

Resultado de Investigación

**Riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización de ciclo
productivo del campo petrolero Colorado, Colombia**

Elaborado por:

AGUSTÍN ALDANA AGUDELO

CARLOS EDUARDO CAÑÓN POVEDA

CARLOS GIOVANNI PINZÓN CHOQUE

MARIA PAULA LUNA CHAVARRO

WILLIAM RICARDO HERRERA RODRIGUEZ

Especialización en Gerencia de Proyectos

Universidad EAN

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de posgrado

Bogotá

22/05/2023

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
OBJETIVOS.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos	8
JUSTIFICACIÓN.....	8
MARCO TEÓRICO	10
MARCO INSTITUCIONAL	17
METODOLOGÍA	20
Primer nivel.....	20
Enfoque, alcance y diseño de la investigación	20
Definición de Variables	21
Muestreo probabilístico para los riesgos e impactos económicos y sociales.....	24
Muestreo probabilístico para los riesgos e impactos ambientales	27
Segundo nivel	28
Selección de métodos o instrumentos para recolección de información.....	28
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	32
Variables del grupo ambiental.....	32
VARIABLE SOCIAL	61
VARIABLE ECONÓMICA	73
CONCLUSIONES	83

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Compañías y participación accionaria Ecopetrol 2021	18
Tabla 2 Variables de investigación.....	22
Tabla 3 Cálculo tamaño de muestra Finita- Empleabilidad.....	25
Tabla 4 Cálculo tamaño de muestra Finita – Calidad de vida y migración.....	26
Tabla 5 Cálculo tamaño de muestra Finita- Cambio de actividad económica.....	26
Tabla 6 Cálculo tamaño de muestra Finita – Ventas en el sector aledaño.	26
Tabla 7 Muestra, Instrumento de recolección y técnica de análisis.	28
Tabla 8 Análisis de pérdida de especies según pérdida de bosques en el área de interés.	60
Tabla 9 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Agua superficial	33
Tabla 10 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Sedimento	37
Tabla 11 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Sedimento -2	37
Tabla 12 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Agua superficial	39
Tabla 13 Tabulación de áreas totales destinadas a facilidades petroleras dentro del área de influencia. Elaboración propia.	45
Tabla 14 Multitemporalidad Área de influencia a través del tiempo.....	46
Tabla 15 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Suelo - Fecha 1	49
Tabla 16 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Suelo - Fecha 2	50
Tabla 17 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Suelo	52
Tabla 18 Tabulación de áreas boscosas dentro del área de influencia.	56
Tabla 19 Áreas boscosas dentro del polígono de influencia. Blanco: área sin bosque. Negro: área con bosque.	57

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de metodología de levantamiento de información, variable daño a suelos.	44
Ilustración 2 Áreas totales destinadas a facilidades petroleras dentro del área de influencia. ...	46
Ilustración 3. Multitemporalidad Área de influencia a través del tiempo.....	46
Ilustración 4 Diagrama de metodología de levantamiento de información, variable Pérdida de hectáreas en bosque.....	55
Ilustración 5 Gráfica de barras de áreas boscosas dentro del área de influencia.	56
Ilustración 6 Diagrama de metodología de levantamiento de información, variable impacto flora y fauna.	59
Ilustración 7 Resultados de los cambios en el nivel de empleo.	61
Ilustración 8 Resultados del tiempo de vinculación laboral con la industria del petróleo.....	62
Ilustración 9 Resultados de personas que trabajaron con una empresa relacionada con la industria del petróleo.....	62
Ilustración 10 Resultados de percepción de disminución de oportunidades laborales y/o crecimiento en Yarima.	63
Ilustración 11 Resultados percepción de actividades de limpieza y recuperación ambiental por parte de la empresa petrolera.	64
Ilustración 12 Resultados de percepción del mejoramiento de calidad de vida por la industria petrolera.....	65
Ilustración 13 Resultados de la percepción de la población frente a las inversiones sociales en la comunidad de Yarima.	66
Ilustración 14 Resultados de oportunidades para las comunidades por la presencia de empresas petroleras.	66
Ilustración 15 Resultados de percepción de cambios en la calidad del aire y agua en Yarima. .	67
Ilustración 16 Resultados de conocimiento frente a los impactos en la salud de las personas por la industria petrolera en Yarima.	68
Ilustración 17 Resultados de beneficios directos por la presencia de pozos petroleros en la comunidad.	69
Ilustración 18 Resultados de percepción de la comunidad frente a la generación de conflictos en Yarima.	70
Ilustración 19 Resultados de migración de personal por falta de oportunidades.	71
Ilustración 20 Resultados de mejoramiento de calidad de vida por la presencia de empresas petroleras.....	71
Ilustración 21 Resultados de los cambios de actividad económica desde la llega de la industria del petróleo.	73
Ilustración 22 Resultados del favorecimiento de negocios por la industria del petróleo en Yarima.	74

Ilustración 23 Resultados de la afectación de los negocios por el abandono de la industria petrolera en Yarima.	75
Ilustración 24 Resultados de cambios en los ingresos por el abandono de pozos del campo Colorado en Yarima	75
Ilustración 25 Resultados de los impactos económicos de la economía local desde el inicio del abandono del campo Petrolero en Yarima.	76
Ilustración 26 Resultados de los cambios en precios de bienes y servicios en Yarima.	77
Ilustración 27 Resultados de afectación negativa en inversión y desarrollo en Yarima.	78
Ilustración 28 Ingresos por regalías 2010-2022 municipio San Vicente de Chucurí.	79

RESUMEN

Este trabajo analiza la situación que está afrontando la población del corregimiento de Yarima del municipio de San Vicente de Chucuri por el abandono definitivo del campo petrolero Colorado, que estuvo en operación por casi 100 años, el cual tuvo impactos positivos en la economía regional y negativos por la contaminación del agua, la degradación del suelo, la deforestación y la pérdida de biodiversidad. La finalización del ciclo productivo puede presentar una oportunidad para mitigar estos impactos ambientales y promover prácticas más sostenibles que originen nuevas oportunidades económicas.

Palabras clave: campo petrolero, abandono definitivo, ciclo productivo, impactos ambientales, impactos económicos, impactos sociales.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Colombia, la explotación de hidrocarburos ha sido una de las principales actividades económicas durante varias décadas. Sin embargo, con la finalización del ciclo productivo de los campos petroleros como el campo Colorado de la empresa Ecopetrol S.A., se generan una serie de riesgos e impactos negativos en términos sociales, ambientales y económicos que deben ser analizados para comprender su alcance y así definir estrategias de mitigación.

En términos sociales, la finalización del ciclo productivo del campo Colorado traerá consecuencias negativas para la comunidad del corregimiento de Yarima y las comunidades cercanas, se perderán empleos y proporcionalmente disminuirán los ingresos económicos de muchas familias y el desarrollo del municipio tendrá una desaceleración, esto llevará a la migración de sus habitantes hacia otras regiones, lo que puede generar una serie de problemas sociales como el desarraigo y la separación familiar, como se cita a continuación *“The negative socio-economic impacts of mine closure include: rise in poverty, deterioration of living standards, increase in outward migration, emergence of crime and diseases, decline in the provision of services, reduction in employment opportunities in the mine and second-order employment, loss of foreign exchange, limited money circulation, reduction of buying power and in the payment of rates by the community”*. (Siyongwana & Shabalala, 2019, pág. 1)

La inversión social se verá afectada significativamente, se tendrá una reducción de fondos para proyectos sociales, como programas educativos, programas de acceso a servicios de salud y programas de desarrollo comunitario. La salida de la empresa puede significar una reducción en la financiación disponible para estos proyectos, causando un impacto negativo en la calidad de vida de la comunidad como se cita en el siguiente artículo científico *“En una economía de mercado, el fracaso de una empresa puede provocar un efecto contagio que afecta de forma negativa al resto de empresas con las que aquélla tenía relación, ya que pierden un cliente o proveedor, e incrementa el desempleo, lo que afecta al consumo en general”*. (García Marí, Sánchez Vidal, & Tomaseti Solano, 2016, pág. 1)

En términos ambientales, la finalización del ciclo productivo del campo Colorado puede tener impactos negativos en el medio ambiente si no se cumplen con los requerimientos ambientales exigidos por las autoridades como la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales) y la CAS (Corporación Autónoma Regional de Santander). Por ejemplo, se pueden presentar residuos remanentes de hidrocarburos que en un futuro contaminarán el suelo y el agua, a su

vez se presentará la liberación de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático afectando los recursos naturales. También se identifican impactos positivos como la recuperación ambiental, la reforestación y la revegetalización de las áreas intervenidas que ayudarán a la compensación por el uso de esas tierras como se cita a continuación *“representan una oportunidad para prevenir, minimizar o mitigar los impactos ambientales causados por la industria petrolera por medio de la implementación de planes de manejo ambiental basados en buenas prácticas ambientales y la implementación de tecnologías ambientales costo eficientes”* (Calao Ruiz, 2007)

En términos económicos, la finalización del ciclo productivo de un campo petrolero puede generar una disminución en la inversión privada y una disminución en la producción de petróleo y gas, lo que puede tener un impacto en la economía del país. Es necesario implementar soluciones que minimicen el impacto negativo en la economía local, se debe fomentar la creación de nuevas empresas, apoyar otras industrias como el cultivo de palma y la ganadería, invertir en la formación y capacitación de los trabajadores, a fin de prepararlos para trabajar en otras áreas o sectores de la economía una vez se finalice el ciclo productivo del campo, el gobierno podrá aprobar incentivos fiscales y financieros para las nuevas empresas que se establezcan en la zona, también se puede promover la zona como un lugar atractivo para las inversiones nacionales o extranjeras, lo anterior se fundamenta en *“el desarrollo sustentable en la minería apunta hacia la necesidad de identificar, en las comunidades, las actividades alternativas que desarrollarán éstas cuando se agoten los recursos, y la posibilidad de la existencia de un modelo socio - económico que proteja el medio ambiente a través de compensaciones”* (Montero Peña & Salazar Perez, 2011). Adicionalmente, se puede considerar el desarrollo de infraestructura y turismo como una solución económica para atraer visitantes a la zona, esto puede ayudar a minimizar el impacto negativo en términos de empleo y a su vez, mejorar la calidad de la fuerza laboral.

Por lo tanto, es necesario realizar una investigación detallada de la industria y de la comunidad para comprender los riesgos e impactos negativos de la finalización del ciclo productivo del campo petrolero Colorado en Colombia y definir estrategias de mitigación para desarrollar soluciones que sean sostenibles, inclusivas y equitativas con las comunidades de influencia. *“To be considered as sustainable, a mining community needs to adhere to the principles of ecological sustainability, economic vitality and social equity”.* (Veiga, Scoble, & McAllister, 2009)

OBJETIVOS

Objetivo general

Evidenciar riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización de ciclo productivo del campo petrolero Colorado, Colombia.

Objetivos específicos

- Hacer una revisión de literatura de impactos sociales, ambientales y económicos por cierre de campos petroleros.
- Estimar riesgos e impactos asociados con la finalización del ciclo productivo del campo petrolero Colorado.
- Identificar impactos y proponer alternativas de gestión que minimicen los riesgos y mejoren calidad de vida de la comunidad.

JUSTIFICACIÓN

La explotación petrolera en el campo Colorado ubicado en el corregimiento Yarima, municipio de Vicente del Chucurí en el departamento de Santander inició en el año 1923 con la perforación de pozos para la extracción petrolera, desde ese momento, diferentes empresas estuvieron presentes en la región, encargadas de la explotación del yacimiento. Después de casi 100 años de explotación, Ecopetrol S.A., empresa actualmente a cargo de la operación del campo,

determina que por inviabilidad económica dar por terminado el ciclo productivo de los pozos y realizar el abandono técnico correspondiente.

En Colombia, el proceso de abandono técnico de pozos petroleros es una actividad que no se realizaba de manera responsable y reglamentada en el país, y esto sumado a los hechos sucedidos en Lisama, Barrancabermeja en marzo del 2018, donde un pozo abandonado de manera indebida provocó la contaminación por fluidos aceitosos en los ríos Caño Muerto, Sogamoso y Lisama, generando una fuerte afectación de la flora y fauna en la región, ocasionando la muerte de más de 2000 animales, afectando más de 1000 árboles y generando el desplazamiento de varias familias según informes de la ANLA. En consecuencia, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) estableció decretos para reglamentar y exigir a las empresas encargadas de la explotación petrolera a realizar el correcto abandono técnico de los pozos que no se van a continuar explotando. Según esto, las empresas petroleras tienen una responsabilidad social y ambiental en las zonas en las que operan, cuando un campo petrolero llega al final de su ciclo productivo, la empresa debe tomar medidas para mitigar los impactos ambientales y sociales que puedan surgir. Por lo tanto, es importante investigar el impacto que tendrá la finalización del ciclo productivo para poder tomar medidas adecuadas y responsables para reducir la afectación en la región. Otro impacto en la región se da por lo ambiental, donde la explotación afectó negativamente la región por la contaminación del agua, la degradación del suelo, la deforestación y la pérdida de biodiversidad, ahora con la finalización del ciclo productivo se debe se deben realizar labores para la recuperación de la flora y fauna de la región.

El aporte de esta investigación también está en la planificación y gestión para realizar el abandono y cierre del ciclo productivo de los pozos de la manera adecuada proporcionando información importante sobre los impactos potenciales y las mejores prácticas de gestión para abordar estos impactos. En regiones como esta, la comunidad desarrolla sus actividades alrededor de la actividad petrolera, es por esto, que se genera la necesidad de una adecuada y

organizada planeación para generar los mejores resultados y producir impactos positivos para generar beneficios a la región, reactivación económica a partir de nuevas actividades y también contribuye a las empresas petroleras para utilizar los resultados de la investigación para mejorar sus prácticas de sostenibilidad y responsabilidad social y ambiental. La investigación puede proporcionar información sobre cómo se pueden reducir los impactos negativos de la finalización del ciclo productivo y cómo se pueden maximizar los beneficios para la comunidad y la empresa y aplicarlo para las demás regiones donde suceden en contextos similares. Esta investigación está organizada bajo el campo de investigación ciencia tecnología e innovación, grupo de investigación Gestión ambiental y la línea de investigación de metodologías e instrumentos para la gestión ambiental y desarrollo sostenible.

MARCO TEÓRICO

De acuerdo con los antecedentes legales descritos en el informe de Valoración Integral de Riesgos y Plan de Acción Gasoducto Inactivo Colorado 6 y Pozo Inactivo Colorado 48 San Vicente de Chucurí. Informe 29 de marzo de 2019 (Ecopetrol, Valoración Integral de Riesgos y Plan de Acción Gasoducto Inactivo Colorado 6 y Pozo inactivo Colorado 48., 2019), se evidencia que durante los últimos 12 años se han presentado varios antecedentes jurídicos en la industria petrolera y de gas en Colombia. Gas Natural Fenosa ha sido condenada en dos ocasiones, en 2018, por explosiones que dejaron muertos y heridos debido a la acumulación de gas en viviendas y redes ilegales. Ecopetrol S.A., que tiene participación en Alcanos de Colombia, también ha sido condenada por una fuga de gas y explosión en Girardot en 2017, en la que murieron seis personas y dieciséis viviendas resultaron afectadas. Promigas fue condenada en 2017 por una fuga de gas relacionada con terceros y por un atentado contra el gasoducto de ballenas que dejó víctimas. Además, Ecopetrol S.A. fue responsable de dos accidentes fatales en 2010 y 2011, en los que murieron varias personas y se evacuaron a miles de personas. Los

procesos judiciales continúan en varios de estos casos (Ecopetrol, Valoración Integral de Riesgos y Plan de Acción Gasoducto Inactivo Colorado 6 y Pozo inactivo Colorado 48., 2019).

Los antecedentes ambientales indican que el 2 de marzo del 2018 se presentó una pérdida de contingencia del hidrocarburo en el pozo Lizama 158 ubicado entre los municipios de Barrancabermeja y San Vicente de Chucurí, departamento de Santander, que dejó como resultado el derrame de 530 BO (Barriles de aceite por sus siglas en inglés) que afectaron aproximadamente 21,73 Km de cuerpos de agua contaminada en el río Lizama y el caño La Muerte (Ecopetrol, Valoración Integral de Riesgos y Plan de Acción Gasoducto Inactivo Colorado 6 y Pozo inactivo Colorado 48., 2019)

Otro evento de seguridad de procesos (pérdida de contención) ocurrió en 13 de junio del 2018, en el que por el piting o rotura de la tubería de transporte de petróleo se contaminaron aguas del río Magdalena en los departamentos de Bolívar, Cantagallo y Santander, Puerto Wilches, con contaminación aproximada de 40 Km de aguas abajo del punto de falla (García et al., 2020).

Con base en el Sistema de Información de Licencias Ambientales (SILA) de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para el reporte de *incidentes operacionales como fugas, derrames, piting o colapsos en las líneas de conducción, fallas en las operaciones de pozos u otros en la actividad petrolera en Colombia*, se encontraron 2133 incidentes entre el año 2016 y el año 2022 (Tarazona, 2022). Estos hallazgos, a pesar de no ser en su totalidad sucesos con un impacto mayor, sí generan una alarma ante el elevado número de eventos de contingencia en la industria. De acuerdo con el reporte, los años con mayor frecuencia de incidentes fueron 2021 (437 incidentes), 2015 (con 420 incidentes) y 2020 (343 incidentes). No obstante, el aumento de casos reportados en los últimos años obedece en gran medida al fortalecimiento de las herramientas de reporte y a la mayor rigurosidad que se exige al reporte, atención y seguimiento de incidentes en la industria de hidrocarburos (Tarazona, 2022).

Dado que el presente proyecto se localiza en la región de San Vicente de Chucurí. Corregimiento Yarima, Vereda Los Colorados, se cuenta con el informe del 29 de marzo de 2019 en el cual los antecedentes describen una serie de eventos relacionados con la construcción y cierre de una red de gas natural en el corregimiento de Yarima, San Vicente de Chucurí, Colombia. Los eventos incluyen una reunión del Consejo Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres, la decisión de cerrar una válvula en un gasoducto inactivo, la recomendación de un plan de mitigación para la posible presurización del gasoducto inactivo, la toma de decisiones para presurizar el gasoducto inactivo, una solicitud de estudio y plan de acción de reducción de riesgos por parte del municipio, y presentaciones de valoración de riesgos y planes de acción en comités de crisis (Ecopetrol, Valoración Integral de Riesgos y Plan de Acción Gasoducto Inactivo Colorado 6 y Pozo inactivo Colorado 48., 2019).

De manera similar el campo La Cira Infantas, Ubicado a 22 kilómetros del distrito colombiano de Barrancabermeja en el corregimiento El Centro, es un campo petrolífero antiguo que lleva cerca de 100 años de producción y contaba con gran número de pozos abandonados debido a su baja rentabilidad. En 2005, Ecopetrol decidió desarrollar el campo y aumentar la producción, pero los pozos previamente abandonados presentaron problemas ambientales. Se implementó entonces una nueva metodología de abandono técnico de pozos, tomando en cuenta la información geológica, normatividad y costos, y se diseñó un plan para los pozos abandonados en la campaña del 2003 al 2008, implementándose en un pozo tipo representativo del Campo La Cira Infantas (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

De manera específica, el abandono de pozos de crudo y gas, conocido como P&A, se realiza para evitar la contaminación de formaciones vecinas y acuíferos de agua someros. Las operaciones de P&A son comunes en campos maduros donde la producción ha disminuido. Además, los pozos pueden cerrarse por daños mecánicos irreparables. A pesar de que antes las compañías evitaban los abandonos, ahora buscan un equilibrio frente al medio ambiente y

las regulaciones políticas y legales. Las causas de abandono de pozos son diversos y pueden ser por problemas en la producción, operacionales y razones económicas de rentabilidad (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017). Existen dos ramas de métodos de abandono de pozos: el convencional y el no convencional. El método convencional sigue la metodología del American Petroleum Institute y utiliza cálculos de volúmenes de lechada de cemento para taponar el pozo y evitar el flujo de fluidos de fondo. Por otro lado, el método no convencional es una metodología diferente a la recomendada por el API y puede tener dificultades para alcanzar los criterios necesarios para un abandono exitoso. Los cuatro criterios para lograr un buen aislamiento en un pozo abandonado son: la longitud, la sección transversal, el posicionamiento y la verificación. Los abandonos no convencionales pueden presentar mayores posibilidades y problemas operacionales para conseguir un buen aislamiento duradero que garantice el sello correcto del pozo (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

De acuerdo con la caracterización realizada por Gorbaneff y colaboradores (Gorbaneff, Uribe G, & Hoyos, 2012), en su trabajo de tesis, se presenta un análisis de los códigos de ética utilizados por empresas petroleras en Colombia, utilizando la clasificación de Gaumnitz y Lere, complementada con variables de otros autores. El estudio muestra que los códigos de ética son utilizados principalmente como documentos disciplinarios, redactados por los directivos y sin una referencia teórica explícita. Además, se observa que los códigos carecen de una orientación hacia la tercera generación de derechos humanos (derechos asociados con la solidaridad como el derecho al desarrollo, a la paz, a un medio ambiente sano, a la comunicación, entre otros), y que no establecen fechas de vencimiento ni de revisión obligatoria (Gorbaneff, Uribe G, & Hoyos, 2012). Esto puede ser un indicio de que las empresas no están enfocadas en la promoción de una cultura ética, sino en la prevención de conductas inapropiadas. Las empresas no están considerando adecuadamente su responsabilidad social y su impacto en la comunidad y el medio ambiente. Además, la falta de fechas de vencimiento y revisión obligatoria en los

códigos de ética sugiere que las empresas no están comprometidas con la mejora continua de su cultura ética (Gorbaneff, Uribe G, & Hoyos, 2012).

