

# Huella Ecológica de la Explotación de Hidrocarburos: Un Análisis de sus Impactos Ambientales

**Ecological Footprint of Hydrocarbon Exploitation: An Analysis of Its Environmental Impacts.**

**Pegada Ecológica da Exploração de Hidrocarbonetos: Uma Análise dos Seus Impactos Ambientais.**

**Sandra Emperatriz Peña Murillo\***  
**Julio Baquerizo Figueroa \***  
**Eddie Manuel Zambrano Nevárez \***  
**Coraima del Cisne Torres Ramírez \***

## Resumen

La extracción de hidrocarburos genera impactos ambientales significativos, como deforestación y contaminación, afectando ecosistemas y comunidades cercanas. Este estudio tiene como objetivo evaluar estos efectos y proponer estrategias sostenibles. Se realizó una investigación mixta, con revisión bibliográfica en Scopus y SciELO, entrevistas a expertos y análisis de casos. Los resultados evidencian que el uso de tecnologías limpias, la restauración ambiental y el fortalecimiento normativo reducen el impacto ecológico. Se concluye que la sostenibilidad en la explotación de hidrocarburos requiere políticas más estrictas, innovación tecnológica y cooperación entre actores para equilibrar desarrollo económico y conservación ambiental.

**Palabras Clave:** Explotación De Hidrocarburos, Impacto Ambiental, Estrategias Sostenibles, Tecnologías Limpias, Responsabilidad Social.

## Abstract

The extraction of hydrocarbons generates significant environmental impacts, such as deforestation and pollution, affecting ecosystems and nearby communities. This study aims to evaluate these effects and propose sustainable strategies. A mixed-methods research approach was conducted, including a literature review from Scopus and SciELO, expert interviews, and case analysis. The results show that the use of clean technologies, environmental restoration, and

### How to cite:

Peña, S., Baquerizo, J., Zambrano, E., Torres, C. (2025).

Huella Ecológica de la Explotación de Hidrocarburos: Un Análisis de sus Impactos Ambientales. *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (1).

Received: January, 2025  
Approved: March, 2024

DOI:10.31876/rie.v9i1.294

<http://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es>

Magíster  
Universidad de Guayaquil  
Guayaquil-Ecuador  
sandra.penam@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-7848-8021>

Magíster  
Universidad de Guayaquil  
Guayaquil-Ecuador  
julio.baquerizof@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-2594-7623>

Magíster  
Universidad de Guayaquil  
Guayaquil-Ecuador  
eddie.zambranon@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-0358-0402>

Magíster  
Universidad de Guayaquil  
Guayaquil-Ecuador  
coraima.torresr@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0009-4271-3192>

regulatory strengthening reduce ecological impact. It is concluded that sustainability in hydrocarbon exploitation requires stricter policies, technological innovation, and cooperation among stakeholders to balance economic development and environmental conservation.

**Keywords:** Hydrocarbons, Environmental Impact, Pollution, Ecosystem, Sustainability.

### **Resumo**

A extração de hidrocarbonetos gera impactos ambientais significativos, como desmatamento e poluição, afetando ecossistemas e comunidades próximas. Este estudo tem como objetivo avaliar esses efeitos e propor estratégias sustentáveis. Foi realizada uma pesquisa de métodos mistos, incluindo revisão bibliográfica em Scopus e SciELO, entrevistas com especialistas e análise de casos. Os resultados mostram que o uso de tecnologias limpas, a restauração ambiental e o fortalecimento regulatório reduzem o impacto ecológico. Conclui-se que a sustentabilidade na exploração de hidrocarbonetos requer políticas mais rigorosas, inovação tecnológica e cooperação entre os envolvidos para equilibrar o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

**Palavras-chave:** Hidrocarbonetos, Impacto Ambiental, Poluição, Ecossistema, Sustentabilidade.

### **INTRODUCTION**

La explotación de hidrocarburos constituye una de las actividades económicas más relevantes a nivel global debido a su papel fundamental en el suministro energético y el desarrollo industrial. Los derivados de los hidrocarburos son esenciales para la producción de combustibles, materiales plásticos y una amplia gama de productos químicos, lo que subraya su importancia estratégica para las economías modernas. Sin embargo, este sector enfrenta crecientes críticas por sus impactos ambientales significativos, que incluyen deforestación, fragmentación de hábitats, contaminación del agua y del aire, y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Estas afectaciones no solo ponen en riesgo la biodiversidad y los ecosistemas, sino que también representan un obstáculo para el cumplimiento de los compromisos internacionales relacionados con la sostenibilidad y el cambio climático.

