúrico, la Formación Macarena del Cretácico Superior, la Formación Guayabero de Paloceno, la Formación Losada del Eoceno Inferior y la Formación San Fernando del Oligoceno (Ingeominas, 2001). Para el AIIP y específicamente en su borde occidental afloran las unidades de Basamento, Paleozoico y Cretáceo inferior, en el resto del área y ocupando una mayor extensión encontramos las unidades continentales del Neógeno en la Planicie o Llanura Oriental.

Basamento Precámbrico (NPt)

El basamento cristalino Precámbrico está constituido por rocas ígneo-metamórficas que conforman el núcleo del bloque tectónico levantado, conocido como la Sierra de La Macarena. Por simple correlación estratigráfica con el basamento de otras zonas de la cuenca de los Llanos Orientales, se considera que está constituido por rocas intrusivas graníticas tales como el Granito de Parguaza el cual presenta algunas facies de Rapakivi, sienitas, pórfidos, diabasas o metamórficas de tipo neis y migmatitas tales como las que conforman el Complejo Migmatítico de Mitú.

Paleozoico

Grupo Güejar: Unidades Ariari, Guape y Duda y Series Güejar (Pzg).

Estos afloramientos se encuentran restringidos a los grandes ríos que provienen de la Cordillera Oriental, desde la parte nor-occidental de la Sierra de la Macarena (ríos Duda & Güejar, entre otros) hasta el Río Ariari, como también en la gran mayoría de sus afluentes (i.e. Quebrada La Cristalina, río la Cal, río Guape, entre otros).

El grupo Güejar conforma, tal vez, el mayor registro sedimentario del Paleozoico Inferior de Colombia. Sus características composicionales ponen de manifiesto que estas unidades se acumularon hacia las zonas más antiguas de este período, en relación con las unidades descritas en el resto de la Amazonía (i.e. Formación Araracuara), las cuales fueron acumuladas en ambientes muy someros. A las unidades descritas en el sector de la Macarena se les asignan edades que varían entre el Tremadiciano al Livirriano (Trumpy, 1943). Son reducidas las posibilidades de correlación, ya que poco se conoce acerca del Paleozoico Inferior en la parte Oriental de la Cordillera Oriental de Colombia.

Mesozoico

- Formación Macarena (Kisi).

Suprayaciendo también de manera discordante a la serie Güejar se encuentra una sucesión de rocas sedimentarias indiferenciadas cartográficamente, constituidas por una alternativa de estratos de arena masivas ocasionalmente calcáreas, intercaladas con arenitas Lodosa glauconíticas, finamente estratificadas, con intercalaciones de conglomerados y shales carbonoso-micáceos, muy similares a los estratos que constituyen La Formación la Macarena. La información del subsuelo obtenida mediante perforaciones, reporta secuencias de areniscas lutitas oscuras y localmente capaz de calizas. Según Pérez y Bolívar (1985), la sedimentación de estas rocas estuvo controlada por un Paleo-relieve originado después del Paleozoico Inferior. La parte más superior de esta secuencia presentaba capas titulares de cuarzo arenitas parcialmente entre cruzadas, que Paba y Van der Hammen (1958), consideraron cronológicamente equivalentes a la Formaciones Colon- Mito Juan, de Norte de Santander.

Se le ha asignado a la Formación Macarena una edad del Cretácico Superior (Santoniano- Campaniano-Maastrichtiano Inferior) a Pérez y Bolívar (1985). En los trabajos de exploración petrolera se asocia a la Formación Macarena con la Formación Roraima del Amazonas. La secuencia Cretácica se espesa hacia el piedemonte y se pincha o adelgaza en dirección Este.

Cenozoico

En el AIIP afloran tres formaciones del terciario cuya extensión cubre gran parte del área.

- Formación Guayabero (PgNgt)

El comienzo de Paleógeno e esta parte de la cuenca de los Llanos Orientales está representado por una secuencia incompletable edad Paleocena, constituida por una sucesión de arcillas esquistas grises y verdes, con intercalaciones de areniscas y delgados nivelitos carbonoso.

Esta unidad corresponderá según Paba, et al (1958), a la Formación Guayabero que se correlaciones con la Formación Arcillas de Limbo; descansa concordantemente (?) sobre la Formación Macarena e infrayace a la Formación Losada del Eoceno Inferior. La industria del petróleo la conoce como el "Miembro ciego" o la "Formación ciego" y le asigna una edad del Paleógeno superior con base en fauna fósil recolectados por los testigos de perforación.