A pesar de lo descrito anteriormente en Colombia se cuenta con la Resolución 40230 de 2022 – Resolución 181495 de 2009, en donde “*se establecen los requisitos técnicos mínimos para llevar a cabo las operaciones de suspensión temporal, abandono temporal o definitivo de pozos, en desarrollo de actividades de exploración y producción de hidrocarburos*” (Ministerio de Minas y Energía, 2022); y señala que “*La supervisión y los procedimientos para el taponamiento permanente o temporal de pozos, las pruebas de integridad mecánica que se realicen y las características de los tapones, serán establecidos por el Ministerio de Minas y Energía*” (Ministerio de Minas y Energía, 2009). Sin embargo; Perdomo en su trabajo titulado *Debilidad normativa del abandono definitivo de pozos en la industria de hidrocarburos colombiana* (Perdomo, 2018); muestra que, debido a la falta de obligación de las empresas petroleras para llevar a cabo el proceso de abandono adecuado de los pozos y áreas operadas, lo que ha llevado a la presencia de pasivos ambientales en distintas zonas del país. Perdomo destaca la importancia de la etapa de abandono definitivo en la industria petrolera y cómo el incompleto abandono definitivo de infraestructura petrolera genera un riesgo potencial de afectación a los recursos naturales. También se mencionan otros procedimientos críticos para lograr la finalización adecuada de la industria petrolera, como el manejo y disposición final de residuos (Perdomo, 2018).

Algunos de los riesgos ambientales por exploración petrolera son descritos por Avellaneda (Avellaneda, 2005) el cual revisa un siglo de actividades petroleras en Colombia y sus consecuencias para los territorios indígenas, así como los riesgos ambientales y de salud, y analiza las repercusiones sociales y medioambientales de las distintas etapas de las actividades petroleras en el territorio del país, así como su vinculación histórica con procesos violentos relacionados con la explotación del petróleo desde el siglo XX. Avellaneda abre un

debate sobre la nueva política petrolera del Estado colombiano, en particular en lo que respecta a la exploración marítima y la falta de regulación ambiental para proteger los ecosistemas subyacentes a la licitación de áreas para los próximos años, sin tener en cuenta las obligaciones establecidas por el derecho internacional en la protección del medio marino. El artículo argumenta que la presencia de factores de riesgo ambiental relacionados con impactos directos o indirectos, sinérgicos o acumulativos, residuales o persistentes, hace que la actividad petrolera sea insostenible y, por lo tanto, ambientalmente insegura en términos de salud ambiental. El artículo también discute el marco legislativo que prevé el análisis de riesgos en el desarrollo de un proyecto o actividad que pueda generar peligro o daño a la salud humana, el medio ambiente y los recursos naturales (Avellaneda, 2005).

El gobierno y la Asociación Colombiana de Petróleo han firmado un pacto para facilitar la exploración de petróleo y obtener licencias para actividades ambientales. Ecopetrol ha ofrecido más de 30 millones de hectáreas de tierra para la exploración de petróleo, y el Ministerio de Ambiente ha disminuido las exigencias para las actividades de petróleo y gas. No hay legislación específica para proteger la vida marina en la industria petrolera costa afuera (Avellaneda, 2005). El gobierno colombiano ha descuidado tradicionalmente la gestión de los ecosistemas costeros y marinos, como lo demuestra la destrucción de los arrecifes de coral durante la construcción del proyecto Caño Limón - Coveñas en la década de 1980 (Avellaneda, 2005). La exploración sísmica realizada en la costa de La Guajira y el Golfo de Urabá a finales de los años 80 y principios de los 90 no tuvo estudios ambientales adecuados que determinaran el impacto de las ondas sonoras en la vida marina, especialmente en cetáceos y otros mamíferos marinos. La exploración también afecta negativamente a la industria pesquera, que sustenta a miles de comunidades pesqueras pobres en las costas del Atlántico y del Pacífico. Las convenciones internacionales priorizan la protección de la vida marina y los ecosistemas, pero el gobierno colombiano no las ha implementado de manera efectiva (Avellaneda, 2005).

Por otro lado, en Colombia de manera similar a la industria petrolera, las tendencias globales para reducir el consumo de carbón afectan las finanzas nacionales a medio plazo. Un análisis comparativo entre Colombia y Alemania muestra que las experiencias alemanas, especialmente en cuanto a los procesos de cambio estructural regional, pueden ser útiles para definir estrategias en el contexto colombiano (Aristizabal-H, Goerke-Mallet, Krestchmann, & Restrepo-Baena, 2023). La minería de carbón ha sido importante en la historia socioeconómica de Alemania y colombiana, pero la industria del carbón en Alemania cerró en 2018 debido a los altos costos de producción. El cierre ha planteado grandes desafíos que se han abordado mediante procesos de transformación estructural regional. El plan de Alemania para eliminar el carbón de su matriz energética ha intensificado los desafíos debido a la crisis energética en Europa y a la guerra entre Rusia y Ucrania iniciada en el 2021 (Aristizabal-H, Goerke-Mallet, Krestchmann, & Restrepo-Baena, 2023).

La disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y la inminente crisis global del agua han intensificado el discurso público sobre los derechos del petróleo y el agua, llevando a conflictos sobre los impactos del agua en la extracción y transporte del petróleo. Sale a la luz el debate de una dicotomía económico-ambiental, hacia discusiones matizadas en torno a la complejidad, la incertidumbre y el papel del conocimiento experto (Nourani Rinaldi, 2023) quien analiza dos controversias en Colombia en torno al petróleo y el agua: el derrame de petróleo de Lizama en 2018 y la fracturación hidráulica o "fracking". A través del análisis de discurso, el estudio muestra cómo los debates se alejan de una dicotomía económico-ambiental y se centran en temas de complejidad, incertidumbre y el papel del conocimiento experto. Los hallazgos sugieren que la coalición precautoria ha logrado el mayor nivel de coherencia en su discurso, trascendiendo las barreras políticas e ideológicas tradicionales al enfatizar cuestiones de democracia, incertidumbre científica y el principio precautorio (Nourani Rinaldi, 2023).

MARCO INSTITUCIONAL

La compañía desarrolladora del campo objeto de esta investigación y los pozos de abandono estudiados es Ecopetrol S.A., un grupo integrado de energía con enfoque principalmente hacia todos los eslabones de exploración, producción y venta de hidrocarburos (Upstream y Downstream), y que actualmente se ha diversificado con la adquisición de ISA, encargada del sector de la transmisión de energía eléctrica de grandes bloques la cual se ubica como la empresa número uno (1) de este sector en el país. La compañía presenta una economía mixta de carácter comercial y cuenta con operaciones activas en el sur, oriente, centro y norte del país, además de inversiones en el extranjero en Brasil, Perú, Norte América y Asia; la compañía tiene adicionalmente tres (3) puertos en la costa pacífica y caribe para la importación y exportación de combustibles.

A su vez la compañía se dedica principalmente a la exploración y explotación de hidrocarburos, entre ellos petróleo y gas, al igual que en la refinación de combustibles para ser comercializado como mayorista en el mercado colombiano y extranjero.

Sus actividades se relacionan con los siguientes códigos CIU: 0610 Enfocándose principalmente a la extracción de petróleo crudo, condensado y bitumen por perforación de pozos en yacimientos sobre tierra o plataformas marinas; la extracción de petróleo crudo puede incluir los procesos siguientes: decantación, desalinización, deshidratación, estabilización, eliminación de fracciones muy livianas y otros procesos, siempre y cuando no alteren las propiedades fundamentales del producto; la extracción de petróleo condensado; el drenado y separación de fracciones líquidas de hidrocarburos; la extracción de esquistos y arenas bituminosas y La producción de petróleo crudo de esquistos y arenas bituminosas.

Igualmente, bajo el código CIU 06205 la compañía desarrolla las siguientes actividades: La producción de hidrocarburos crudos en estado gaseoso (gas natural); la extracción de

hidrocarburos condensados; el drenaje y separación de las fracciones líquidas; la desulfuración del gas y la extracción de hidrocarburos líquidos, obtenidos a través de licuefacción o pirolisis. Tomado de (DIAN, 2022).

Teniendo en cuenta que Ecopetrol se encuentra en su cuarto (4) ciclo estratégico evaluado desde el año 2010 al 2020, la compañía se consolida fuertemente como un grupo empresarial con presencia y nacional e internacional, a su vez el grupo empresarial está integrado por dos grupos de empresas, controladas y no controladas de acuerdo por su participación accionaria, siendo Ecopetrol la empresa que encabeza el grupo (Serna, 2015)

Así las cosas, el grupo Ecopetrol se articula bajo 22 empresas subordinadas y no subordinadas, tal cual se ve en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1 Compañías y participación accionaria Ecopetrol 2021

Compañía	Participación accionaria de Ecopetrol
Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	51,41%
Ecopetrol América	100%
Ecopetrol Permian	100%
Ecopetrol Brasil	100%
Hocol	100%
Ecopetrol Costa Afuera	100%
Ecopetrol USA	100%
Equion	51%
Invercolsa	51,88%
ECP Hidrocarburos México	100%
Ecopetrol Perú	100%
Cenit	100%
ODL	65%
Bicentenario	56,97%
Ocensa	72,65%
ODC	73%
Reficar	100%
Esenttia	100%
Ecodiesel	50%
Ecopetrol Energía	100%
Ecopetrol Trading Asia	100%

Fuente: Tomado de Ecopetrol 2021 (Ecopetrol, Estructura Societaria, 2021)

Dada su naturaleza, Ecopetrol abastece el consumo de combustibles fósiles del 74,6% de la demanda del país (Gaviria González, 2022) y ocasionalmente importa combustibles para el abastecimiento nacional.

En el sector de hidrocarburos las operaciones de abandono de pozos se pueden originar por diversas decisiones, las cuales se enmarcan a continuación: según (Bedoya & Zapata, 2003), se

podrían dividir en tres, la primera podría derivarse de algún daño estructural del pozo debido a un colapso en este lo cual imposibilita su funcionamiento; la segunda obedece a que en la etapa de operación y mantenimiento este pozo se encuentra seco, y que las predicciones no fueron acertadas a la hora de su planeación; y la tercera obedece a que el pozo no es comercialmente explotable después de una evaluación técnica – económica.

Para el caso de estudio la compañía cuenta con una estrategia ambiental robusta, donde tiene como objeto desarrollar una operación en armonía y equilibrio con el medio ambiente, reduciendo progresivamente los potenciales impactos y riesgos para los ecosistemas, y generando valor ambiental en armonía con el entorno y los grupos de interés. (Ecopetrol, Estructura Societaria, 2021). Cumpliendo con esta premisa, se pretende atender el problema del abandono del campo Colorado, con la atención a los impactos generados y acumulados a lo largo de los 100 años de operación de este elemento en la región de estudio.

METODOLOGÍA

Primer nivel

Enfoque, alcance y diseño de la investigación

De acuerdo con el desarrollo de la investigación para la problemática de los riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización de ciclo productivo del campo petrolero Colorado, se plantea un enfoque cuantitativo con el fin de recopilar información que permita la valoración de los riesgos e impactos para la comunidad en mención. Para esto, el diseño de la investigación será de tipo no experimental y transversal.

El enfoque de la investigación se orientará en el análisis y la medición de los riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos en el corregimiento de yarima, municipio San Vicente de Chucurí, Colombia. Este enfoque permitirá la recolección y análisis de datos

numéricos para establecer relaciones entre variables y determinar el impacto en la población y el entorno. Se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Riesgos e impactos sociales: afectación de las comunidades locales, desempleo, pérdida de ingresos, migración, aumento de la pobreza y conflictos sociales.
- Riesgos e impactos ambientales: contaminación de suelos, aguas y aire, pérdida de biodiversidad, degradación de los ecosistemas y riesgos para la salud pública.
- Riesgos e impactos económicos: disminución de la producción y exportación de petróleo, pérdida de inversión y disminución de las reservas petroleras y de regalías para el municipio y departamento.

El diseño de la investigación se llevará a cabo a través de un enfoque cuantitativo, y se utilizará una metodología de encuestas para la recolección de datos. Se realizará un muestreo aleatorio estratificado para seleccionar una muestra representativa de la población afectada por la finalización del ciclo productivo del campo petrolero. Se utilizarán técnicas de análisis estadísticos para determinar la relación entre las variables y los riesgos e impactos identificados. Además, se hará una revisión de literatura para contextualizar la investigación y establecer una base teórica sólida.

Definición de Variables

Para la definición de variables, se determinaron tres (3) grupos para dividir de mejor manera información recopilada de la investigación desarrollada en la población segmento en el corregimiento de Yarima. Los grupos de división son ambiental, social y económico, los cuales están alineados al objetivo de la investigación para evidenciar riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización de ciclo productivo del campo petrolero Colorado. Según el enfoque de la investigación las variables serán de tipo cuantitativo

Para la variable ambiental se subdivide por definición conceptual en impacto flora y fauna, daño en suelos y contaminación de ríos - acuíferos, en los cuales se buscan evidenciar las afectaciones en la región por los años de explotación petrolera y los riesgos ambientales a mitigar para el área de investigación. En la variable social, se busca conocer información sobre empleabilidad de la población, calidad de vida de la población y migración social por falta de oportunidades, esto con el fin de comprender el impacto y los riesgos en los cuales se ve afectada la población con los cambios generados por el abandono técnico de la región.

Por último, la variable económica busca conocer la disminución de ingresos para la región por la reducción de ingresos para la región en base de las regalías, la reducción de ventas e ingresos para los comercios locales por la reducción de trabajadores en la región por parte de la explotación petrolera y la búsqueda de nuevas actividades económicas por parte de la comunidad para continuar con la explotación de los terrenos en base a nuevas actividades como lo pueden ser la ganadería, la agricultura, la silvicultura, etc. En la Tabla 2, se puede ver la consolidación por variable definición conceptual, definición operacional la dimensión y los instrumentos de recolección para el avance de la investigación.

Tabla 2 Variables de investigación.

Variable (grupo)	Tipo (Cuantitativa: CT)	Definición conceptual (nombre de la variable)	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento de recolección
Ambiental	CT	Contaminación de ríos y acuíferos	% de contaminación	Unidades en ríos/ Volumen/ ppm/	Depende del parámetro a medir
Ambiental	CT	Daño en suelos	% área afectada	Hectáreas/mg/kg	Depende del parámetro a medir
Ambiental	CT	Perdida de hectáreas en bosque	% área afectada	Hectáreas/mg/kg	Depende del parámetro a medir
Ambiental	CT	Impacto flora y fauna	% de Perdida	Unidades/Hectáreas	Depende del parámetro a medir
Social	CT	Empleabilidad de la población	Disminución de empleo asociado	%	Encuesta
Social	CT	Calidad de vida de la población	Subjetiva	No aplica	Encuesta

Variable (grupo)	Tipo (Cuantitativa: CT)	Definición conceptual (nombre de la variable)	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento de recolección
Social	CT	Migración social por falta de oportunidades	% Migración	%	Encuesta
Económica	CT	Cambio de actividad económica de la región (agricultura, silvicultura, ganadería, etc.)	% de crecimiento	COP/USD	Encuesta
Económica	CT	Ventas en el sector aledaño (tiendas, puestos, quioscos, etc.)	% de pérdida	COP/USD	Encuesta
Económica	CT	Ingresos por regalías (Gubernamental/Departamental)	% de variación	COP/USD	Investigativo

Fuente: Elaboración propia

Población y Muestra

El corregimiento de Yarima es una región ubicada en el municipio de San Vicente de Chucurí, en el departamento de Santander, cerca de la ciudad de Barrancabermeja. Esta zona se encuentra a una altura que oscila entre los 200 y 500 metros sobre el nivel del mar, y cuenta con un clima cálido y húmedo, con una temperatura promedio de 28°C. Según el censo de población y vivienda realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en 2018, en el municipio de San Vicente de Chucurí se censaron 33.133 personas¹ y para el año 2023 se tiene una proyección de 34.468 habitantes (DANE, 2023). De acuerdo con las fuentes consultadas por internet, en noticias de inauguración de obras viales y acueductos el corregimiento de Yarima tenía una población aproximada de 3.000 habitantes².

El corregimiento de Yarima se destaca por su producción agrícola y ganadera, siendo el cultivo de palma de aceite una de las principales fuentes de ingreso de la región. La palma de aceite es cultivada en grandes plantaciones y es utilizada en la producción de aceite, un producto muy importante para la economía de la región. Además de la palma de aceite, la

¹ DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018-Colombia <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018/cuantos-somos> <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>

² Noticias de obras viales y acueducto inaugurados por el gobernador de Santander <https://www.youtube.com/watch?v=4gT5ZsPzxGM>
<https://historico.santander.gov.co/index.php/prensa/item/4953-acueducto-del-corregimiento-de-yarima-en-el-que-fueron-invertidos-3-027-millones-fue-inaugurado-por-el-gobernador>. Alcaldía de San Vicente de Chucurí. (s.f.). Yarima. Recuperado de <http://www.sanvicentedechucuri-santander.gov.co/index.shtml?apc=KjF1--&m=f#rec9>

ganadería es otra actividad económica importante, con la producción de leche y carne que se destinan tanto para el consumo local y regional.

Es importante destacar que la región de Yarima tiene una fuerte influencia petrolera por tener el campo Colorado de Ecopetrol S.A., además por estar cerca de la ciudad de Barrancabermeja, que es una de las principales ciudades petroleras de Colombia. Esta actividad ha tenido un impacto en la economía y la vida de la región, y ha generado empleo y desarrollo económico en la zona.

La población de Yarima es principalmente rural, con una cultura y tradiciones arraigadas en la agricultura y la vida campesina. Los habitantes de la región son amables y hospitalarios, y reciben a los visitantes con los brazos abiertos. La música, el baile y la gastronomía son elementos importantes de la cultura local, y se pueden disfrutar en las fiestas y festivales que se celebran a lo largo del año. Los visitantes pueden encontrar alojamiento en fincas o casas de campo, donde podrán disfrutar de la tranquilidad y la belleza del paisaje. Las actividades al aire libre son populares en la región, como el senderismo, la observación de aves y la pesca. También se pueden realizar recorridos por las plantaciones de palma de aceite, donde se aprenderá acerca del proceso de producción del aceite de palma y su importancia para la economía local.

Muestreo probabilístico para los riesgos e impactos económicos y sociales

Para realizar un muestreo probabilístico de una población finita como la es el corregimiento de Yarima es necesario definir el marco muestral, elegir la técnica de muestreo, determinar el tamaño de la muestra, seleccionar la muestra y realizar el estudio.

El marco muestral son los 3000 habitantes de la población del corregimiento de Yarima; sin embargo, por el tipo de variable o grupo, se debe hacer un muestreo independiente por temática ambiental, social y económica. Para determinar el tamaño de la muestra se deben considerar varios factores, como el nivel de confianza deseado, la precisión requerida y la

variabilidad de la población. Se realizaron distintos muestreos para cada tipo de variable, teniendo en cuenta que la población impactada no es la misma en cada una de las áreas.

Para el grupo de empleabilidad solo se tendrá en cuenta la población que trabaja directa e indirectamente en la industria petrolera que son 100 personas aproximadamente, este grupo está compuesto por el personal que trabaja en las operaciones del campo Colorado y por el personal que es contratado por prestación de servicios para las actividades de obras civiles y abandono técnico de pozos, estas últimas son puntuales dependiendo de las actividades programadas. Tamaño de la muestra para empleabilidad: 13,32 personas.

Tabla 3 Cálculo tamaño de muestra Finita- Empleabilidad

Parametro	Insertar Valor
N	100
Z	1,960
P	99,00%
Q	1,00%
e	5,00%

Tamaño de muestra

"n" =

13,32

Fuente: Archivo Excel (fbombab, 2018).

Para el muestreo probabilístico de calidad de vida de la población y migración social por falta de oportunidades se tendrá en cuenta el número de habitantes que son afectados por el cambio de industria, en este caso 250 personas aproximadamente. Para este grupo de personas que viven de la industria petrolera sus ingresos económicos no serán los mismos, no recibirán los mismos beneficios que se reciben en esta industria, así mismo para las personas que prestan servicios, tendrán que migrar a otras ciudades en búsqueda de nuevas oportunidades. Este grupo de personas tienen la oportunidad de cambiarse al cultivo de la palma, minería, agricultura o trabajos de obras civiles, los cuales no serán remunerados de la misma manera, algunos por su calidad de vida estarán obligados a buscar oportunidades laborales petroleras en otras áreas del municipio de San Vicente de Chucurí o en municipios

cercanos como Barrancabermeja, Sabana de Torres, Puerto Wilches y Carmen de Chucurí.