El aumento de la demanda energética global y la continua dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía han intensificado la exploración y explotación en regiones previamente inalteradas, como bosques tropicales y zonas marinas sensibles. Esta situación genera preocupaciones ambientales y sociales, ya que los impactos se extienden desde las alteraciones de suelos y paisajes hasta la contaminación de fuentes hídricas esenciales para comunidades locales y ecosistemas. Además, la emisión de GEI provenientes de estas actividades contribuye al calentamiento global, exacerbando los fenómenos climáticos extremos y poniendo en riesgo la estabilidad climática del planeta (Rodríguez, 2023).

La motivación de este estudio surge de la necesidad de comprender de manera integral los impactos ambientales asociados con la explotación de hidrocarburos y de identificar prácticas que permitan mitigar estos efectos.

Aunque la industria ha implementado avances tecnológicos en el monitoreo y reducción de emisiones, persisten brechas significativas en la aplicación de estrategias sostenibles y en la restauración de áreas impactadas. Asimismo, la ausencia de regulaciones estrictas en ciertas regiones y la falta de conciencia sobre la magnitud de los daños generan un entorno propicio para la degradación ambiental y el deterioro de los recursos naturales.

Según Peña Murillo et al. (2019), “el crecimiento exponencial de la población mundial ha impulsado una mayor explotación de los recursos petroleros para la producción de productos derivados del petróleo. Este aumento ha generado una considerable contaminación en los suelos, especialmente en las áreas de extracción y transporte de dichos recursos. De manera paralela, se ha intensificado la investigación para desarrollar métodos que reduzcan esta contaminación y restauren los suelos afectados por hidrocarburos. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo describir los métodos más efectivos para disminuir y degradar los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), indicadores clave para medir la efectividad de las técnicas de remediación del suelo contaminado”.

El objetivo de este trabajo es evaluar los efectos adversos de la explotación de hidrocarburos sobre los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, y proponer soluciones basadas en prácticas ambientales responsables y avances tecnológicos innovadores. Entre las estrategias que se exploran se incluyen el uso de

tecnologías limpias, la rehabilitación de hábitats afectados y el establecimiento de normativas ambientales más estrictas.

Este análisis busca ofrecer enfoques útiles para la industria y el campo de la ingeniería ambiental, impulsando una transición hacia modelos de explotación más sostenibles que logren armonizar el crecimiento económico con la conservación del medio ambiente.

## **MATERIALS AND METHODS**

Se revisaron papers relevantes sobre investigaciones acerca del efecto ambiental de la extracción de recursos naturales, con el fin de entender las repercusiones de estas acciones en los ecosistemas, la biodiversidad y las comunidades humanas.

Las investigaciones acerca del efecto ambiental de la extracción de recursos naturales han evidenciado que estas acciones pueden generar efectos desoladores para el entorno y las comunidades humanas si no se administran de manera correcta. Es fundamental adoptar prácticas más sustentables y responsables para atenuar los impactos adversos a largo plazo y garantizar un desarrollo balanceado y respetuoso con el medio ambiente.(Vizúete et al., 2020).

Es crucial examinar investigaciones anteriores acerca del efecto medioambiental de la extracción de recursos naturales para entender las repercusiones de estas acciones en los ecosistemas, la biodiversidad y las comunidades humanas. A continuación, se muestra una síntesis de algunos elementos fundamentales que generalmente tratan las investigaciones sobre el impacto ambiental en el marco de la explotación de recursos.