- Formación Losada (Ngc)

Suprayaciendo la anterior secuencia se encuentra una alternancia de areniscas masivas, cuarzosas, blancas, conglomeraticas y de grano muy grueso a grueso, intercaladas con pequeños paquetes de arcillolitas grises, que Paba et al (1958) asocia con la Formación Losada, la cual correlaciones con la Formación Areniscas del Limbo de la Cordillera Oriental, pero que la industria petrolera denomina erróneamente como Formación Mirador.

Paba et al (op. Cit.), le asignan la edad del Eoceno Inferior a Medio, lo que podría significar que el contacto con la infrayacente Formación Guayabero es discordante, sin embargo estos autores lo anotan como un contacto concordante. A la Formación Losada le suprayace la Formación San Fernando en un contacto concordante, normal.

- Formación San Fernando (Ngc)

Suprayaciendo la anterior unidad lito estratigráfica se menciona en la Sierra de la Macarena a la Formación San Fernando, de edad Eoceno Superior-Oligoceno, con un contacto concordante con la Formación Losada. Está constituida por gravas, areñas de grano grueso a conglomeráticas, alteradas con limolitas amarillas en paquetes delgados. La industria del Petróleo la denomina como la Formación la Paloma.

Planicie Oriental

La región fisiográfica conocida como planicie oriental o Llanos Orientales, ocupa la mayor extensión del Departamento del Meta. Corresponde a la zona donde se han venido acumulando los productos de los procesos denudativos que de manera incesante, han actuado sobre la cordillera oriental desde su emersión como cadena montañosa u orógeno, hasta modelar su actual relieve y morfología.

Dentro de la AIIP esta unidad fisiográfica se encuentra representada por unidades continentales de Neógeno y sedimentos del Pleistoceno-Reciente, a nivel de aluviones y terrazas. Ocupando gran parte de los interfluvios de los ríos Ariari, Caño Cunimía, Güejar y Cafre.

Neógeno Indiferenciado (Ngc)

Consiste en sedimentitas de edad Mio-Plioceno, de claro origen continental, conformadas por areniscas con intercalaciones de arcillolitas, conglomerados y localmente calizas. La escasez de afloramientos ha impedido su descripción y clasificación estratigráfica más completa y detallada. Es de anotar que los mismos registros geofísicos no presentan diferencias importantes que permitan diferenciarlas en unidades. (Ingeominas, 2001).

Depósitos Cuaternarios (Qal)

Durante el periodo Cuaternario-Reciente, los cauces de la mayoría de corrientes actuales han depositado espesos coluviones, al pasar de la zona montañosa a la parte plana tanto en las llanuras aluviales o de inundación, como en los abanicos de las desembocaduras.

El retrabajamiento continuo de las orillas, producido por los constantes cambios entre aguas altas y bajas, ha producido las llanuras aluviales de desborde, los diques y los bancos, que se elevan unos pocos metros por encima del nivel de la llanura pero que producen una gran dificultad al transporte en algunas épocas del año.

Terrazas de la Orinoquia y Amazonía (Qtz).

Conforma algunos depósitos poco extensos en el nor-Occidente del AMEN. Se trata de depósitos acumulados por los diferentes ríos que drenan el área. Su gran variabilidad, tanto en composición como en textura, los hace muy difíciles de describir.

Se calcula que los diferentes depósitos de terrazas de la gran llanura amazónica tienen edades de hasta 55.000 años antes del presente, y las más jóvenes de 2.000 años. El espesor de cada una de las terrazas pueden variar desde unos pocos centímetros, hasta aproximadamente 60 metros.

Cabe anotar que las unidades lito estratigráficas más antiguas tienden a estar recubiertas por materiales más recientes que la mayoría de los casos. Así las unidades del Precámbrico afloran tan sólo en lugares específicos de la Sierra de la Macarena, en donde la existencia de suelos crea un ambiente seco y rocoso; sobre el cual crece un tipo de vegetación especial que tiende a incluir numerosas especies endémicas. Estas deben ser especialmente conservadas ya que su desaparición sería absoluta igual ocurre en los pequeños afloramiento del Paleozoico, en el sector de la Sierra de La Lindosa, cuya vegetación guarda una estrecha relación con aquella de sectores de la Sierra de la Macarena y de los a floramientos rocosos del PNN Serranía del Chiribiquete y de la Reserva Natural Nukak. Finalmente, los grandes depósitos del cuaternario suelen dar lugar a suelos relativamente más fértiles, cubiertos por bosques bien desarrollados no inundables o estacionalmente inundables. Estos últimos dos son de gran importancia en el mantenimiento se las poblaciones ilícitas (Goulding, 1989).