Tamaño de la muestra para calidad de vida y migración social: 36,58 personas.

Tabla 4 Cálculo tamaño de muestra Finita – Calidad de vida y migración.

Parametro	Insertar Valor
N	250
Z	1,960
P	50,00%
Q	50,00%
e	15,00%

Tamaño de muestra

"n" =

36,58

Fuente: Archivo Excel (fbombab, 2018).

Para la variable de cambio de la actividad económica se tomó un tamaño de la población basado en que en la región se generaban 100 empleos directos e indirectos con la actividad de explotación petrolera, y a su vez esta suspensión afecta a su núcleo familiar. De tal manera se estima 400 habitantes para la población y deben generar la búsqueda de nuevas actividades como se menciona en calidad de vida y migración. Tamaño de la muestra para cambio de actividad económica: 38,66 personas.

Tabla 5 Cálculo tamaño de muestra Finita- Cambio de actividad económica.

Parametro	Insertar Valor
N	400
Z	1,960
P	50,00%
Q	50,00%
e	15,00%

Tamaño de muestra

"n" =

38,66

Fuente: Archivo Excel (fbombab, 2018).

Teniendo en cuenta que de todo el tamaño de la población no se dedica al sector de ventas, se determina un muestreo sobre una parte de la población total esto con el fin determinar y conocer la afectación a esta parte de la comunidad y como se reduce los ingresos por ventas. Tamaño de la muestra para ventas en el sector aledaño: 14,02 personas.

Tabla 6 Cálculo tamaño de muestra Finita – Ventas en el sector aledaño.

Parametro	Insertar Valor
N	150
Z	1,960
P	90,00%
Q	10,00%
e	15,00%

Tamaño de muestra

"n" =

14,02

Fuente: Archivo Excel (fbombab, 2018).

Muestreo probabilístico para los riesgos e impactos ambientales

Para realizar un análisis de parámetros de agua, suelo y aire, es recomendable utilizar técnicas de muestreo probabilístico que permitan obtener una muestra representativa de la población de interés.

- Muestreo aleatorio simple: Esta técnica de muestreo es útil para obtener una muestra representativa de la población total, lo que permite obtener resultados precisos y confiables. Se seleccionarían al azar elementos de la población, por ejemplo, puntos de muestreo para la calidad del agua, suelo y aire.
- Muestreo estratificado: Si se conocen las diferencias entre las subpoblaciones, como áreas con diferentes niveles de actividad petrolera, se puede aplicar un muestreo estratificado para asegurar que todas las subpoblaciones estén representadas en la muestra. Por ejemplo, se pueden dividir las zonas en el área de influencia del campo petrolero en subpoblaciones según la cercanía al campo, y aplicar un muestreo aleatorio simple dentro de cada subpoblación.
- Muestreo por conglomerados: Si la población de interés es grande y se encuentran zonas con características similares, como terrenos con diferentes usos, puede ser útil aplicar un muestreo por conglomerados. Por ejemplo, se pueden dividir los terrenos en la zona de estudio en conglomerados según el uso del suelo y seleccionar aleatoriamente algunos de estos conglomerados y tomar muestras de agua, suelo y aire dentro de cada uno.

En general, se recomienda utilizar una técnica de muestreo que permita obtener una muestra representativa de la población total. Además, es importante tener en cuenta que el tamaño de la muestra debe ser suficiente para obtener resultados precisos y confiables.

Segundo nivel

Se realizarán escenarios de caracterización de cada medio abiótico, biótico y socioeconómico a partir de cada uno de los componentes que lo integran. De forma complementaria, se llevarán a cabo encuestas, donde la participación de la muestra representativa cubra social y administrativamente las personas pertenecientes a la unidad territorial del área de influencia del proyecto en mención; para este caso el corregimiento de Yarima

La metodología evidenciará cuantitativamente aplicando las fórmulas de muestreo de estadística descriptiva la cual sigue una estructura propuesta por la bibliografía citada en el presente documento, enfocados a la indagación en el uso y usuarios de los recursos naturales y aspectos relevantes socioeconómicos presentes en el área de estudio, así como la dependencia y la tendencia de cada uno.

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Tabla 7 Muestra, Instrumento de recolección y técnica de análisis.

Variable (grupo)	Tipo (Cuantitativa: CT)	Definición conceptual (nombre de la variable)	Definición operacional	Dimensiones	Población	Muestra	Instrumento de recolección	Técnica de análisis
Ambiental	CT	Contaminación de ríos y acuíferos	% de afectación acorde al cumplimiento de límites establecidos normativos por cada parámetro estudiado	Unidades en ríos/ Volumen	Puntual - Dirigida	Puntual (3 a 7 puntos)	Depende del parámetro a medir	Estadística descriptiva - comparativa
Ambiental	CT	Daño en suelos	% de afectación acorde al	Hectáreas/mg /kg	Puntual - Dirigida	Puntual (3 a 7 puntos)	Depende del parámetro a medir	Estadística descriptiva - comparativa

Variable (grupo)	Tipo (Cuantitativa: CT)	Definición conceptual (nombre de la variable)	Definición operacional	Dimensiones	Población	Muestra	Instrumento de recolección	Técnica de análisis
			cumplimiento de límites establecidos normativos por cada parámetro estudiado					
Ambiental	CT	Perdida hectáreas en bosques	% de afectación acorde al cumplimiento de límites establecidos normativos por cada parámetro estudiado	Hectáreas/mg /kg	Puntual - Dirigida	Puntual (3 a 7 puntos)	Depende del parámetro a medir	Estadística descriptiva - comparativa
Ambiental	CT	Impacto flora y fauna	% de afectación acorde al cumplimiento de límites establecidos normativos por cada parámetro estudiado	Unidades/Hectáreas	Puntual - Dirigida	Puntual (3 a 7 puntos)	Depende del parámetro a medir	Estadística descriptiva - comparativa
Social	CT	Empleabilidad de la población	Disminución de empleo asociado	%	150	37	Encuesta	Estadística descriptiva
Social	CT	Calidad de vida de la población	Subjetiva	No aplica	250	29	Encuesta	Estadística no paramétrica
Social	CT	Migración social por falta de oportunidades	% Migración	%	250	29	Encuesta	Estadística descriptiva
Económica	CT	Cambio de actividad económica de la región (agricultura, silvicultura, ganadería, etc.)	% de crecimiento	COP/USD	250	46	Encuesta	Estadística descriptiva
Económica	CT	Ventas en el sector aledaño (tiendas, puestos, quioscos, etc.)	% de pérdida	COP/USD	100	58	Encuesta	Estadística descriptiva
Económica	CT	Ingresos por regalías (Gubernamental/Departamental)	% de Variación	COP/USD	No aplica	No aplica	Investigativo	Variables basadas en reportes

Fuente: Elaboración propia

Para las variables del grupo ambiental, el monitoreo alrededor de los pozos petroleros se lleva a cabo para evaluar el impacto potencial de la actividad petrolera en el agua, el suelo y el aire, y para asegurarse de que se cumplan los estándares y norma ambientales de referencia vigente. Para el caso específico de este proyecto se aplicará el Decreto 1076 de 2015 (Sector Ambiente y Desarrollo, 2015) en cuanto a los límites permisibles de calidad de agua, para el caso de la calidad de suelos de acuerdo con el Protocolo Louisiana 29 B del 2010 (Louisiana, 2010). Se deberá evaluar las condiciones fisicoquímicas, bacteriológicas e hidrobiológicas, de los cuerpos de agua afectables, agua superficial, aguas subterráneas y de los suelos por la contingencia presentada durante el desarrollo de las actividades y procesos del pozo del campo Colorado. La forma en que se realiza el monitoreo y se determina el tamaño de la muestra puede variar dependiendo de la ubicación y las regulaciones locales, pero generalmente sigue algunos pasos comunes.

Para las variables sociales y económicas, la evaluación del impacto en el corregimiento de Yarima después del abandono de un pozo petrolero implica un análisis exhaustivo de los efectos que la actividad petrolera y el posterior abandono del pozo han tenido en la comunidad y en la economía local.

En la Identificación de parámetros clave: se analizaron parámetros clave que se deben monitorear, como la calidad del agua, la composición del suelo y la calidad del aire (para este proyecto en particular no se realizará monitoreo aire) (ICONTEC, NTC 3656, 1994) (ICONTEC, NTC 5667-10, 1996) (ICONTEC, NTC 5667-10, 2022). Estos parámetros se seleccionan en base a la legislación y regulaciones nacionales, así como a las características específicas del área donde se encuentra el pozo petrolero.

Así mismo, se identifican los indicadores sociales y económicos relevantes que pueden haber sido afectados por la actividad petrolera y el abandono del pozo. Esto puede incluir indicadores

como el empleo, los ingresos, la salud, la educación, la vivienda, la infraestructura, la seguridad y otros aspectos sociales y económicos importantes para la comunidad.

Establecimiento de puntos de muestreo (variables ambientales): Se determinan los puntos de muestreo alrededor del pozo petrolero, en función del área que se desea monitorear y los parámetros identificados en el paso anterior. Esto puede incluir la instalación de estaciones de monitoreo en lugares estratégicos, como arroyos, ríos, pozos de agua, puntos de descarga de aguas residuales, sitios de suelo y estaciones de monitoreo de aire (para este proyecto en particular no se realizará monitoreo aire).

Diseño del plan de muestreo ambiental: Se diseña un plan de muestreo que especifica la frecuencia y la cantidad de muestras que se deben recolectar en cada punto de muestreo. El tamaño de la muestra se determina teniendo en cuenta factores como el nivel de confianza deseado, la variabilidad esperada en los resultados y los recursos disponibles para el monitoreo. Pueden utilizarse enfoques estadísticos para calcular el tamaño de la muestra adecuado para obtener resultados representativos y confiables. Específicamente el proyecto evaluará puntos de monitoreo dirigidos dado a que se conoce las zonas posibles que puedan llegar a tener algún tipo de afectación, por ejemplo, para la variable agua, se realizará un monitoreo puntual de agua subterránea en cinco (5) puntos localizados en el área de influencia e igualmente para la variable suelo se debe monitorear como mínimo 3 puntos en el área de influencia.

Recolección de muestras ambientales: Una vez que se ha establecido el plan de muestreo, se procede a la recolección de muestras de agua, suelo en los puntos de muestreo identificados. Las muestras se recolectan siguiendo procedimientos estandarizados y utilizando equipos y contenedores adecuados para cada tipo de muestra. Para las variables sociales y económicas se identifican los indicadores sociales y económicos relevantes que pueden haber sido afectados por la actividad petrolera y el abandono del pozo. Esto puede incluir indicadores como el empleo,

los ingresos, la salud, la educación, la vivienda, la infraestructura, la seguridad y otros aspectos sociales y económicos importantes para la comunidad.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

VARIABLES DEL GRUPO AMBIENTAL

Variable impacto contaminación de ríos y acuíferos

La evaluación de parámetros fisicoquímicos en suelos, sedimentos y aguas superficiales después del abandono de un pozo petrolero Colorado es fundamental para determinar el impacto ambiental y la posible contaminación que pueda haber ocurrido en la región de Yarima y sus alrededores como resultado de las operaciones petroleras. Algunos de los parámetros que se pudieron evaluar son los siguientes:

pH del suelo y del agua: El pH puede indicar la presencia de sustancias ácidas o alcalinas que pueden ser perjudiciales para la vida acuática y la vegetación. **Contenido de metales pesados:** Los metales pesados como el plomo, el mercurio, el cadmio y el arsénico son comunes en los desechos petroleros y pueden ser tóxicos para los organismos vivos. **Contaminantes orgánicos:** Se deben analizar compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y otros productos químicos derivados del petróleo para evaluar su presencia en el suelo, sedimentos y aguas superficiales. **Contenido de nutrientes:** Es importante evaluar los niveles de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, ya que el exceso de estos nutrientes puede causar problemas de eutrofización en los cuerpos de agua cercanos al pozo abandonado. **Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es un indicador importante de la calidad del agua, ya que los bajos niveles de oxígeno pueden ser perjudiciales para los organismos acuáticos. **Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica puede indicar la presencia de sales y otros contaminantes en el agua. **Turbidez:** La turbidez se refiere a la claridad del agua y puede indicar la presencia de partículas suspendidas, sedimentos y otros

materiales en suspensión. **Contenido de materia orgánica:** La materia orgánica presente en los suelos y sedimentos puede influir en la calidad del agua y afectar los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos.

Es importante resaltar que para aguas superficiales se tiene presente los Límites decreto 1076 del 2015 Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible; para sedimentos los Límites protocolo de Louisiana 29b - capítulo 3, así como los Límites decreto 1076 del 2015 Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible - Art. 2.2.6.2.3.6. - ANEXO 1 y para suelos los Límites protocolo de Louisiana 29b; la información se encuentra en las tablas de resultados.

Para la evaluación del impacto causado por la explotación petrolera en el corregimiento de Yarima - campo petrolero Colorado para las variables ambientales; se determinaron los parámetros señalados en la Tabla 8, obteniendo los siguientes resultados (datos secundarios: Reportes de Resultados de Laboratorio de MSC Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. No.2000779 (agua superficial), No. 2000822 (sedimento), No. 2000747, No.2000748, No.2000750 (suelo) para el Pozo Colorado 16; y Resultados de Laboratorio de MSC Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. No.2000782 (agua superficial), No. 2000784 (sedimento), No. 2000744, (suelo) para el Pitting Línea 4.):

Pozo Colorado

Convenciones: N.E.: No establecido; F- Ar - A: Franco Arcilla Arenoso; F- Ar: Franco Arcilloso; Ar: Arcilloso; N.A.: No aplica; S.P.V.: Sin película visible.

Agua superficial

Tabla 8 Parámetros Físicoquímicos estudiados en Agua superficial

PARÁMETRO	UNIDADES	RÍO FUEGO (100m A. ARRIBA)	RÍO FUEGO (100m A. ABAJO)	RÍO FUEGO (500m A. ABAJO)	LÍMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
pH	Unidades	7,5	8,1	7,8	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0

PARÁMETRO	UNIDADES	RÍO FUEGO (100m A. ARRIBA)	RÍO FUEGO (100m A. ABAJO)	RÍO FUEGO (500m A. ABAJO)	LÍMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
OXIGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	5,0	5,0	6,0	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg Cl-/L	<4,0	<4,0	<4,0	250	250	N.E.
SULFATOS	mg SO ₄ -2/L	30,9	31	31,5	400	400	N.E.
FLUORUROS	mg F-/L	<0,500	<0,500	<0,500	N.E.	N.E.	N.E.
SULFUROS	mg S-2/L	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.
CIANURO TOTAL	mg CN/L	<0,100	<0,100	<0,100	0,2	0,2	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	33,0	28,0	27,0	N.E.	N.E.	N.E.
DBO ₅	mg O ₂ /L	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O ₂ /L	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg As/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,05	0,05	0,1
BARIO	mg Ba/L	<0,60	<0,60	<0,60	1	1	N.E.
CADMIO	mg Cd/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
ZINC	mg Zn/L	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	15
COBRE	mg Cu/L	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
CROMO TOTAL	mg Cr/L	<0,11	<0,11	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	1,33	0,952	0,933	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	N.E.
NIQUEL	mg Ni/L	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg Ag/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg Pb/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
SELENIO	mg Se/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,01	0,01	0,02
VANADIO	mg V/L	<0,10	<0,10	<0,10	N.E.	N.E.	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)		<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	S.P.V.		N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	%	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.	N.E.	N.E.
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES - HAPS	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	N.E.	N.E.	N.E.
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES - BTEX	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	RÍO FUEGO (100m A. ARRIBA)	RÍO FUEGO (100m A. ABAJO)	RÍO FUEGO (500m A. ABAJO)	LÍMITES DECRETO 1076 DEL DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
COMPUESTOS ORGÁNICOS HALOGENADOS ADSORBIBLESAOX	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	N.E.	N.E.	N.E.

Adaptado de (MSC No 2000779, 2020)

Se tomaron tres puntos de muestreo a diferentes distancias del río Fuego; para el parámetro de pH, se observa cumplimiento de los límites establecidos en el decreto 1076/2015, estos valores están relacionados al contenido de sustancias como los carbonatos y bicarbonatos en los lechos del cuerpo de agua de forma natural. El oxígeno disuelto es esencial para los organismos acuáticos que necesitan oxígeno, y su cantidad se ve afectada por factores como la temperatura del agua, la presión atmosférica, la presión parcial del gas y la salinidad. Si la fauna acuática consume oxígeno más rápido de lo que se reemplaza desde la atmósfera, puede haber una competencia por el oxígeno y afectar la distribución de la vida acuática. La falta de oxígeno suele ocurrir cuando hay una alta productividad biológica y un intercambio de agua limitado. De acuerdo con los niveles de oxígeno disuelto encontrados en los tres puntos estudiados en este proyecto (5 mg O₂/L y 6 mg O₂/L), indican un intercambio aceptable entre el aire y el agua. Esto se debe a factores como la difusión, la turbulencia moderada, la producción de oxígeno por la flora acuática, las precipitaciones y la temperatura ambiente.

Los niveles de cloruros, sulfatos, sulfuros, fluoruros, cianuro y fenoles en aguas superficiales revelan la presencia de contaminantes y potenciales impactos ambientales, claramente derivados de la actividad petrolera en el pozo petrolero Colorado; como indican los resultados de la tabla 9, se observa que los niveles se encuentran por debajo de los límites permitidos; para aquellos que lo establece y muy por debajo del límite de cuantificación por la técnica analítica utilizada; indicándonos que en los tres puntos de muestreo no hubo una afectación toxicológica

por presencia de estas sales. De la misma manera se observa que los resultados por sólidos sedimentales son bastante bajos y los suspendidos totales (partículas de mayor tamaño a los $0,20\ \mu\text{m}$) entre 27 y 33 mg/L indicando poca turbidez favoreciendo procesos fotosintéticos en los cuerpos de agua, aun así, después de la explotación y abandono del pozo.

Otros parámetros importantes estudiados son el DQO5 o demanda bioquímica de oxígeno y el DBO o demanda química de oxígeno, relacionados para medir la cantidad de materia orgánica presente en una muestra de agua; la DQO5 proporciona una medida de la carga total de materia orgánica y sustancias químicas oxidables, mientras que la DBO se centra en la materia orgánica biodegradable específicamente. Se observa que ambos parámetros se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica usada; esto sugiere que no hay impacto en los cuerpos de agua debido a la baja cantidad de materia orgánica presente, lo que lleva a la conclusión de que los cuerpos de agua analizados muestran un nivel adecuado de capacidad de biodegradación.

Para el caso de los metales, metaloides (As) y no metales (Se) que se analizaron se observa que en los tres puntos monitoreados no existe presencia de los mismos evidenciando que no existe riesgo por presencia de estos elementos, no hay alteración de la vida acuática, ni contaminación de este ecosistema. Los metales pueden acumularse en los tejidos de los organismos vivos y causar efectos adversos en la salud, como daño renal, neurológico y cancerígeno, los metaloides, pueden tener propiedades tóxicas o dañinas para los organismos acuáticos y la salud humana en altas concentraciones. Así mismo en la tabla 9 podemos observar las cantidades de hierro encontrado, variando de 0,933 hasta 1,33 mg/L en los tres puntos de muestreo aparentemente por las propiedades naturales de la zona; sin exceder ningún nivel establecido por el decreto, ya que no se encuentra normado.

Las pruebas de hidrocarburos aromáticos polinucleares, compuestos orgánicos volátiles y halogenados, e hidrocarburos totales nos indican niveles por debajo de los límites de

cuantificación de las técnicas utilizadas; indicándonos que las aguas monitoreadas tienen una calidad óptima para un ecosistema acuático. Sin embargo; niveles altos de grasas y aceites pueden crear una película en la superficie del agua que reduce la entrada de luz solar y el intercambio de oxígeno; igualmente la presencia de los hidrocarburos son tóxicos para la vida acuática y pueden tener efectos adversos en los ecosistemas y en la salud humana.

Sedimento

Tabla 9 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Sedimento

PARÁMETRO	UNIDADES	RÍO FUEGO (100m A.ARRIBA)	RÍO FUEGO (100m A.ABAJO)	RÍO FUEGO (500m A.ABAJO)	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
MATERIA ORGÁNICA	%	0,12	0,01	0,39	5,0-9,0
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	0,07	0,10	0,22	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/kg	12 410	11 420	11 010	250
BARIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	20 000
PLOMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	500
CROMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	500
COBRE TOTAL	mg/kg	<10	<10	<10	N.E.
ZINC TOTAL	mg/kg	22,3	27,4	20,2	500
NÍQUEL TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	N.E.
CADMIO TOTAL	mg/kg	<8,3	<8,3	<8,3	10
MERCURIO TOTAL	mg/kg	<0,100	<0,100	<0,100	10
ESTAÑO	mg/kg	<1 000	<1 000	<1 000	N.E.
VANADIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	N.E.
GRASAS Y ACEITES	%	<0,05	<0,05	<0,05	<1
HIDROCARBUROS TOTALES	%	<0,02	<0,02	<0,02	N.E.
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES - HAPS	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	N.E.