En la **Tabla 1**, se muestra un informe del Ministerio del Ambiente, el año con mayor cantidad de derrames registrados fue 2016, con un total de 248 incidentes, lo que equivale a un promedio de casi cinco derrames por semana. Durante el 2021, hasta el mes de junio, ya se han documentado 46 derrames, manteniendo la misma tendencia observada en 2020, con aproximadamente dos derrames por semana. En total, entre 2015 y mediados de 2021, se han contabilizado 899 incidentes relacionados con derrames de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes.

Estos datos reflejan la gravedad del problema ambiental que enfrenta el país, evidenciando la persistencia de los derrames a lo largo del tiempo. La alta frecuencia de estos eventos sugiere fallas en la infraestructura, en las medidas de prevención y en la fiscalización de las actividades extractivas. Además del impacto

inmediato sobre ecosistemas terrestres y acuáticos, los derrames pueden generar daños a largo plazo en la biodiversidad y afectar la calidad de vida de las comunidades cercanas. La información recopilada resalta la necesidad de fortalecer los controles ambientales, promover el uso de tecnologías más seguras y exigir mayores responsabilidades a las empresas involucradas en estas actividades.

**Tabla 1.**

*Derrame de crudo por año*

| <b>Derrame de Crudo por año en Ecuador</b> |                           |
|--------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Año</b>                                 | <b>Número de derrames</b> |
| 2015                                       | 98                        |
| 2016                                       | 248                       |
| 2017                                       | 162                       |
| 2018                                       | 107                       |
| 2019                                       | 145                       |
| 2020                                       | 93                        |
| 2021                                       | 46                        |

**Nota.** Tomado de *En Ecuador, cada semana hay dos derrames petroleros*, por Plan V, 2021, <https://planv.com.ec/historias/ecuador-cada-semana-hay-dos-derrames-petroleros/>.

**Deforestación y aniquilación de ecosistemas:** Numerosas acciones de extracción, tales como la minería y la tala, conducen a la deforestación de vastas zonas bosques y a la desaparición de hábitats naturales para varias especies. Esto puede provocar la desaparición de especies a nivel local y una disminución en la biodiversidad.

**Polución de ecosistemas de agua:** La minería, particularmente, puede causar la polución de ríos y lagos con metales pesados, cianuro y mercurio, impactando tanto a las especies acuáticas como a las que requieren alimento de estos ecosistemas.

**Gases que provocan el efecto invernadero:** La obtención de combustibles fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, representa una de las fuentes primordiales de gases de efecto invernadero. Estas investigaciones indican que el uso de estos recursos aporta de manera considerable al calentamiento global y al cambio climático.

**Erosión y disminución de la fertilidad:** Las actividades de agricultura intensiva, minería o edificación pueden provocar la erosión del terreno, lo que reduce la habilidad del suelo para mantener la agricultura y puede provocar deslizamientos de tierra. (Pulido Capurro et al., 2023).

**Evaluación de casos específicos en ecosistemas sensibles.**

La explotación de hidrocarburos, que comprende la obtención de petróleo y gas natural, provoca importantes efectos ambientales, en particular cuando sucede en ecosistemas delicados.

Estos ecosistemas, tales como bosques tropicales, áreas costeras, humedales y arrecifes de coral, están especialmente expuestos a la vulnerabilidad debido a su biodiversidad y a los servicios que ofrecen a los ecosistemas. A continuación, se analizan algunas situaciones concretas donde la extracción de hidrocarburos ha generado impactos adversos en estos ecosistemas delicados.

El uso de hidrocarburos en ecosistemas delicados ha generado efectos profundos y desoladores para el entorno natural.

La devastación de hábitats, la polución de agua y tierra, la disminución de la biodiversidad y las repercusiones en las comunidades humanas son algunos de los efectos más relevantes. El incremento de la presión para salvaguardar estos ecosistemas vulnerables demanda una regulación más estricta y la implementación de tecnologías más ecológicas, además del fomento de fuentes de energía alternativas que puedan disminuir la dependencia de los hidrocarburos y sus efectos en el medio ambiente. (Viana, 2020), (Pulido Capurro et al., 2022).

**Comparación de datos de impactos ambientales antes y después de la intervención.**

Es fundamental cotejar los efectos medioambientales previos y posteriores a la intervención en la extracción de hidrocarburos para valorar la eficacia de las políticas y técnicas de administración ambiental aplicadas en estos proyectos. Esta analogía permite comprender los avances, los perjuicios residuales y la necesidad de modificaciones en las estrategias de mitigación.