Adaptación de (MSC No 2000822, 2020)

Tabla 10 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Sedimento -2

PARÁMETRO	UNIDADES	RÍO FUEGO (100m A.ARRIBA)	RÍO FUEGO (100m A.ABAJO)	RÍO FUEGO (500m A.ABAJO)	LIMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
TCLP - MATERIA ORGÁNICA	%	<7,50	<7,50	<7,50	N.E.
TCLP - CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	<2,00	<2,00	<2,00	N.E.
TCLP - HIERRO TOTAL	mg Fe/L	1,12	0,944	0,812	N.E.
TCLP - BARIO	mg Ba/L	<1	<1	<1	100,0
TCLP - PLOMO	mg Pb/L	<0,5	<0,5	<0,5	5,00
TCLP - CROMO	mg Cr/L	<0,02	<0,02	<0,02	5,0
TCLP - COBRE	mg Cu/L	<0,20	<0,20	<0,20	N.E.
TCLP - ZINC	mg Zn/L	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.
TCLP - NÍQUEL	mg Ni/L	<0,20	<0,20	<0,20	N.E.
TCLP - CADMIO	mg Cd/L	<0,5	<0,5	<0,5	1,00
TCLP - MERCURIO	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,2
TCLP - ESTAÑO	mg Sn/L	<5,00	<5,00	<5,00	N.E.
TCLP - VANADIO	mg V/L	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.
TCLP - GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.
TCLP - HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.

Adoptado de (MSC No 2000822, 2020)

De la misma manera se tomaron tres puntos de muestreo a diferentes distancias del río Fuego para evaluar contaminantes en sedimentos. La presencia de materia orgánica y carbono total en sedimentos es indicativa de la cantidad de material orgánico acumulado en el lecho de los cuerpos de agua. Estos parámetros son importantes para evaluar la calidad del sedimento y comprender los procesos biogeoquímicos en los ecosistemas acuáticos. La materia orgánica en el sedimento puede influir en la calidad del agua, la salud de los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad de nutrientes, además, puede ser un indicador de la actividad biológica, la productividad y la presencia de contaminantes en el medio ambiente acuático. El carbono total en sedimentos es la suma de todo el carbono presente en forma orgánica e inorgánica en el

sedimento; cómo se puede observar en la tabla 10 y 11 estos valores están por debajo de los límites establecidos por el protocolo de Louisiana 29 B e no detectables por la técnica utilizada. Igualmente, que, en aguas superficiales, los niveles de metales, metaloides y no metales analizados fue muy inferior al límite de cuantificación y al establecido normativamente; con el mismo comportamiento se encontraron los resultados de hidrocarburos totales, grasas e hidrocarburos aromáticos polinucleares indicando que no existe contaminación alguna en el ecosistema acuático por la actividad petrolera desarrollada durante años en esta región.

Pitting Línea 4

Agua superficial

Tabla 11 Parámetros Físicoquímicos estudiados en Agua superficial

PARÁMETRO	UNIDADES	B4	C3	D2	QUEBRADA NN (100m A.ARRIBA)	QUEBRADA NN (100m A.ABAJO)	QUEBRADA NN (500m A.ABAJO)	LIMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
pH	Unidades	8,01	8,01	7,91	7,3	7,3	7,3	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0
OXIGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	6,0	8,0	6,0	6,0	8,0	6,0	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg Cl-/L	<4,00	<4,00	<4,00	5,26	<4,00	<4,00	250	250	N.E.
SULFATOS	mg SO ₄ -2/L	250	258	253	437	281	204	400	400	N.E.
FLUORUROS	mg F-/L	<0,500	<0,500	<0,500	0,58	<0,500	<0,500	N.E.	N.E.	N.E.
SULFUROS	mg S-2/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.
CIANURO TOTAL	mg CN/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,2	0,2	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	12,0	15,0	18,0	7,0	4,0	5,0	N.E.	N.E.	N.E.
DBO5	mg O ₂ /L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O ₂ /L	<20	<20	<20	<20	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg As/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,05	0,05	0,1

PARÁMETRO	UNIDADES	B4	C3	D2	QUEBRADA NN (100m A.ARRIBA)	QUEBRADA NN (100m A.ABAJO)	QUEBRADA NN (500m A.ABAJO)	LÍMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
BARIO	mg Ba/L	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	1	1	N.E.
CADMIO	mg Cd/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
ZINC	mg Zn/L	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	15	15	15
COBRE	mg Cu/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	1	1	0,2
CROMO TOTAL	mg Cr/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	N.E.	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	2,11	1,94	2,54	2	1,44	1,55	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	N.E.
NÍQUEL	mg Ni/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg Ag/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.
PLOMO	mg Pb/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5
SELENIO	mg Se/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,01	0,01	0,02
VANADIO	mg V/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	N.E.	N.E.	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)		<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,5	0,5	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	Sin película visible		N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES		<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.	N.E.	N.E.
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES - HAPS	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	N.E.	N.E.	N.E.
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES - BTEX	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	N.E.	N.E.	N.E.
COMPUESTOS ORGÁNICOS HALOGENADOS ABSORBIBLES AOX	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h				<0,1	<0,1	<0,1			

Adaptado de (MCS No 2000782, 2020)

La tabla 12 nos muestra los resultados de 6 puntos de muestreo en aguas superficiales; para el parámetro de pH, se observa cumplimiento de los límites establecidos en el decreto 1076/2015. Según los niveles de oxígeno disuelto registrados en los seis puntos analizados en este estudio (6 mg O₂/L y 8 mg O₂/L), esto se debe a factores como la difusión, la turbulencia moderada, la

producción de oxígeno por la flora acuática, las precipitaciones y la temperatura ambiente. Los niveles de cloruros, sulfatos, cianuro, fenoles se encuentran por debajo de los límites establecidos por el decreto 1076/2015 lo que es favorable en términos de calidad y cumplimiento de los estándares establecidos por la regulación ambiental.

De igual manera se observa que en los elementos (metales, metaloides y no metales) analizados se encuentran por debajo de los límites normativos, indicando la buena calidad de las aguas superficiales en la Línea 4 sin impacto negativo ambiental acuático en esta zona. Los resultados de las pruebas de hidrocarburos aromáticos polinucleares, compuestos orgánicos volátiles y halogenados, e hidrocarburos totales revelan niveles inferiores a los límites de detección de las técnicas utilizadas. Estos resultados indican que las aguas monitoreadas presentan una calidad excelente para mantener un ecosistema acuático saludable.

Sedimento

Tabla 13 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Sedimento

PARÁMETRO	UNIDADES	B4	C3	D2	QUEBRADA NN (100m AGUAS ARRIBA)	QUEBRADA NN (100m AGUAS ABAJO)	QUEBRADA NN (500m AGUAS ABAJO)	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B - Capítulo 3
MATERIA ORGÁNICA	%	4,93	5,42	6,56	0,14	0,88	0,10	N.E.
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	2,86	3,15	3,81	0,08	0,51	0,06	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/kg	12 100	11 410	12 010	11420	11200	11010	N.E.
BARIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	<50	20 000
PLOMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	500
CROMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	500
COBRE TOTAL	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	N.E.
ZINC TOTAL	mg/kg	12,4	20,3	15,1	22,1	20,3	19,2	500
NÍQUEL TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	N.E.
CADMIO TOTAL	mg/kg	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	10
MERCURIO TOTAL	mg/kg	<0,10 0	<0,10 0	<0,10 0	<0,100	<0,100	<0,100	10
ESTAÑO	mg/kg	<1	<1	<1	<1 000	<1 000	<1 000	N.E.
VANADIO TOTAL	mg/kg	<0,10 0	<0,10 0	<0,10 0	<0,100	<0,100	<0,100	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	B4	C3	D2	QUEBRADA NN (100m AGUAS ARRIBA)	QUEBRADA NN (100m AGUAS ABAJO)	QUEBRADA NN (500m AGUAS ABAJO)	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B - Capitulo 3
GRASAS Y ACEITES	%	0,085	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<1
HIDROCARBUROS TOTALES	%	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	N.E.
HAPs (HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICLICOS)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	N.E.

Adaptado de (MCS No 2000784, 2020)

Tabla 14 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Sedimento - 2

PARÁMETRO	UNIDADES	B4	C3	D2	QUEBRADA NN (100m AGUAS ARRIBA)	QUEBRADA NN (100m AGUAS ABAJO)	QUEBRADA NN (500m AGUAS ABAJO)	LIMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - Art. 2.2.6.2.3.6. - ANEXO 3 - TABLA 3,
TCLP - MATERIA ORGÁNICA	%	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	N.E.
TCLP - CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	N.E.
TCLP - HIERRO TOTAL	mg Fe/L	1,02	0,933	1	0,903	0,844	0,812	N.E.
TCLP - BARIO	mg Ba/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	100,0
TCLP - PLOMO	mg Pb/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5,00
TCLP - CROMO	mg Cr/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	5,0
TCLP - COBRE	mg Cu/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	N.E.
TCLP - ZINC	mg Zn/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.
TCLP - NÍQUEL	mg Ni/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	N.E.
TCLP - CADMIO	mg Cd/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,00
TCLP - MERCURIO	mg Hg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,2
TCLP - ESTAÑO	mg Sn/L	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	N.E.
TCLP - VANADIO	mg V/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.E.
TCLP - GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.
TCLP - HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	<1,40	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	B4	C3	D2	QUEBRADA NN (100m AGUAS ARRIBA)	QUEBRADA NN (100m AGUAS ABAJO)	QUEBRADA NN (500m AGUAS ABAJO)	LIMITES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - Art. 2.2.6.2.3.6. - ANEXO 3 - TABLA 3,
TCLP - HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES	mg/L	<0,00 1	<0,00 1	<0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	N.E.

Adaptado de (MCS No 2000784, 2020)

Las tablas 13 y 14 muestran los resultados de contaminantes evaluados en sedimentos en 6 puntos monitoreados; revelando niveles desde 4,93 hasta 6,56 (puntos B4, C3, D2) pero muy inferiores en las cercanías a la quebrada NN, indicando mayor actividad biológica en los primeros 3 puntos evaluados. Además, en el caso de las aguas superficiales, los niveles de metales, metaloides y no metales analizados fueron considerablemente inferiores tanto al límite de cuantificación de la técnica como a los límites establecidos por las normativas. Los resultados de los análisis de hidrocarburos totales, grasas e hidrocarburos aromáticos polinucleares también mostraron un comportamiento similar, lo que indica que no hay evidencia de contaminación en el ecosistema acuático debido a la actividad petrolera y abandono del pozo en esta región.

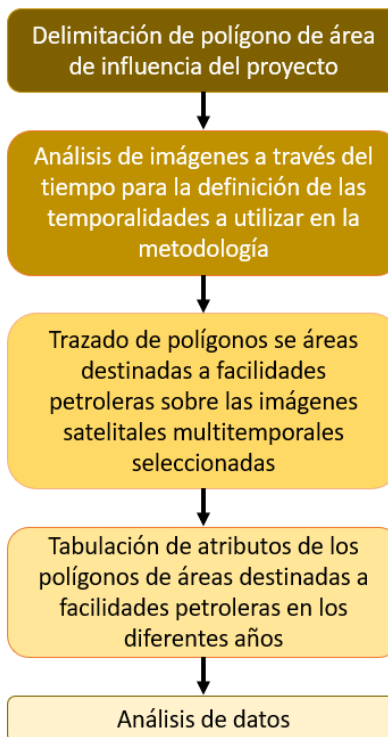
Variable daño en suelos

La variable de daño a suelos se realizó con base en el análisis multitemporal de imágenes satelitales del área de influencia del campo petrolero ubicado en Yarima, municipio de San Vicente de Chucurí. El análisis multitemporal para esta variable se llevó a cabo usando la herramienta Google Earth.

Cabe mencionar que, para obtener un mayor número de datos para su procesamiento y obtención de resultados más concluyentes, se amplió el polígono de análisis multitemporal en superficie, conservando el área de interés de la presente investigación.

A continuación, se muestra la metodología usada para el desarrollo del levantamiento de datos:

Ilustración 1 Diagrama de metodología de levantamiento de información, variable daño a suelos.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la metodología:

- 1) Inicialmente, se definió el polígono que comprende espacialmente la actividad petrolera en la zona. Para su trazado, con inspección visual de las imágenes multitemporales, se circunscriben las áreas que presentan desarrollo o expansión del campo petrolera en cuanto a infraestructura de superficie.
- 2) Con el polígono del área de influencia definido, se hace análisis de las imágenes satelitales de la herramienta seleccionada para determinar los años que más información

aportan al desarrollo del ejercicio. En este caso, las imágenes satelitales a utilizar corresponden a las siguientes anualidades: 1969, 1985, 2005 y 2013.

Del 2013 al presente, la variación de las áreas destinadas a facilidades petroleras es despreciable, por lo que se descarta el análisis de imágenes más actualizadas.

- 3) Sobre las imágenes satelitales, se procede a trazar uno a uno los polígonos sobre las áreas destinadas a facilidades petroleras identificadas en superficie como cabezales de pozos, centros de procesos de fluidos, parqueaderos, entre otros, para las diferentes temporalidades.
- 4) A continuación, se tabulan los atributos de los polígonos levantados haciendo la distinción y separación de datos según en año de la imagen origen.
- 5) Finalmente, se procede con el análisis de los datos obtenidos con esta metodología.

Análisis de datos:

El desarrollo de la metodología anteriormente descrita arrojó la cuantía de las áreas destinadas dentro del polígono de la zona de influencia del campo petrolero en hectáreas. Así, haciendo la suma de las áreas por anualidad, se obtuvieron los siguientes resultados:

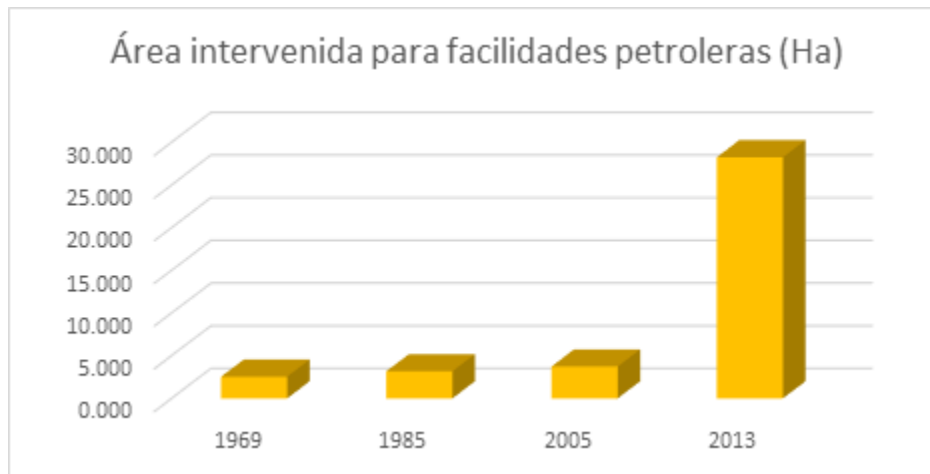
Tabla 12 Tabulación de áreas totales destinadas a facilidades petroleras dentro del área de influencia. Elaboración propia.

	1969	1985	2005	2013
Área intervenida para facilidades petroleras (Ha)	2,538	3,175	3,737	28,257

Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la Tabla 12, el aumento de área destinada a la instalación y operación de facilidades petrolera es progresiva a través del tiempo, sin embargo, registra un crecimiento del 756% del año 2005 al año 2013. Para tener una mejor visualización del escenario descrito, se presenta la presente gráfica:

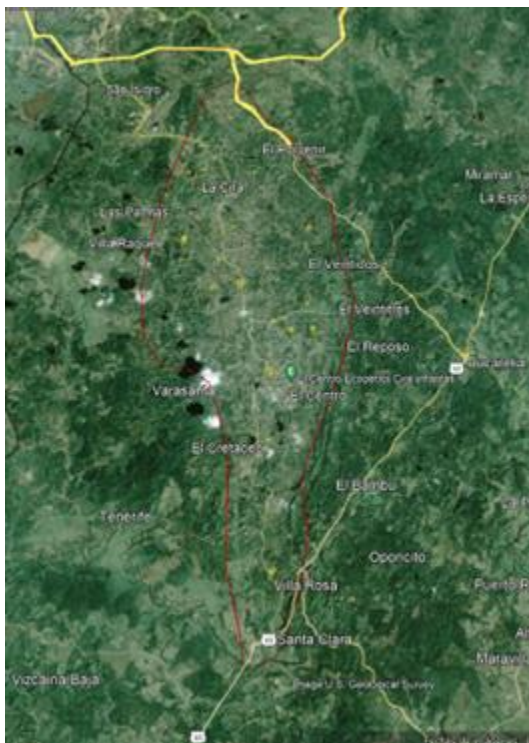
Ilustración 2 Áreas totales destinadas a facilidades petroleras dentro del área de influencia.



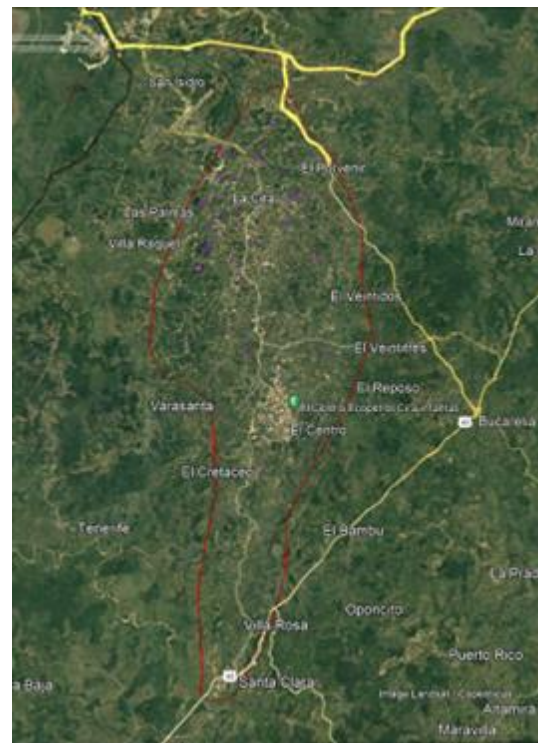
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las imágenes satelitales y el trazado del polígono de área de influencia y áreas destinadas a facilidades petroleras a través de los años:

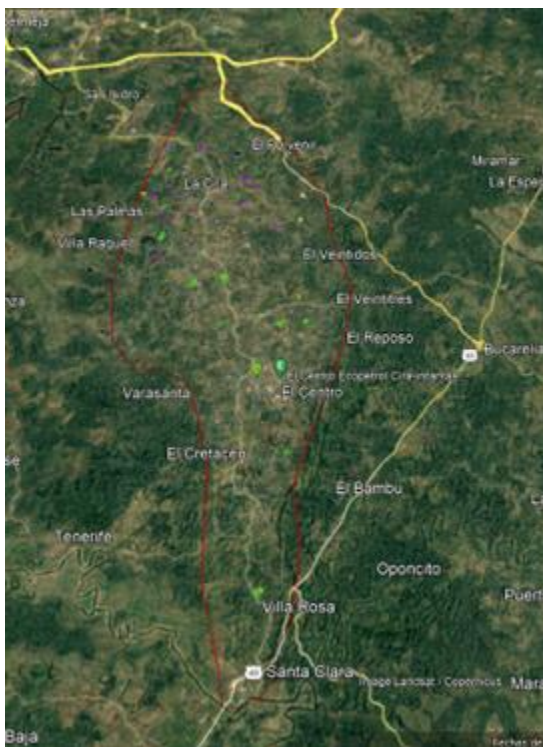
Ilustración 3. Multitemporalidad Área de influencia a través del tiempo.



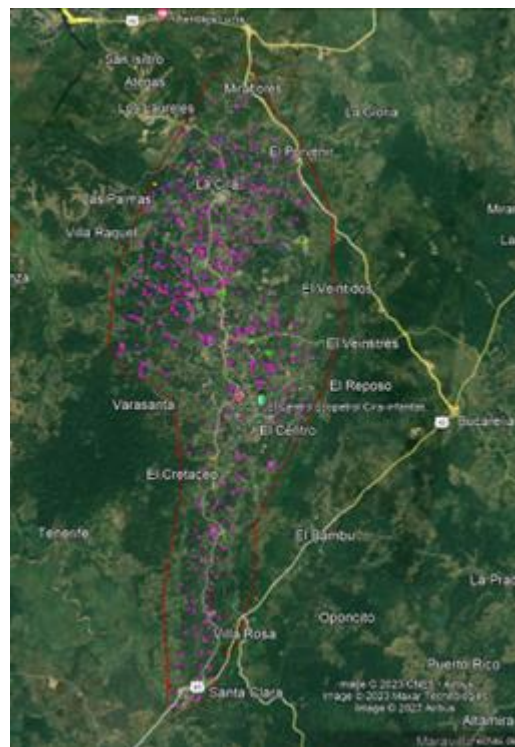
Área de influencia 1969.



Área de influencia 1985.



Área de influencia 2005.



Área de influencia 2013.

Fuente: Google Earth.

El incremento exponencial presentado del año 2005 al año 2013 sugiere el desarrollo de un proyecto de explotación dentro del polígono de influencia, por lo que en el transcurso de estos años se construyeron más instalaciones para la extracción del hidrocarburo y se incrementaron las áreas construidas para el tratamiento de fluidos producto de esta actividad. Esta expansión de producción de petróleo se traduce entonces en el aumento de áreas con pérdida de bosques y cobertura vegetal de cualquier tipo.

Adicionalmente, a partir del desarrollo del análisis de la variable de daño en suelos, se evidencia que con el proyecto de desarrollo petrolero del año 2005 al 2013, también se incrementó el área correspondiente a caseríos o asentamientos urbanos, por lo que se infiere que la expansión del negocio extractivo atrajo nuevos pobladores a la región. Esta hipótesis se retomará en el análisis de variables sociales.

Así mismo, se observa que la presencia de actividad de minería para explotación de materiales pétreos para la construcción también incrementó con la expansión del proyecto petrolero. Si bien la industria del petróleo puede ser el principal consumidor de esta nueva oportunidad de negocio (materiales de construcción), se considera que, por la correlación indirecta entre uno y otro negocio, su impacto puede no verse reflejado en las variables sociales analizadas en la presente investigación. Esta hipótesis se retomará en el análisis de variables sociales.

Otro aspecto por destacar con el análisis multitemporal es la constancia en área de los cultivos agrícolas. A pesar del incremento de la población y su consecuente incremento en la demanda de alimentos, en el polígono evaluado (8.007 Ha) no se observa un aumento significativo en las áreas cultivadas. Este resultado indica que la comunidad se ha dedicado históricamente a actividades económicas diferentes a la agricultura (como agropecuaria, pesca, entre otros).

Para ver el detalle de los datos levantados para el análisis de la variable de daño en suelos, ver Anexo 1 Datos daño en suelos.

Limitaciones de la metodología

- Para los años 1969 y 1985 no se cuenta con fotografías satelitales con la resolución suficiente para identificar a qué corresponde la pérdida de vegetación observable (pozo o infraestructura petrolera, siembre de cultivos, viviendas de la población), por lo que el ejercicio para estas anualidades se hace con base en la geometría de los polígonos y su geolocalización.
- No se tuvo en cuenta el área urbana de la zona de influencia ni su impacto en el cambio de uso de suelos, esto porque la investigación busca evaluar el impacto de la industria petrolera exclusivamente.
- No se hicieron análisis posteriores al año 2013 porque a partir de ese momento, las diferencias en las imágenes satelitales del uso de suelo fueron despreciables.

- Se evidenció que además del crecimiento petrolero, hubo crecimiento en el área poblada de la zona de influencia, así como la aparición de diferentes canteras de material pétreo y deslizamientos de suelo por inestabilidades geotécnicas.

Los parámetros fisicoquímicos analizados en suelo tanto para el pozo Colorado 16 como para el Pitting Línea 4 se muestran a continuación:

Suelo – Pozo Colorado 16

Fecha 1.

Tabla 13 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Suelo - Fecha 1

PARÁMETRO	UNIDADES	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-5	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
pH	Unidades	7,30	4,40	5,10	4,50	4,30	N.E.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	mmhos/cm	0,11	0,04	0,02	0,05	0,02	6
MATERIA ORGÁNICA	%	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	4
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	0,18	0,19	0,09	0,17	0,08	N.E.
CLORUROS	mg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/kg	2,05	<1,5	<1,5	<1,5	1,62	N.E.
BARIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg/kg	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<,250	20
CADMIO TOTAL	mg/kg	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	10,0
CROMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	10
PLOMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	500
COBRE TOTAL	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	500
HIERRO TOTAL	mg/kg	1	11	40	40	3	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	N.E.
VANADIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	N.E.
SELENIO TOTAL	mg/kg	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	10
PLATA TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	200
MERCURIO TOTAL	mg/kg	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	10,0
ZINC TOTAL	mg/kg	23,9	27,5	182	62,5	25,5	500,00
BERILIO	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.
ESTAÑO	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-5	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
RAS (RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO)		2,22	0,84	0	0	0	<12
PSI (PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE)	%	2	0	0	0	0	<15
GRASAS Y ACEITES	%	0,161	<0,05	<0,05	<0,05	0,094	<1
HIDROCARBUROS TOTALES	%	0,091	<0,02	<0,02	<0,02	0,068	N.E.
BTEX	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	N.E.
HAPs (HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICLICOS)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	N.E.
T-ARENA	%	49	42	39	39	43	N.E.
T-ARCILLA	%	27	40	35	41	41	N.E.
T-LIMO	%	24	18	26	20	16	N.E.
TEXTURA	%	F-Ar-A	Ar	F-Ar	Ar	Ar	N.E.

Adaptado de (MCS No 2000747, 2020)

Fecha 2:

Tabla 14 Parámetros Físicoquímicos estudiados en Suelo - Fecha 2

PARÁMETRO	UNIDADES	PM-1	PM-2	PM-3	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
pH	Unidades	5,20	5,40	4,70	N.E.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	mmhos/cm	0,02	0,02	0,01	6
MATERIA ORGÁNICA	%	0,2	0,1	0,1	4
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	0,09	0,05	0,06	N.E.
CLORUROS	mg/kg	<100	<100	<100	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/kg	<1,5	<1,5	<1,5	N.E.
BARIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg/kg	<0,250	<0,250	<0,250	20
CADMIO TOTAL	mg/kg	<8,3	<8,3	<8,3	10,0
CROMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	10
PLOMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	500
COBRE TOTAL	mg/kg	<10	<10	<10	500
HIERRO TOTAL	mg/kg	5	172	625	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	N.E.
VANADIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	N.E.
SELENIO TOTAL	mg/kg	<0,500	<0,500	<0,500	10

PARÁMETRO	UNIDADES	PM-1	PM-2	PM-3	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
PLATA TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	200
MERCURIO TOTAL	mg/kg	<0,100	<0,100	<0,100	10,0
ZINC TOTAL	mg/kg	66,5	159	45,5	500,00
BERILIO	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.
ESTAÑO	mg/kg	<1	<1	<1	N.E.
RAS (RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO)		0	0	0	<12
PSI (PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE)	%	0	0	0	<15
GRASAS Y ACEITES	%	<0,05	0,059	<0,05	<1
HIDROCARBUROS TOTALES	%	<0,02	<0,02	<0,02	N.E.
BTEX	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	N.E.
HAPs (HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICICLOS)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	N.E.
T-ARENA	%	55	56	46	N.E.
T-ARCILLA	%	21	22	34	N.E.
T-LIMO	%	24	22	20	N.E.
TEXTURA	%	F-Ar-A	F-Ar-A	F-Ar-A	N.E.

Adaptado de (MCS No 2000748, 2020)

Se observa en los resultados que el pH en los cinco puntos de muestreo está entre 4,30 a 7,30 (Fecha 1) y entre 4,70 a 5,20, indicando la acidez de estos suelos en los puntos 2 al 5 y 1 al 3 respectivamente; dicha acidez es característica de los suelos de esta zona, ya que el blanco (valor que no mostramos en este documento), tiene un valor de 4,50; así mismo la conductividad eléctrica se encuentra muy por debajo de los niveles normativos (6 mmhos/h). sin embargo, el valor de pH del PM-1 (fecha 1) se encuentra por encima de la neutralidad, pero dicho valor no muestra ninguna afectación en el ecosistema suelo, ya que no es un valor de peligrosidad para la vida en este entorno. Para el caso de los metales, metaloides (As) y no metales (Se) que se analizaron en suelo en los cinco puntos monitoreados no existe presencia de los mismos evidenciando que no existe riesgo por presencia de estos elementos no hay alteración de la vida en el ecosistema suelo, ni contaminación.

Frente a parámetros tales como el carbono orgánico total, hidrocarburos (entre 0,068 a 0.091 e inferior a 0,02 %), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – HAPs (<0.05 %) y BTEX (<0.25 %), grasas y aceites (<1) se tiene que estos reportaron concentraciones inferiores a los respectivos límites de cuantificación de los métodos empleados por el laboratorio para su análisis; por lo cual se infiere en la poca o nula presencia de estos compuestos en las muestras de suelo analizadas. No obstante, frente al marco de referencia internacional, dichos parámetros no se encuentran regulados en el Protocolo Louisiana 29 B del 2010, por lo cual no es posible establecer un criterio respecto a los mismos.

El Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), se evidenciaron concentraciones variables para este parámetro en los puntos monitoreados; para los cuales, se establece que para el caso del PM1 tiene un valor de 2, muy inferior al límite establecido normativamente; por otra parte, la Relación de Absorción de Sodio (RAS) destaca que los suelos analizados no presentan problemas de infiltración en los puntos analizados puesto que los resultados reportados no sobrepasan el límite permisible (<12) establecido en el Artículo 313 del Capítulo 3 del Protocolo Louisiana 29 B del 2010.

Suelo – Pitting Línea 4

Tabla 15 Parámetros Fisicoquímicos estudiados en Suelo

PARÁMETRO	UNIDADES	BLANCO B2	D4	M4	L5	K5	J6	CANAL 2	CANAL 1	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
pH	Unidades	5,20	5,20	6,50	7,20	7,00	5,90	6,40	6,00	N.E.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	mmhos/cm	0,10	0,01	0,63	0,07	0,11	0,21	0,06	0,12	6
MATERIA ORGÁNICA	%	0,7	0,3	0,3	0,4	3	4,6	0,6	2,2	4
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	0,4	0,15	0,17	0,24	1,76	2,68	0,34	1,3	N.E.
CLORUROS	mg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/kg	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	N.E.

PARÁMETRO	UNIDADES	BLANCO B2	D4	M4	L5	K5	J6	CANAL 2	CANAL 1	LIMITES PROTOCOLO DE LOUISIANA 29B
BARIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg/kg	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	<0,250	20
CADMIO TOTAL	mg/kg	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	<8,3	10,0
CROMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	10
PLOMO TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	500
COBRE TOTAL	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	500
HIERRO TOTAL	mg/kg	18600	19600	13500	13050	8250	11700	18500	10350	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	N.E.
VANADIO TOTAL	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	N.E.
SELENIO TOTAL	mg/kg	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	10
PLATA TOTAL	mg/kg	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	200
MERCURIO TOTAL	mg/kg	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	10,0
ZINC TOTAL	mg/kg	50	87,5	50	72,5	35	36	58	32,5	500,00
BERILIO	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.
ESTAÑO	mg/kg	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	N.E.
RAS (RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO)		1,12	1,03	0,94	1,14	2,02	3,21	1,44	2,33	<12
PSI (PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE)	%	0,4	0,3	0,12	0,42	1,7	3,4	0,9	2,13	<15
GRASAS Y ACEITES	%	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,821	0,619	0,051	0,13	<1
HIDROCARBUROS TOTALES	%	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,415	0,22	<0,02	0,077	N.E.
BTEX	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	N.E.
HAPs (HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICICLOS)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	N.E.
T-ARENA	%	60	53	63	50	72	60	58	57	N.E.
T-ARCILLA	%	22	24	3	26	14	18	24	25	N.E.
T-LIMO	%	18	23	34	24	14	22	18	18	N.E.
TEXTURA	%	F-Ar-A	F-Ar-A	F-A	F-Ar-A	F-A	F-A	F-Ar-A	F-Ar-A	N.E.

Adaptado de (MCS No 2000744, 2020)

Para la variable ambiental suelo se observa que en los 8 puntos muestreados el valor del pH esta entre 5,20 hasta 7,20; dichos valores son cercanos al estado natural de estos suelos que se encuentra en 5,20; por lo tanto, no se evidencia afectación por acidez o alcalinidad en este ecosistema. La conductividad eléctrica se encuentra en todos los puntos en valores muy

inferiores a los normativos, indicando una no afectación de los suelos en este parámetro. En cuanto a los cloruros, fenoles y metales se encontraron valores inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada o valores por debajo de los límites establecidos según el protocolo de Louisiana 29 B de 2010, cumpliendo con los estándares de calidad de dicho ecosistema. Los resultados de los análisis muestran que los parámetros como el carbono orgánico total, hidrocarburos, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), BTEX y grasas y aceites presentaron concentraciones por debajo de los límites de detección de los métodos utilizados en el laboratorio. Esto sugiere que hay una escasa o nula presencia de estos compuestos en las muestras de suelo analizadas. Sin embargo, es importante mencionar que estos parámetros no están regulados en el Protocolo Louisiana 29B de 2010.

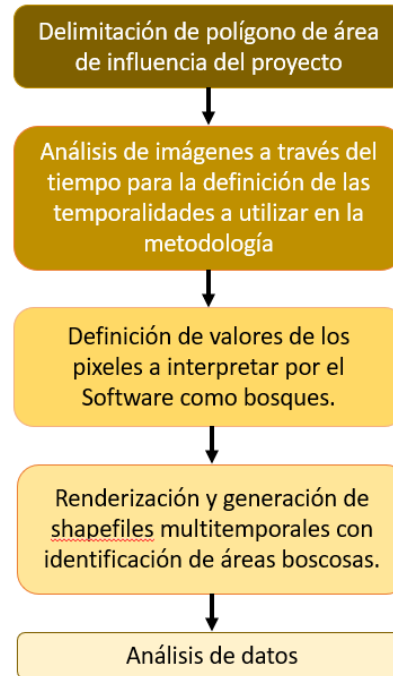
Variable perdida hectáreas en bosques

Para la variable de Pérdida de hectáreas en bosques se utilizó el mismo polígono de área de influencia utilizado en la variable impacto flora y fauna y variable daño en suelos (8007 Ha). Para la variable de interés se utilizó el Sistema de Información Geográfica ArcMap 10.2.2. El análisis de las imágenes multitemporales se hizo a través de la definición por colores de píxeles, donde se reconocen los píxeles asociados con bosques y se diferencian de los píxeles correspondientes a empedrados, áreas sin vegetación, vías, área urbana, y las demás áreas que con la figura del polígono.

Cabe mencionar que, para obtener un mayor número de datos para su procesamiento y obtención de resultados más concluyentes, se amplió el polígono de análisis multitemporal en superficie, conservando el área de interés de la presente investigación.

A continuación, se presenta el diagrama de la metodología utilizada para este análisis:

Ilustración 4 Diagrama de metodología de levantamiento de información, variable Pérdida de hectáreas en bosque



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la metodología:

- 1) Inicialmente, se definió el polígono que comprende espacialmente la actividad petrolera en la zona (8007 Ha). Para su trazado, con inspección visual de las imágenes multitemporales, se circunscriben las áreas que presentan desarrollo o expansión del campo petrolera para posterior análisis de pérdida de hectáreas en bosques.
- 2) Con el polígono del área de influencia definido, se hace análisis de las imágenes satelitales de la herramienta seleccionada para determinar los años que más información aportan al desarrollo del ejercicio. En este caso, las imágenes satelitales a utilizar corresponden a las siguientes anualidades: 2005 y 2013.
- 3) Sobre las imágenes satelitales, se procede exportar el archivo .jpg desde Google Earth hacia ArcMap.

- 4) Con las imágenes multitemporales exportadas, se define el valor de los píxeles que representan y configuran las zonas boscosas de cada una de las imágenes. Para cada anualidad el valor varía dado que la gama de colores cambia por condiciones climáticas y la calidad de la fotografía.
- 5) Renderización del proceso para cada una de las anualidades y generación del shapefile.
- 6) Exportación de tabla de atributos con áreas arrojadas por el análisis para el procesamiento de datos.

Análisis de datos:

El desarrollo de la metodología anteriormente descrita arrojó la cuantía de las áreas boscosas de la zona de influencia del campo petrolero en hectáreas a través del tiempo. Así, haciendo la suma de las áreas por anualidad, se obtuvieron los siguientes resultados:

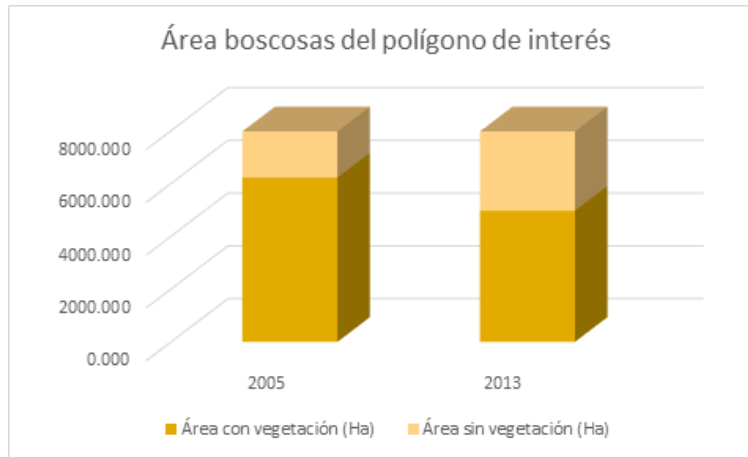
Tabla 16 Tabulación de áreas boscosas dentro del área de influencia.

	2005	2013
Área con vegetación (Ha)	6225,183	4968,694
Área sin vegetación (Ha)	1747,592	3003,810
Área de analizada (Ha)	8007	8007

Fuente: Elaboración propia.

Como se evidencia en la *Tabla 16* la disminución de área con bosques es progresiva a través del tiempo, de los años 2005 al año 2013 hubo una pérdida del 16% de los bosques, que corresponde a 1256,489 Ha, dentro del polígono del área de influencia. Para tener una mejor visualización del escenario descrito, se presenta la presente gráfica:

Ilustración 5 Gráfica de barras de áreas boscosas dentro del área de influencia.



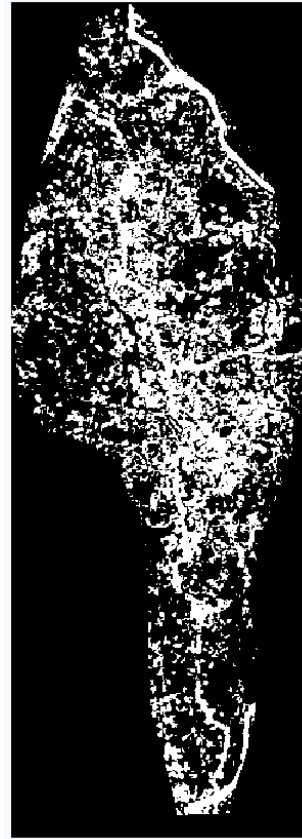
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las imágenes de los shapefiles generados a partir del análisis multitemporal en el Software utilizado:

Tabla 17 Áreas boscosas dentro del polígono de influencia. Blanco: área sin bosque. Negro: área con bosque.



Áreas boscosas 2005.



Áreas boscosas 2013.

Fuente: shapefiles.

Las imágenes ráster arrojadas por el procesamiento de la información y los atributos arrojados, deja ver el crecimiento de las zonas no boscosas dentro del polígono que se mantiene constante. El crecimiento de las zonas no boscosas es de 1256,218 Ha, es decir, creció un 16% del 2005 al 2013.

Este crecimiento de las zonas no boscosas coincide con el periodo de tiempo donde posteriormente se infirió que hubo un desarrollo del campo petrolero, lo que implicó tala de bosques para la conformación de plataformas para construcción de vías, ingresos de equipos y construcción de las facilidades asociadas a la producción de hidrocarburos.

Las zonas blancas de área boscosa con más definición corresponden a las rondas de cuerpos hídricos naturales que pasan por el polígono de interés analizado.

La reducción del área boscosa no corresponde únicamente a la intervención de la petrolera en la zona, sino también al crecimiento poblacional que demanda más área urbana, así como a la aparición de canteras de explotación de material pétreo dentro del polígono.

Limitaciones de la metodología

- Se evidenció que además del crecimiento petrolero, hubo crecimiento en el área poblada de la zona de influencia, así como la aparición de diferentes canteras de material pétreo y deslizamientos de suelo por inestabilidades geotécnicas, lo que impacta la variable de Pérdida de hectáreas en bosque analizada en esta investigación.
- Antes del año 2005, las imágenes satelitales obtenidas no cuentan con la resolución necesaria para realizar un buen procesamiento de datos a partir de herramientas SIG.
- La metodología utilizada no cuenta con precisión topográfica, sin embargo, es un buen acercamiento a la definición y análisis estadístico de la variable planteada.

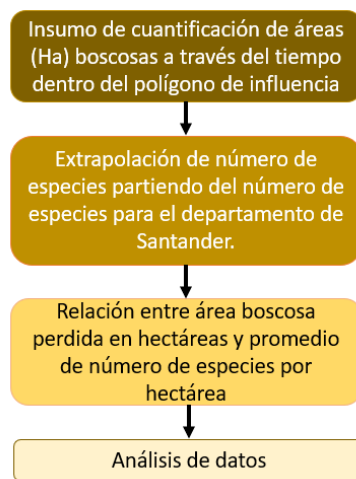
Para el detalle de los datos de este análisis, ver Anexo 2 Datos pérdida hectáreas de bosque.

Variable impacto flora y fauna

Para el análisis de la variable del impacto de la flora y la fauna se partió del procesamiento de información realizado para la variable de Pérdida de hectáreas en bosque, ya que con la pérdida de área boscosa se calculó el impacto a la flora y la fauna de acuerdo con el número de especies registradas para el departamento de Santander.

A continuación, se presenta el diagrama metodológico para este análisis:

Ilustración 6 Diagrama de metodología de levantamiento de información, variable impacto flora y fauna.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la metodología:

- 1) Para el desarrollo del análisis de la variable de impacto a la flora y la fauna en el área de interés, se tiene como insumo la cuantificación de área boscosa a través del tiempo definida en la variable de pérdida de bosques.
- 2) Así mismo, se parte de la premisa de que en el departamento de Santander se cuenta con 9345 especies registradas (Gobernación de Santander, 2020). Teniendo en cuenta de que el departamento tiene una extensión de 3053700 Ha, se puede decir que Santander cuenta con

- 3) Contando con el área de bosques perdida y el número de especies por hectárea en el para el departamento de Santander, se calcula el número de especies potencialmente afectadas por la pérdida de bosques en el área de interés.

Con base en la metodología anteriormente descrita, se tiene:

Tabla 18 Análisis de pérdida de especies según pérdida de bosques en el área de interés.

Área (Ha)	30537000
No. Especies	9345
Especies por Ha	0,000306022

	2005	2013
Área con vegetación (Ha)	6225,183	4968,694
Área sin vegetación (Ha)	1747,592	3003,810
No. Especies	1,905	1,521
Pérdida de especies	0,385	

Fuente: Elaboración Propia

Así, se tiene que la presencia de especies a partir de la definición del área de bosques en la zona de influencia es de 1,905 especies para el 2005 y de 1,521 para el 2013. Es decir, la pérdida de especies entre el año 2005 y 2013 fue de 0,358.

Limitaciones de la metodología

- La valoración de la variable de impacto flora y fauna en una aproximación a la realidad.
- La pérdida de bosques en el área de influencia no implica la pérdida de especies, pero seguramente sí implica la pérdida de individuos por disminución de su hábitat.
- No se cuenta con un censo poblacional de los individuos que habitan la región, por lo que el desarrollo de esta variable ofrece un panorama de la tendencia de impacto sobre la flora y la fauna en el área.
- Al ser uno de los insumos la variable de pérdida de bosque se tiene que además del crecimiento petrolero, hubo crecimiento en el área poblada de la zona de influencia, así como la aparición de diferentes canteras de material pétreo y deslizamientos de suelo por

inestabilidades geotécnicas, lo que impacta la variable de impacto flora y fauna analizada en esta investigación.

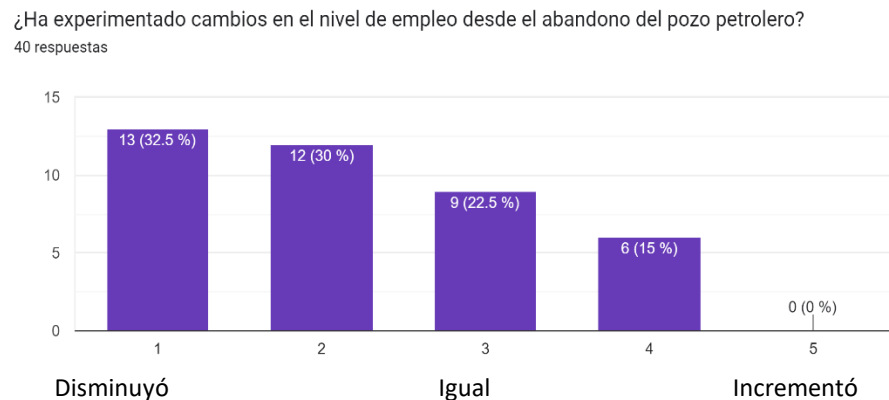
VARIABLE SOCIAL

Para el análisis de todas las variables del grupo social, se aplicó una encuesta a la población de la comunidad de Yarima orientada a la resolución de preguntas y la obtención de información de utilidad para el desarrollo de los objetivos de esta investigación. Así pues, la encuesta de 25 preguntas se aplicó a 40 personas de la población de Yarima y sus alrededores.

Variable empleabilidad de la población

Enfocadas al análisis de la variable de empleabilidad se plantearon seis en la encuesta a la comunidad, no obstante, para efectos de esta investigación se presentan a continuación los resultados más relevantes y concluyentes para el ejercicio. Las respuestas completas podrán ser consultadas en el Anexo 4 Resultado encuesta social.

Ilustración 7 Resultados de los cambios en el nivel de empleo.



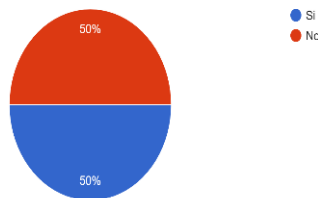
Fuente: Elaboración Propia

En donde el 32,5% de la muestra entrevistada afirma que ha habido disminución en la oferta laboral de la región tras el abandono de pozos. El 62,5% contesta con que hay menos oferta de empleo en la región desde el cierre de pozos. A partir de estos resultados, se evidencia que la

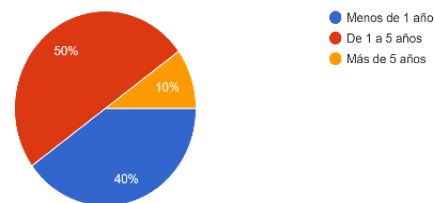
actividad petrolera participaba activamente en la generación de empleos en el área de influencia y muestra su gran impacto cuando se abandona la actividad.

Ilustración 8 Resultados del tiempo de vinculación laboral con la industria del petróleo.

¿Estuvo usted vinculado laboralmente a compañías relacionadas con la industria del petróleo en la región de Yarima?
40 respuestas



Si la respuesta es sí, ¿durante cuánto tiempo?
20 respuestas

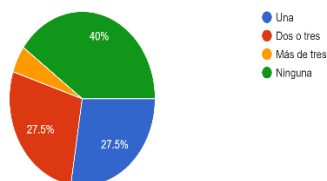


Fuente: Elaboración propia

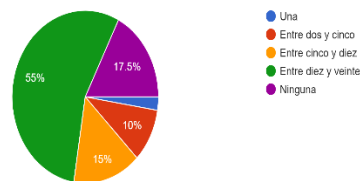
El 50% de las personas entrevistadas han estado laboralmente vinculadas a la industria del petróleo, y de ese 50%, el 50% ha estado vinculada por un periodo entre 1 y 5 años. Estas respuestas hablan, mayormente, de la estabilidad laboral de las personas empleadas en la industria. Si bien no es, en su mayoría, trabajo flotante y de temporada, tampoco es un trabajo fijo que permita construir proyectos de vida a largo plazo de la población, ni ofrece la seguridad necesaria para que la comunidad invierta de manera constante y sostenida en pro de diversificarse y alcanzar la estabilidad económica.

Ilustración 9 Resultados de personas que trabajaron con una empresa relacionada con la industria del petróleo.

¿Cuántas personas de su núcleo familiar estuvieron vinculadas laboralmente a una empresa relacionada con la industria del petróleo en la región de Yarima?
40 respuestas



¿Cuántas personas de su comunidad estima usted que trabajaron con una empresa relacionada con la industria del petróleo en la región de Yari...ministro de alimentos a campamentos, entre otros)
40 respuestas



Fuente: Elaboración propia

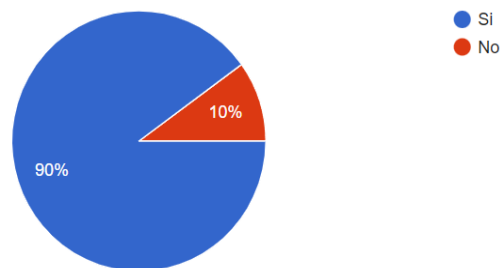
El 55% de los entrevistados afirman conocer entre 10 y 20 personas vinculadas a alguna actividad económica relacionada con la industria del petróleo. Esto nos habla de que, si bien se

genera empleo para la región en estos proyectos, su gran mayoría corresponden a convocatorias de mano de obra no calificada, que suelen ser trabajos temporales de servicios y/o productos. Se identifica la oportunidad de aumentar el número de vincular de forma directa al personal de la región que cumpla con perfiles requeridos por la compañía en sus diferentes áreas y regionales.

Ilustración 10 Resultados de percepción de disminución de oportunidades laborales y/o crecimiento en Yarima.

¿Considera que han disminuido las oportunidades laborales y/o de crecimiento en la región de Yarima tras el abandono de la explotación petrolera?

40 respuestas



Fuente: Elaboración propia

El 90% de los entrevistados afirma que han disminuido las oportunidades laborales tras el abandono de la empresa petrolera. Para la variable de empleabilidad de la población, se puede decir en términos generales, que la presencia de la actividad extractiva sí tiene un impacto positivo directo sobre las oportunidades de trabajo en la población, generando empleos usualmente para mano de obra no calificada. El abandono del campo se ha sentido de manera negativa en la región por la desaceleración de las dinámicas económicas generadoras de empleo, sumado a la tradición de la región que como se vio en el grupo ambiental, no corresponde a la del cultivo agrícola y se orienta en la mayoría de las veces a suplir las necesidades derivadas del petróleo.

Así mismo, se evidencia la oportunidad de generar empleos en la región con horizontes más amplios que generen mayor estabilidad y apalanquen el emprendimiento y el progreso. También

se identifica la oportunidad de generar más empleos directos con las empresas explotadoras de hidrocarburos.

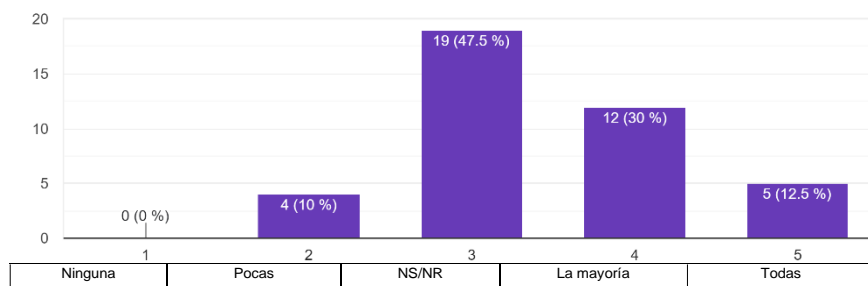
En resumen de los resultados de las preguntas y respuestas realizadas a las personas de la comunidad donde se encuentra el proyecto, se deben tomar medidas de fondo con el fin de mejorar las condiciones laborales de las comunidades del área de influencia, a través de campañas de seguridad social, salud ocupacional, brindar oportunidades de crecimiento y desarrollo a los habitantes del sector, todo esto para fomentar la retención del talento mediante incentivos y alivios tributarios a las empresas de la región.

Variable calidad de vida de la población

Para esta variable se formularon diez preguntas orientas a portar al análisis de la calidad de vida de la población con la recopilación de información. A continuación, se presentan las respuestas a las preguntas y los gráficos más concluyentes para el análisis. Las respuestas y gráficos completos podrán ser consultadas en el Anexo 4 Resultados encuesta social.

Ilustración 11 Resultados percepción de actividades de limpieza y recuperación ambiental por parte de la empresa petrolera.

¿Considera que la compañía petrolera ha cumplido con sus responsabilidades de limpieza y remediación después del abandono del campo petrolero?
40 respuestas



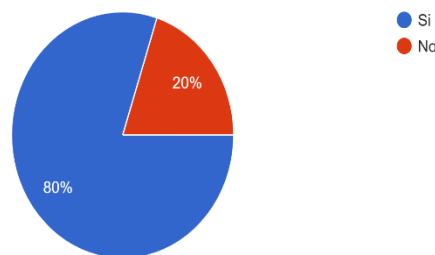
Fuente: Elaboración propia

El 47,5% de las personas encuestadas indica que no conocen si la empresa petrolera cumple con la limpieza y recuperación ambiental de las áreas afectadas o simplemente no les importa este aspecto. Esto puede deberse a una falta de información o una falta de interés general en

los temas ambientales relacionados con la compañía petrolera. El 42,5% de las personas encuestadas reconoce que la empresa es responsable de realizar la limpieza de los pozos que tienen fugas y que ha estado presente cuando ocurren afectaciones ambientales. Esto indica que una parte significativa de la comunidad percibe que la compañía ha asumido su responsabilidad en términos de remediación ambiental. Además, se ha observado que la empresa está llevando a cabo un proceso de recuperación ambiental después de abandonar los pozos petroleros. Esto puede indicar que la compañía está implementando medidas para restaurar las áreas afectadas y mitigar los impactos ambientales.

Ilustración 12 Resultados de percepción del mejoramiento de calidad de vida por la industria petrolera.

¿Considera usted que la presencia de la industria petrolera en la región de Yarima mejoró la calidad de vida de la población?
40 respuestas



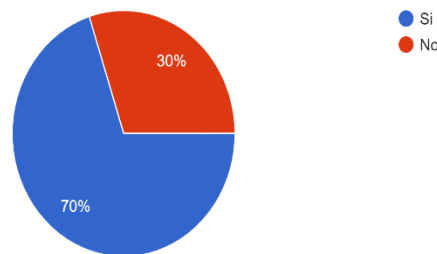
Fuente: Elaboración propia

El 80% de las personas encuestadas considera que la presencia de la industria petrolera en la región de Yarima ha mejorado la calidad de vida de la comunidad. Esto indica que la mayoría de los encuestados perciben que la presencia de la industria petrolera ha tenido un impacto positivo en el desarrollo y bienestar de la comunidad. Según los resultados de la encuesta, la empresa predominante en la región es Ecopetrol y se mencionan varios beneficios que ha proporcionado a la comunidad. Estos beneficios pueden incluir oportunidades laborales, inversiones en la comunidad, apoyo a servicios y desarrollo local. Asimismo, se destaca que la presencia de la

industria ha generado la prestación de bienes y servicios necesarios para su funcionamiento, lo que ha impulsado inversiones adicionales por parte de los residentes de Yarima.

Ilustración 13 Resultados de la percepción de la población frente a las inversiones sociales en la comunidad de Yarima.

¿Considera usted que la industria petrolera hizo inversiones sociales en su comunidad tales como acueductos, redes de gas, mejoramiento y mantenim...tros durante su estadía en la región de Yarima?
40 respuestas

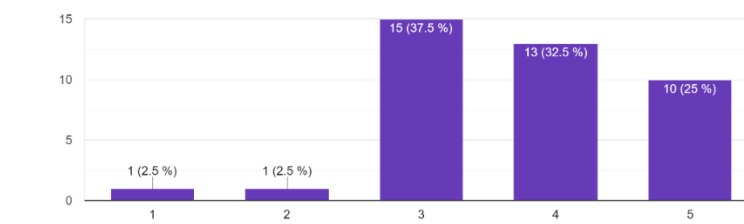


Fuente: Elaboración propia

El 70% de los entrevistados reconoce que la industria petrolera ha realizado inversiones sociales en la región de Yarima. Esto indica que una mayoría significativa de la comunidad percibe que la industria ha contribuido al desarrollo social de la comunidad. Se mencionan varias inversiones sociales realizadas por la industria petrolera. Estas inversiones incluyen el mantenimiento de vías, el reforzamiento de puentes, el proyecto de gasificación urbana y rural con apoyo de la alcaldía, y un proyecto de construcción de un parque para la población infantil del corregimiento.

Ilustración 14 Resultados de oportunidades para las comunidades por la presencia de empresas petroleras.

¿Considera usted que la presencia de empresas petroleras en su región trajo oportunidades que ofrecía una mejor calidad de vida a usted y su famili...tabilidad laboral, salud, vacaciones, entre otros)?
40 respuestas



Disminuyó		Ninguno		Mejóro
-----------	--	---------	--	--------

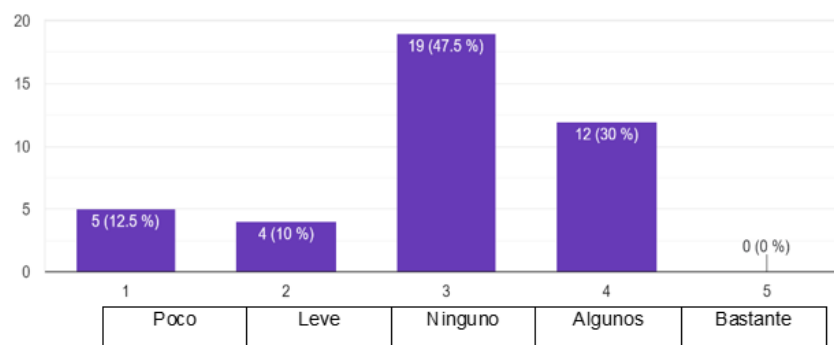
Fuente: Elaboración propia

El 37,5% de los encuestados considera que la presencia de empresas petroleras en la región no ha tenido un impacto significativo en la calidad de vida de ellos y sus familias. El 32,5% de los encuestados afirma que la presencia de empresas petroleras ha mejorado sustancialmente su calidad de vida y la de sus familias. Esto sugiere que una proporción significativa de la comunidad ha experimentado beneficios tangibles en términos de mejores condiciones de vivienda, oportunidades de estudio, estabilidad laboral, acceso a servicios de salud y la posibilidad de disfrutar de vacaciones.

El 25% de los encuestados indica que la presencia de empresas petroleras ha significado una mejora significativa en la calidad de vida de ellos y sus familias. Esto implica que un cuarto de la comunidad ha experimentado cambios positivos notables en varios aspectos, incluyendo vivienda, estudio, estabilidad laboral, salud y vacaciones. Es posible que los trabajadores de las empresas petroleras se beneficien especialmente de estos aspectos debido a los beneficios económicos y laborales que reciben.

Ilustración 15 Resultados de percepción de cambios en la calidad del aire y agua en Yarima.

¿Has notado algún cambio en la calidad del aire o del agua desde la instalación del pozo petrolero?
40 respuestas



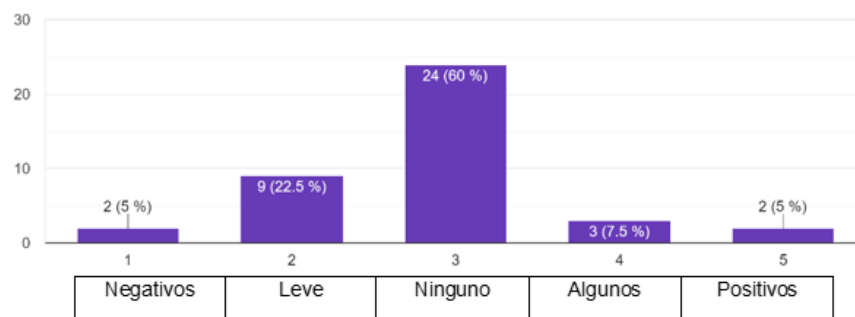
Fuente: Elaboración propia

El 47,5% de los encuestados afirma no haber percibido ningún cambio en la calidad del agua o del aire en Yarima desde la instalación del pozo petrolero. Esto indica que casi la mitad de la comunidad no ha notado diferencias significativas en la calidad ambiental de la región. El 30% de los encuestados ha percibido algunos cambios en la calidad del aire o del agua desde la instalación del pozo petrolero. Si bien no se especifica la naturaleza exacta de los cambios, es posible que estén relacionados con la deforestación para la ganadería y el cultivo de palma, así como el crecimiento poblacional y el tráfico de vehículos pesados con altas emisiones de CO₂. También se menciona que, durante la producción del campo petrolero, se observaron contaminaciones del suelo debido a fugas de hidrocarburos y la quema de gas. El 22,5% de los encuestados afirma no haber percibido cambios en la calidad del aire o del agua desde la instalación del pozo petrolero. Esto indica que una parte significativa de la comunidad no ha notado diferencias en la calidad ambiental de la región.

Ilustración 16 Resultados de conocimiento frente a los impactos en la salud de las personas por la industria petrolera en Yarima.

¿Has presenciado algún impacto en la salud de las personas de la comunidad después de la instalación del pozo petrolero?

40 respuestas



Fuente: Elaboración propia

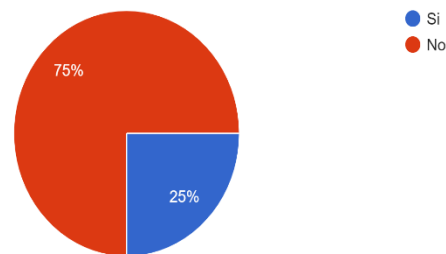
El 60% de los encuestados afirma no haber sentido impacto en la salud de la comunidad de Yarima con la llegada de los pozos petroleros. Esto puede deberse a que la mayoría de

encuestados no cuenta con más de 55 años, por lo que no se tiene la trazabilidad de un antes y un después de la llegada de la petrolera.

Ilustración 17 Resultados de beneficios directos por la presencia de pozos petroleros en la comunidad.

¿Has recibido algún tipo de compensación o beneficio directo por la presencia del pozo petrolero en tu comunidad?

40 respuestas



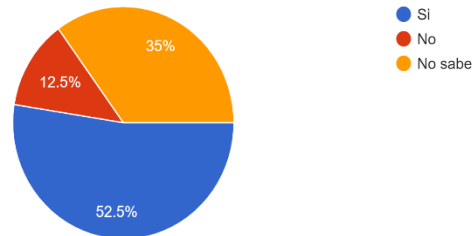
Fuente: Elaboración propia

El 75% de los encuestados afirma no haber recibido ninguna compensación directa por la presencia de los pozos de explotación petrolera en su comunidad. Esto indica que la mayoría de la comunidad no ha obtenido beneficios económicos o compensaciones directas relacionadas con la industria petrolera. Se menciona que la cultura corporativa de Ecopetrol, la empresa petrolera presente en la región prohíbe las compensaciones a personas naturales, a menos que sea parte de un proceso de negociación pública, legal y bilateral. Esta política puede explicar por qué la mayoría de los encuestados no ha recibido compensación directa.

El 25% de los encuestados afirma haber recibido beneficios relacionados con la presencia del pozo petrolero. Estos beneficios podrían incluir pagos por servidumbre de tierras, compensaciones económicas por afectaciones ambientales, compra de predios u oportunidades de trabajo directamente vinculadas a la industria petrolera. Es importante tener en cuenta que estos beneficios pueden estar limitados a un segmento específico de la comunidad que ha tenido interacciones más directas con la industria.

Ilustración 18 Resultados de percepción de la comunidad frente a la generación de conflictos en Yarima.

¿Considera que el pozo petrolero generó conflictos sociales o tensiones en la región de Yarima?
40 respuestas



Fuente: Elaboración propia

El 52,5% afirma que las actividades petroleras sí generaron tensiones sociales en la región. Esto puede atribuirse en gran medida a los procesos de abandono de líneas con conexiones irregulares que abastecían de gas a muchas viviendas, y a los procesos sociales que la suspensión de estas conexiones generó. En términos generales, los encuestados manifiestan que la presencia de la empresa petrolera en la región trajo implicaciones positivas para la comunidad.

En resumen, el análisis de esta pregunta de manera general basándose en los estudios abordados para la evaluación del proyecto se enfoca en diferentes aspectos relacionados con la calidad de vida de la población en contextos específicos. El estudio de Moreno y Ussa (2008) se enfoca en la valoración económica de los pasivos ambientales generados por la actividad petrolera en el campo Cicuco - Boquete, mientras que el estudio de Niño Muñoz (2015) analiza cómo el desarrollo institucional, en relación con la actividad petrolera, afecta la calidad de vida de la población en los municipios petroleros colombianos durante el periodo de 2000 a 2010. y el estudio de Ruiz Niño (2014) se enfoca en la aproximación del impacto de la bonanza petrolera en el departamento de Casanare en términos de empleo, crecimiento económico y desarrollo de diferentes sectores. Cada estudio proporciona información específica sobre diferentes aspectos

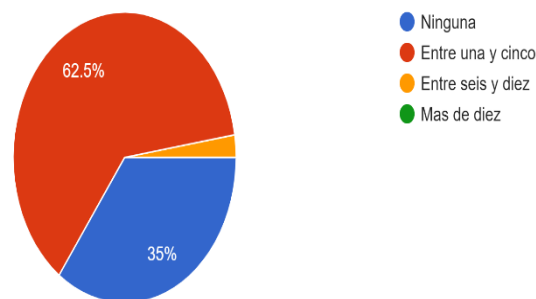
relacionados con la calidad de vida de la población en contextos específicos determinando una alta tendencia a la relatividad de las respuestas, según el nivel de necesidad de las comunidades ira cambiando la respuesta de ellas.

Variable migración social por falta de oportunidades

Para esta variable se formularon dos preguntas orientas a aportar al análisis de la migración social por falta de oportunidades con la recopilación de información. Cabe resaltar que, si bien son dos las preguntas específicas para esta variable, la encuesta social en su totalidad da un panorama para la comprensión y contextualización de las respuestas. A continuación, se presentan las respuestas a las preguntas y los gráficos para el análisis. Las respuestas y gráficos completos podrán ser consultadas en el Anexo 5 Resultado encuesta económica.

Ilustración 19 Resultados de migración de personal por falta de oportunidades.

¿Cuántas personas de su núcleo familiar han abandonado el territorio por falta de oportunidades?
40 respuestas

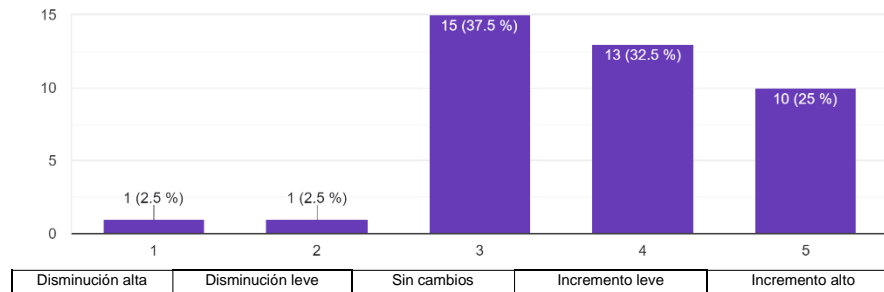


Fuente: Elaboración propia

62,5% de los encuestados afirma que entre una y cinco personas de su núcleo familiar han abandonado el territorio por falta de oportunidades. Cabe mencionar que el rango de una a cinco personas en el segundo más bajo de la encuesta, como se muestra en la siguiente Ilustración, por lo que se considera que el valor está en el rango de migración baja.

Ilustración 20 Resultados de mejoramiento de calidad de vida por la presencia de empresas petroleras.

¿Considera usted que la presencia de empresas petroleras en su región trajo oportunidades que ofrecía una mejor calidad de vida a usted y su famili...tabilidad laboral, salud, vacaciones, entre otros)?
40 respuestas



Fuente: Elaboración propia

El 37,5% de los encuestados considera que no hubo un impacto definitivo en las oportunidades que ofrecieran una mejor de vida, sin embargo, la moda se ubica en la opinión de mejora en las condiciones de vida con presencia de la petrolera. Esta pregunta fue utilizada tanto en la variable de calidad de vida como en la de migración por falta de oportunidades dada su aplicación y aporte al contexto para ambas variables.

Para la variable de la migración social por falta de oportunidades es conveniente relacionar los resultados para comprobar algunas hipótesis de las variables ambientales. Por un lado, tal y como se hijo en la variable de daño en suelos, teniendo en cuenta la percepción de la mejora de la calidad de vida con la presencia de empresas petroleras, se puede deducir que en efecto la expansión del negocio extractivo atrajo nuevos pobladores a la región en búsqueda de una mejor calidad de vida. Por otro lado, se confirma la dificultad de establecer una relación entre la actividad petrolera y la actividad de explotación de material pétreo en Yarima; para profundizar el tema se considera necesario el estudio de esta temática particular, sin embargo, no hace parte del alcance de la presente investigación.

Así mismo según Aguilar, O., Galeano, C., & Pérez, L. (1998), podemos inferir varios aspectos relevantes en la migración de social por falta de oportunidades a los pobladores de la región, donde implica el análisis de varios factores y variables relacionados con el fenómeno

migratorio y las condiciones socioeconómicas de la zona, principalmente se deben evaluar los estudios demográficos, indicadores socioeconómicos, realización encuestas y entrevistas a los pobladores y un análisis profundo a los programas y políticas específicas determinadas por el gobierno. Es importante destacar que la evaluación de esta variable es un proceso complejo y multidimensional donde se requiere un enfoque integral adaptando varias metodologías en función del territorio.

Variables Económicas

Según lo establecido como instrumento de medición para las variables económicas establecidas se realizaron 47 encuestas a las personas de la comunidad de yarima con el fin de recopilar información con el fin evidenciar los Riesgos e impactos económicos finalización del ciclo productivo del pozo; de la información recopilada se pudo evidenciar lo siguiente según cada variable:

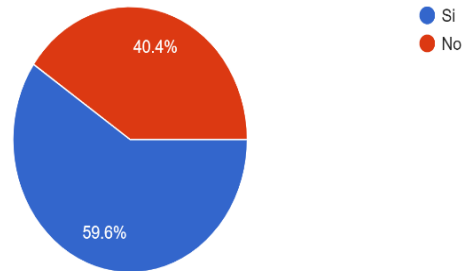
Variable cambio de actividad económica de la región

En el análisis de los resultados de la información recopilada a través del instrumento de recopilación seleccionado para esta variable, en la cual se puede evidenciar la percepción de la comunidad de yarima, la cual se ha visto afectada por la finalización del ciclo productivo del campo el colorado por parte de Ecopetrol; en la siguiente ilustración, se evidencia que gran parte de la comunidad cambio su actividad económica en base de la llegada de la industria petrolera a la comunidad, en búsqueda de mayores ingresos económicos.

Ilustración 21 Resultados de los cambios de actividad económica desde la llega de la industria del petróleo.

¿Su familia ha cambiado de actividad económica desde la llegada de las empresas de la industria del petróleo? (Por ejemplo: antes se dedicaba a la a... se dedica a la administración de un restaurante).

47 respuestas



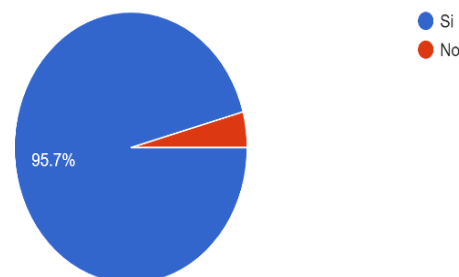
Fuente: Elaboración propia.

A su vez, se evidencia que la comunidad tiene la percepción que la economía de la región se vio beneficiada por la industria petrolera fortaleciendo los demás comercios como restaurantes, droguerías, tiendas, bares entre otros. Los cuales brindaban servicios a las personas que llegaban a la región por la prestación de servicios para la industria petrolera.

Ilustración 22 Resultados del favorecimiento de negocios por la industria del petróleo en Yarima.

¿Considera usted que los negocios de su comunidad tales como restaurantes, hoteles, droguerías, tiendas, bares, entre otros, se han visto favorecidos por las empresas de la industria petrolera?

47 respuestas



Fuente: Elaboración propia

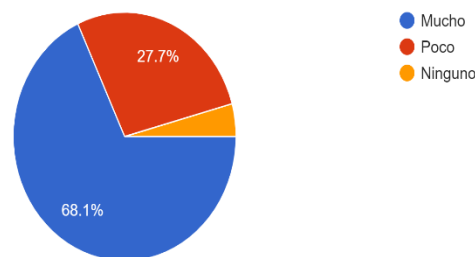
De acuerdo con esto donde se evidenció el cambio de actividad de gran parte de la comunidad en base de la industria petrolera, se preguntó a la comunidad que pensaban sobre si consideraban que el fin de las actividades petroleras en la región generaría cierres del comercios y negocios presentes en la zona; evidenciando, que una gran parte de la comunidad ven que

este cambio generará el cierre de múltiples negocios por la falta de oportunidades para continuar con sus actividades y crea la necesidad de buscar nuevas fuentes de ingresos para sostener sus familias.

Ilustración 23 Resultados de la afectación de los negocios por el abandono de la industria petrolera en Yarima.

Si las empresas petroleras abandonaran su territorio, ¿Considera usted que uno o más negocios de su comunidad se verían obligados a cerrar?

47 respuestas



Fuente: Elaboración propia.

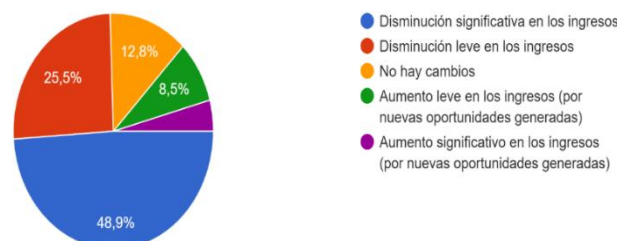
La reducción de personas prestando servicios entorno a la industria petrolera contribuye a la reducción de ingresos para los negocios que brindaban sus servicios en torno a la satisfacción de las necesidades, esto provoca una gran incertidumbre por parte de los miembros de la comunidad que ven con preocupación el desarrollo de las actividades económicas que venían desarrollando desde hace varios años.

Variable ventas en el sector aledaño (tiendas, puestos, quioscos, etc.)

Ilustración 24 Resultados de cambios en los ingresos por el abandono de pozos del campo Colorado en Yarima

¿Ha experimentado un cambio en los ingresos desde el abandono del pozo petrolero en la región de Yarima?

47 respuestas



Fuente: Elaboración propia

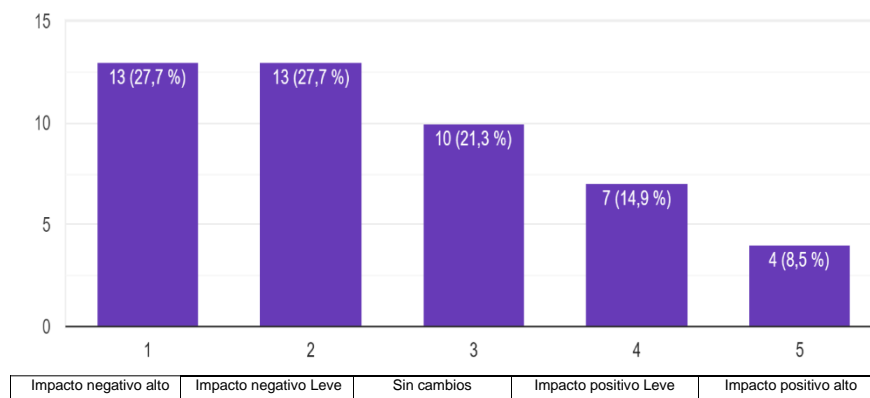
Desde el inicio del abandono de los pozos del campo Petrolero Colorado, se ha observado una disminución general en los ingresos de Yarima. El 48,9% de la población ha experimentado una disminución significativa en sus ingresos, mientras que el 25,5% ha tenido una disminución leve. El 12,8% no ha experimentado cambios, el 8,5% ha tenido un aumento leve y el 4,3% ha experimentado un aumento significativo en sus ingresos.

El declive de la industria petrolera ha reducido las oportunidades de trabajo en Yarima. La mayoría de las personas con experiencia en el campo petrolero han tenido dificultades para encontrar empleo durante este período de abandono de pozos. Aquellos que no han experimentado cambios significativos en sus ingresos se han dedicado a otras industrias, como el cultivo de palma, la agricultura o han establecido negocios propios, como restaurantes, bares, droguerías y panaderías.

Ilustración 25 Resultados de los impactos económicos de la economía local desde el inicio del abandono del campo Petrolero en Yarima.

¿Crees que el abandono del pozo petrolero ha generado un impacto en la economía local?

47 respuestas



Fuente: Elaboración propia

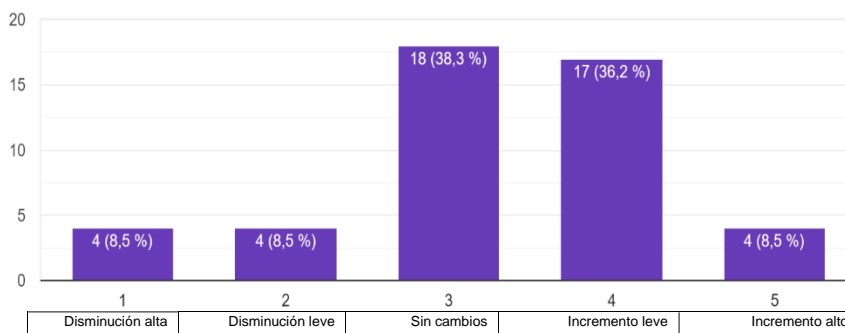
El abandono de los pozos del campo petrolero ha tenido un impacto negativo en la economía local de Yarima. La escasez de empleo y oportunidades ha llevado a una disminución en los salarios altos que solía ofrecer la industria petrolera. Según la encuesta, el 27,7% de las personas

han experimentado impactos negativos significativos en sus negocios, mientras que otro 27,7% ha experimentado impactos negativos leves. El 21,3% no ha tenido impactos en su economía, el 14,9% ha tenido impactos positivos leves y el 8,55% ha tenido impactos significativos positivos en su economía.

Aquellos que han tenido impactos positivos en su economía han logrado aprovechar las oportunidades relacionadas con la industria petrolera. Algunos han tenido la oportunidad de trabajar con empresas que prestan servicios petroleros, mientras otros han brindado servicios de alimentación con sus restaurantes o transporte de personal en camioneta para satisfacer las necesidades de los trabajadores que llegan al área para cumplir con las actividades en los que los contratan.

Ilustración 26 Resultados de los cambios en precios de bienes y servicios en Yarima.

¿Ha notado cambios en los precios de los bienes y servicios desde el abandono del pozo petrolero?
47 respuestas



Fuente: Elaboración propia

El 8,5% de los bienes y servicios en Yarima ha experimentado una disminución significativa en sus precios durante el abandono del campo Colorado. Es importante tener en cuenta los factores que pueden haber contribuido a esta disminución, como la reducción de la demanda debido a la disminución de la actividad petrolera y la menor disponibilidad de recursos económicos en la comunidad. Otro 8,5% de los bienes y servicios ha experimentado una disminución leve en sus precios. Esto podría indicar una ligera reducción en los costos de producción o una menor demanda en ciertos sectores.

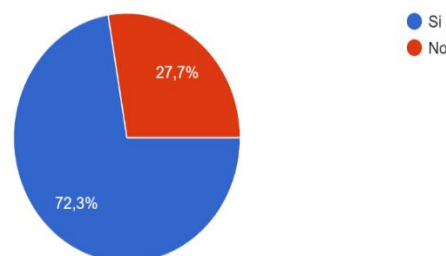
La mayoría de los bienes y servicios en Yarima, aproximadamente el 38,3%, no han experimentado cambios en sus precios. Esto podría deberse a factores estables en la oferta y demanda local, así como a la adaptación de los proveedores a las condiciones económicas actuales. El 36,2% de los bienes y servicios han experimentado un incremento leve en sus precios. Este aumento podría atribuirse a varios factores, como el incremento general de la inflación y los costos de producción, así como la llegada de personal técnico especializado foráneo que demanda servicios y productos de mejor calidad.

Un 8,5% de los bienes y servicios ha experimentado un incremento significativo en sus precios, los servicios de alimentación y los servicios públicos son los que han tenido un aumento destacado. Esto puede deberse a la llegada de personal técnico foráneo que exige una mejor calidad de servicios y alimentación, lo que a su vez aumenta los costos para los restaurantes, fruterías y panaderías locales.

Ilustración 27 Resultados de afectación negativa en inversión y desarrollo en Yarima.

¿Consideras que el abandono del pozo petrolero ha afectado negativamente la inversión y el desarrollo en la comunidad?

47 respuestas



Fuente: Elaboración propia

El 72,3% de las personas encuestadas indica que la inversión petrolera y el desarrollo de la comunidad se han visto afectados por el abandono del campo petrolero Colorado en Yarima. Esto sugiere que la mayoría de la comunidad percibe un impacto negativo en términos de inversión y desarrollo local. Aunque se han realizado inversiones en adecuación de vías, reforzamiento de puentes y apoyo en la gasificación urbana y rural, estas acciones están

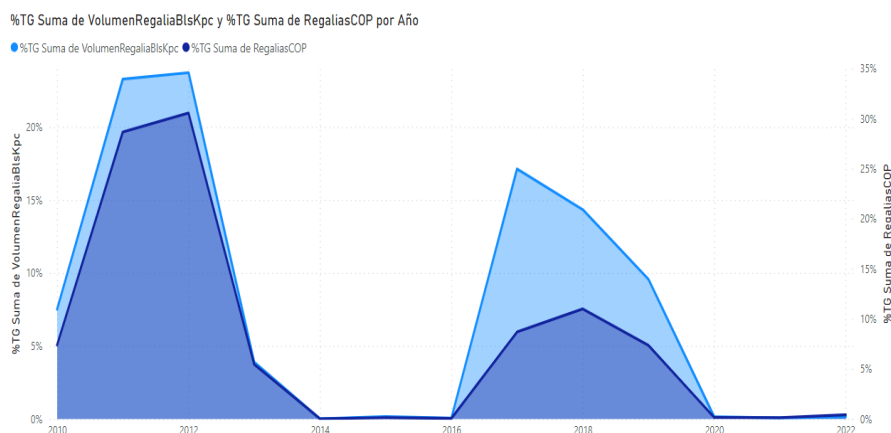
destinadas principalmente al proceso de abandono del campo y no se traducen en mejoras significativas para la comunidad en términos de infraestructura, escuelas, geriátricos y centros médicos. El presupuesto de abandono es limitado y está sujeto a estricto seguimiento y justificación de gastos por parte de Ecopetrol como entidad que maneja recursos públicos.

Las necesidades de la comunidad deberían ser atendidas por el municipio con el apoyo del alcalde y la gobernación, ya que el campo petrolero no genera ingresos económicos directos ni hidrocarburos que puedan contribuir al desarrollo local. Esto implica que la comunidad espera que las autoridades locales asuman la responsabilidad de suplir las necesidades básicas y promover el desarrollo de la comunidad en ausencia de los ingresos provenientes de la industria petrolera.

Para ver la totalidad de resultado de la encuesta, ver Anexo 3 Resultados encuesta económica.

Variable ingresos por regalías (Gubernamental/Departamental)

Ilustración 28 Ingresos por regalías 2010-2022 municipio San Vicente de Chucurí.



Fuente: Estadísticas e Informes ANH.

La Ley 141 de 1994 establece que las regalías se distribuyen en tres niveles: nacional, regional y municipal. A nivel nacional, se destinan recursos para financiar programas y proyectos de desarrollo económico y social en todo el país. A nivel regional, las regalías se asignan a las regiones productoras de recursos naturales no renovables, con el fin de compensar los impactos

socioeconómicos y ambientales generados por la explotación. A nivel municipal, se destinan recursos para financiar proyectos de inversión en los municipios cercanos a las áreas de explotación.

El campo Colorado, situado en el municipio de San Vicente de Chucurí, forma parte del Convenio Magdalena Medio, un contrato firmado con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) el 19 de agosto de 2009. Según la Ley 141 de 1994, se acordó un porcentaje del 20% de la producción mensual del campo para el pago de regalías. Durante el período analizado 2010-2022, se recibió un total de \$16.452.726.242 COP en regalías (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2023), pero la recaudación varía considerablemente de un año a otro debido a distintos factores.

En los años 2011 a 2013 se tuvo un incremento significativo de las regalías, en el 2011 se inició un Convenio Interadministrativo de Colaboración Empresarial con fines científicos y tecnológicos entre la Universidad Industrial de Santander y Ecopetrol S.A. Sin embargo, debido a desacuerdos entre ambas partes, el convenio finalizó en 2014, lo que llevó al cierre del campo. En 2017, se reanudó la operación del campo mediante un contrato de operación y mantenimiento con la empresa OMIA S.A.S., contratada por Ecopetrol S.A. No obstante, debido a la inviabilidad económica para continuar la actividad extractiva, OMIA S.A.S. dejó de operar el campo en noviembre de 2019, y se decidió iniciar el proceso de abandono definitivo de los pozos, el desmantelamiento de las instalaciones y la recuperación ambiental de las áreas intervenidas. El proceso de abandono del campo comenzó en 2019 y se prevé que continúe hasta 2025, fecha en la que se completarán todas las actividades planificadas.

La variación del dinero recibido de regalías puede afectar significativamente a un municipio en varios aspectos:

- El dinero de las regalías ha sido utilizado para financiar proyectos de infraestructura en el municipio, como la construcción o mejora de carreteras, puentes, escuelas, hospitales, sistemas de agua potable y alcantarillado, entre otros. Con la reducción en los recursos de

regalías, es posible que el municipio tenga dificultades para llevar a cabo estas inversiones y, en consecuencia, pueda haber un estancamiento en el desarrollo de la infraestructura y los servicios públicos.

- Las regalías también han sido destinadas a proyectos que impulsan el desarrollo económico del municipio, como el apoyo a emprendedores locales, programas de capacitación laboral, fortalecimiento del sector agropecuario, promoción del turismo, entre otros. Con la disminución en los recursos de regalías, puede haber un impacto negativo en la generación de empleo y en las oportunidades económicas para la comunidad local.
- Los recursos de regalías también han sido utilizados para financiar programas sociales, como programas de educación, salud, vivienda, asistencia social y cultura. Si los ingresos de regalías disminuyen, podría haber una reducción en la capacidad del municipio para brindar servicios sociales de calidad y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

A pesar del cierre del campo Colorado, el municipio sigue recibiendo regalías debido a que la gobernación continúa percibiendo ingresos por regalías de otros campos en producción de hidrocarburos en todo el departamento. Además, existen otras industrias como la minería que también contribuyen al pago de regalías para respaldar el desarrollo económico del municipio. Sin embargo, se ha observado una disminución significativa en las regalías recibidas debido a la falta de ingresos provenientes del campo Colorado. A pesar de esto, los recursos de regalías provenientes de otras fuentes siguen siendo una fuente importante de apoyo para el progreso y crecimiento del municipio.

Finalmente, a pesar de que el abandono de pozos petroleros es muy habitual en Colombia, y en general en Suramérica, podemos mencionar que es muy limitada la bibliografía científica reportada para estas zonas de América sobre el tratamiento tras la explotación petrolera o de gas; sin embargo; en los Estados Unidos Howden (Howden., y otros, 2019)) y colaboradores reportan que la perforación de petróleo y gas no convencional (UOG) ha tenido un rápido

crecimiento en la formación Fayetteville Shale en Arkansas, a pesar del abandono de más de 1000 pozos, la restauración de la tierra ha sido limitada, lo que ha causado pérdidas en los servicios ecosistémicos. Por otro lado, se estima que la restauración de estas tierras generaría beneficios económicos y ambientales significativos, superando los costos de restauración. Se pronostica un aumento en la tasa de abandono de pozos hasta 2050, lo que indica un alto potencial para la restauración futura. Así mismo, (Varriano, y otros, 2021) y colaboradores indican que la infraestructura de combustibles fósiles en EE. UU. tiene impactos significativos en el uso del suelo, con consecuencias ambientales persistentes. Este estudio encontró más de 430,000 pozos restaurables en distintas ecoregiones. La restauración de estas tierras generaría beneficios netos de \$21,000 millones de dólares en servicios ecosistémicos, con costos de restauración de \$7,000 millones de dólares. Enfoques específicos en ecoregiones podrían generar mayores beneficios ambientales y económicos, como seguridad alimentaria, protección de la biodiversidad y oportunidades laborales relacionadas con la restauración (Howden., y otros, 2019) (Varriano, y otros, 2021).

Para ver los datos del análisis de producción, ver Anexo 4 Datos de producción del campo Colorado.

Cabe anotar que, tanto en Colombia como en los Estados Unidos o cualquier región productora de petróleo, los pozos huérfanos de petróleo y gas representan un desafío ambiental y financiero para los gobiernos. La clausura de estos pozos es costosa y muchos quedan abandonados. Los gobiernos federales están invirtiendo miles de millones de dólares para abordar el problema y apoyar a la industria (Kang, y otros, 2021). En Estados Unidos y Canadá, hay millones de pozos históricos y activos, y la mayoría está inactiva o no ha sido clausurada. Obtener financiamiento para cerrar los pozos huérfanos permitiría superar las tasas actuales de clausura. Es crucial garantizar los beneficios ambientales a largo plazo y minimizar los impactos de los millones de

pozos abandonados, para facilitar una transición segura hacia una economía carbono-neutral (Kang, y otros, 2021).

CONCLUSIONES

- Se evidenciaron los riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización del ciclo productivo del campo petrolero Colorado, en el corregimiento de Yarima – Santander, Colombia mediante el estudio de las variables ambientales (impacto flora y fauna, contaminación de ríos y acuíferos, daño en suelos, silvicultura), sociales (empleabilidad de la población, calidad de vida de la población, migración social por falta de oportunidades), económicas (cambio de actividad económica, ventas en la región, ingreso por regalías).
- De acuerdo con la variable de impacto flora y fauna se determinó que durante el año 2005 y 2013 en la región de Yarima hubo una pérdida de 0,36 % de especies. Es importante resaltar que esta disminución tiene graves implicaciones para el equilibrio ecológico y la biodiversidad en la región de Yarima. La flora y la fauna desempeñan roles fundamentales en los ecosistemas, como la polinización de plantas, la regulación de poblaciones y la estabilización de los ciclos biogeoquímicos.
- Los parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales y sedimentos determinaron que, en la región de Yarima, específicamente en el campo Colorado 16 y Pitting 4 (Río Fuego, Quebrada NN y acuíferos aledaños); no existe daño significativo en el ecosistema, ya que las variables están bajo los límites normativos exigidos, y no hubo presencia de elementos extraños, ni de hidrocarburos, aromáticos, grasas, aceites en las zonas estudiadas.
- El análisis multitemporal permitió evaluar el daño en suelos, evidenciando el incremento en áreas construidas para la explotación petrolera y extracción de hidrocarburos, significando pérdida en bosques y cobertura vegetal. Sin embargo, por otro lado, los parámetros fisicoquímicos evaluados en suelos en diferentes puntos del corregimiento de Yarima donde

hubo explotación evidencian que la calidad del suelo no ha variado, debido a que esta zona ha sido explorada ya por más de 60 años; no obstante, los resultados también se encuentran por debajo de los niveles normativos exigidos sugiriendo que la calidad de los suelos no está contaminada por ningún tipo de tóxico proveniente de la explotación petrolera. Dicho comportamiento es similar en la variable Pérdida de hectáreas en bosque.

- La mayoría de la población no ha recibido compensación directa por la presencia del pozo petrolero. Esto puede deberse a las restricciones corporativas y a la política de Ecopetrol de no otorgar compensaciones a personas naturales, a menos que se cumplan ciertas condiciones legales y de negociación. Sin embargo, un segmento minoritario de la comunidad ha reportado recibir beneficios económicos y oportunidades de trabajo relacionados con la industria petrolera.
- Durante el abandono del campo Colorado en Yarima, se observa una variedad de cambios en los precios de los bienes y servicios. Mientras algunos han experimentado disminuciones, otros han mostrado incrementos, especialmente en los sectores de alimentación y servicios públicos. Estos cambios pueden tener un impacto directo en la comunidad local, ya que los costos de los negocios locales aumentan debido a la demanda de servicios y productos de mejor calidad por parte del personal técnico foráneo y el impacto general de la inflación.
- La mayoría de la comunidad de Yarima percibe un impacto negativo en la inversión petrolera y el desarrollo de la comunidad debido al abandono del campo petrolero Colorado. Aunque se han realizado algunas inversiones relacionadas con el proceso de abandono, estas no han generado mejoras significativas en la infraestructura y servicios locales. La comunidad espera que las autoridades municipales y gubernamentales asuman un papel activo en la satisfacción de las necesidades y el desarrollo de la comunidad en ausencia de los ingresos provenientes de la industria petrolera.

- La comunidad de Yarima reconoce inversiones sociales realizadas por la industria petrolera durante su estadía en la región. Se destacan inversiones en mantenimiento de vías, reforzamiento de puentes, gasificación urbana y rural, y la construcción de un parque infantil. Estas inversiones pueden contribuir al desarrollo y bienestar de la comunidad, mejorando la infraestructura, los servicios y las oportunidades recreativas en la región.
- Hay una diversidad de percepciones en la comunidad de Yarima con respecto a los cambios en la calidad del aire o del agua desde la instalación del pozo petrolero. Mientras que una parte importante de la comunidad no ha sentido cambios significativos, otros han percibido algunos cambios, posiblemente relacionados con la deforestación, el crecimiento poblacional y el tráfico de vehículos pesados. Es importante tener en cuenta que, según los datos proporcionados, el impacto actual de la industria petrolera es mínimo debido al cese de la actividad en el campo.
- Una de las alternativas para mitigar el impacto negativo por el abandono de pozos petroleros es la conversión de pozos de petróleo y gas agotados para extraer energía geotérmica siendo esta una propuesta prometedora para prolongar la vida económica de estos pozos. Sin embargo, se necesita una visión general integral que abarque aspectos técnicos, económicos y políticos para una implementación exitosa. De acuerdo a (Kurnia. J.C., y otros, 2022) la falta de información esencial ha retrasado el desarrollo de la tecnología, ya que la mayoría de los estudios se han centrado solo en algunos aspectos. Kurnia y colaboradores realizan una revisión exhaustiva de la extracción de energía geotérmica de pozos de petróleo abandonados, abordando desafíos técnicos, económicos y políticos. Se identifican áreas de investigación y desarrollo necesarias, así como políticas para avanzar en esta tecnología. En definitiva, en conclusión, la información de Kurnia puede servir como una guía sólida para la conversión de pozos de petróleo abandonados en pozos de energía geotérmica.

- Para reducir los impactos de la variable ambiental por el abandono del campo petrolero Colorado, se propone el estricto seguimiento al proceso de abandono, con especial foco en las actividades relacionadas con el cierre del pozo o perforación, de manera que se eviten futuras filtraciones y fugas al medio ambiente; adicionalmente, el seguimiento continuo a las actividades de recuperación ambiental de los pozos abandonados será fundamental para garantizar la recuperación de áreas boscosas y la revegetalización de la zona, lo que, además de impactar positivamente las variables de pérdida de bosques y daño en uso de suelo, también significará la restauración de hábitats para las especies nativas. En cuanto a las condiciones fisicoquímicas del suelo no se proponen mejoras debido a que los indicadores analizados muestran que este recurso está dentro de los límites permitidos por las autoridades ambientales. Así mismo, no se encontró evidencia de contaminación en el ecosistema acuático debido a la actividad petrolera y abandono del pozo en esta región, por lo que tampoco se identifican oportunidades de mejora adicional al anteriormente mencionado referente al estricto seguimiento de clausura de pozo.
- Para la mitigación de los impactos sociales producto del abandono del campo, se proponen ciclos de capacitación pública y abierta para los habitantes de la región enfocadas a reforzar los conocimientos acerca de las actividades económicas de la región diferentes a las directa o indirectamente vinculadas a los hidrocarburos, entre los que se identifican: cultivo de palma de caca, ganadería lechera y para consumo, actividades de comercio de bienes y servicios. Adicional a estas capacitaciones que apalancarán los procesos productivos de la región, también se propone la creación de programas de apoyo financiero para nuevos emprendimientos exclusivos para la región, que aporten a la empleabilidad y que, en la medida de lo posible, utilice insumos producidos por los mismos pobladores.

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1 Calculo afectación flora y fauna.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2 Datos daño en suelos.	48
Anexo 3 Datos pérdida hectáreas de bosque.	58
Anexo 4 Resultados encuesta social.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5 Resultados encuesta económica.	79
Anexo 6 Datos de producción del campo Colorado.	82

LISTA DE REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2023). Obtenido de Agencia Nacional de Hidrocarburos: <https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/regal%C3%ADas-de-producci%C3%B3n/estad%C3%ADsticas-e-informes/>
- Aristizabal-H, G., Goerke-Mallet, P., Krestchmann, J., & Restrepo-Baena, O. J. (2023). Sustainability of coal mining. Is Germany a post-mining model for Colombia? *Resources Policy* 81.
- Avellaneda, A. (2005). Petróleo, seguridad ambiental y exploración petrolera marina en Colombia. *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, 11-17.
- Bedoya, J., & Zapata, C. (2003). Guía para las Operaciones de Abandono en la Industria del Petróleo y del Gas. Gestión y Ambiente.
- Calao Ruiz, J. E. (2007). Caracterización Ambiental de la Industria Petrolera: Tecnologías Disponibles para la Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN.
- DANE. (2023). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de DANE INFORMACIÓN PARA TODOS: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- DIAN. (17 de 03 de 2022). *DIAN - RUT*. Obtenido de *DIAN - RUT TRAMITES Y CONSULTAS*. Obtenido de <https://dian-rut.com/codigo-ciiu/0610/>
- Dick Bernal, L. E., & Ojeda Triana, P. C. (Noviembre de 2017). DISEÑO DE UN PLAN DE REABANDONO DE UN POZO TIPO EN EL CAMPO. *Tesis*. Bogotá: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.
- Ecopetrol. (2019). *Valoración Integral de Riesgos y Plan de Acción Gasoducto Inactivo Colorado 6 y Pozo inactivo Colorado 48*. San Vicente de Chucurí.
- Ecopetrol. (12 de 03 de 2021). *Estructura Societaria*. Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/grupoEcopetrolPagina/EstructuraSocietaria>:
<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/grupoEcopetrolPagina/EstructuraSocietaria>
- fbombab. (19 de Marzo de 2018). *Más Datos Mejores Decisiones*. Obtenido de <https://goo.gl/5hjLef>

- García Marí, J. H., Sánchez Vidal, J., & Tomaseti Solano, E. (2016). Fracaso empresarial y efectos contagio. Un análisis espacial para España. *El trimestre económico*, 83(330).
Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2016000200429&lng=es&tlng=es.
- García-Marí, José Horacio, Sánchez-Vidal, Javier, & Tomaseti-Solano, Eva. (2016). *Fracaso empresarial y efectos contagio. Un análisis espacial para España*. Obtenido de El trimestre económico, 83(330):
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2016000200429&lng=es&tlng=es.
- Gaviria González, T. (29 de 04 de 2022). *La Republica*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/>: <https://www.larepublica.co/economia/los-retos-de-ecopetrol-frente-a-la-transicion-energetica-durante-los-proximos-anos-3352981>
- Gorbaneff, Y., Uribe G, E. M., & Hoyos, G. (2012). LOS CÓDIGOS DE CONDUCTA DE LAS EMPRESAS PETROLERAS EN COLOMBIA: UNA CARACTERIZACIÓN. *Revista de Economía Institucional*, 193-205.
- Howden., C. M., Stone, E. T., Nallur, V., McClung, M. R., & Moran, M. D. (2019). Impact of the Bakken/Three Forks unconventional oil and gas development on natural habitats in Nort Dakota. *Land Degradation and Development. Volume 30, Issue 5*, 524-532.
- ICONTEC. (1994). NTC 3656. *Gestión Ambiental. Suelo. Toma de muestras para suelo determinar contaminación*. Bogotá, Colombia.
- ICONTEC. (1996). NTC 5667-10. *Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Guía para muestreo de aguas subterráneas*. Bogotá, Colombia.
- ICONTEC. (2022). NTC 5667-10. *Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Muestreo de aguas residuales*. Bogotá, Colombia.
- Kang, M., Brandt, A. R., Zheng, Z., Boutot, J., Yung, C., Peltz, A. S., & Jackson, R. B. (2021). Orphaned oil and gas well stimulus-maximizing economic and environmental benefits. *Elementa. Volume 9, Issue 128*.
- Kurnia. J.C., Shatri, M. S., Putra, Z. A., Zaini, J., Caesarendra, W., & Sasmito, A. P. (2022). Geothermal energy extraction using abandoned oil and gas wells Techno.economic and policy review. *Journal of Energy Research. Volume 46, Issue 1*, 28-60.
- Louisiana. (2010). Protocolo Louisiana 29B. *Subpart 1 - Statewide Order No. 29-B*. USA.
- MCS No 2000744. (2020). *Reporte de resultados de analisis de Laboratorio*. Bogotá.

- MCS No 2000747. (2020). *Reporte de resultados de analisis de Laboratorio No. 2000747*. Bogotá.
- MCS No 2000748. (2020). *Reporte de resultados de analisis de Laboratorio No. 2000748*. Bogotá.
- MCS No 2000782. (2020). *Reporte de analisis de Laboratorio No. 2000782*. Bogotá.
- MCS No 2000784. (2020). *Reporte de resultados de Laboratorio No. 2000784*. Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía. (02 de 09 de 2009). Resolución 181495 de 2009. Bogotá: Diario Oficial N0. 47.462.
- Ministerio de Minas y Energía. (8 de 07 de 2022). Resolución 40230 DE 2022. Bogotá: Diario Oficial No. 52.089.
- Montero Peña, J. M., & Salazar Perez, Y. (2011). La reinserción laboral tras el cierre de minas: una vía para lograr el desarrollo sustentable en la minería. 64-87. *Minería y Geología*, 27(4). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223522428003>
- MSC No 2000779. (2020). *Reporte de resultados de Laboratorio No. 2000779*. Bogotá.
- MSC No 2000822. (2020). *Reporte de resultados de Laboratorio No. 2000822*. Bogotá.
- Nourani Rinaldi, P. (2023). Water science in the public sphere: A narrative network analysis of fracking and oil spills in Colombian media. *The Extractive Industries and Society*.
- Perdomo, S. J. (7 de 12 de 2018). DEBILIDAD NORMATIVA DEL ABANDONO DEFINITIVO DE POZOS EN LA INDUSTRIA DE. Bogotá: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- Sector Ambiente y Desarrollo, D. Ú. (26 de 05 de 2015). Decreto 1076 de 2015. Bogotá, Colombia.
- Serna, H. (2015). *De la Planeación a la Ejecución, un proceso estratégico periodo 2011-2010*. Medellín: Fundación Universitaria María Cano.
- Siyongwana, P. Q., & Shabalala, A. (2019). The socio-economic impacts of mine closure on local communities: evidence from Mpumalanga Province in South Africa. 367-380. *GeoJournal* 84. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9864-5>
- Tarazona, D. (30 de 09 de 2022). *En Colombia se han presentado 2133 incidentes y derrames de hidrocarburos entre 2015 y junio de 2022*. Obtenido de Mongabay: <https://es.mongabay.com/2022/09/cuantos-incidentes-y-derrames-de-petroleo-se-han-presentado-en-colombia/>

- Varriano, W., Sofia, Lefler, L. H., Nallur, V., McClung, M. R., & Moran, M. D. (2021). Ecosystem services benefits from the restoration of non-producing US oil and gas lands. Haden Chromposy. *Nature Sustainability. Volume 4, Issue 6*, 547-554.
- Veiga, M. M., Scoble, M., & McAllister, M. L. (2009). Mining with communities. Natural Resorces Forum a United Stations Sustainable Development Journal. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2001.tb00761.x>