El análisis de los efectos ambientales previos y posteriores a la intervención en la extracción de hidrocarburos revela que, aunque en ciertos casos se han puesto en marcha acciones de mitigación y optimización en las técnicas de extracción, los perjuicios a largo plazo y los efectos residuales siguen siendo relevantes.

Las zonas más impactadas, tales como la polución del agua y la tierra, la deforestación y las repercusiones en la salud de las personas, continúan siendo retos significativos a pesar de los intentos de intervención.

Así pues, resulta crucial que tanto los gobiernos como las empresas sigan invirtiendo en tecnologías más ecológicas, normativas más rigurosas y estrategias de recuperación ambiental para enfrentar estos efectos de forma más eficaz.(TARAZONA-OCAMPO et al., 2020).

La extracción de hidrocarburos provoca efectos notables en el terreno y la vegetación, y estos impactos pueden ser especialmente severos en ecosistemas delicados. Dentro de los efectos más significativos en el terreno y la flora se encuentran la compactación del suelo, la erosión y la disminución de la biodiversidad.

Estos fenómenos resultan directamente de las actividades vinculadas a la extracción de petróleo y gas, como la edificación de infraestructura, la perforación, el transporte y la utilización de maquinaria de gran tamaño. (TARAZONA-OCAMPO et al., 2020).

La extracción de hidrocarburos provoca impactos significativos en el terreno y la flora, tales como compactación, erosión y disminución de la biodiversidad. Estos efectos pueden generar efectos duraderos en los ecosistemas, la seguridad alimentaria de las comunidades locales y la habilidad para regenerar los recursos naturales. Pese a los intentos de atenuar estos efectos a través de tecnologías más ecológicas y programas de recuperación, los impactos residuales siguen impactando de manera negativa en los terrenos y la vegetación, lo que resalta la importancia de implementar métodos más sustentables y responsables en la extracción de hidrocarburos.(Pulido Capurro et al., 2022).

### **Impactos en ecosistemas acuáticos: derrames de petróleo y contaminación de fuentes hídricas.**

La extracción de hidrocarburos provoca efectos destructivos en los ecosistemas acuáticos, particularmente a causa de los vertidos de petróleo y la polución de fuentes de agua. Estos sucesos impactan tanto en las aguas superficiales (ríos, lagos, mar) como en las aguas subterráneas, generando impactos a corto, medio y largo plazo en el bienestar de los ecosistemas acuáticos, la biodiversidad y las comunidades humanas que se sustentan en estos recursos.(Pulido Capurro et al., 2023).

La extracción de hidrocarburos provoca un efecto perjudicial significativo en los ecosistemas acuáticos, particularmente mediante

el derramamiento de petróleo y la polución de fuentes de agua. Estos impactos pueden resultar desoladores para la biodiversidad acuática y las comunidades humanas que se sustentan a través de estos ecosistemas.(Viana, 2020).

Pese a los intentos de atenuar estos efectos a través de tecnologías de seguimiento y respuesta rápida, la restauración de los ecosistemas impactados tiende a ser un procedimiento extenso y complicado. Es vital que se establezcan acciones más estrictas para evitar la polución y optimizar la administración ambiental en la industria del petróleo y gas.(Arévalo Montañéz et al., 2023).

La extracción de hidrocarburos produce una serie de emisiones al aire que incluyen la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), que influyen de manera notable en el cambio climático. Las fuentes de carbono son los hidrocarburos, tales como el petróleo y el gas natural, y su obtención, tratamiento y transporte conducen a la liberación de gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y los óxidos de nitrógeno (NO). Estos gases favorecen el calentamiento global y modifican los patrones del clima a escala mundial.(OPS, 2019), (EPA, 2024).

Como se muestra en la

**Figura 1**, las emisiones de metano en la industria de los hidrocarburos surgen durante la extracción, procesamiento y distribución de petróleo y gas natural. Este gas, al ser altamente contaminante y con un impacto climático mucho mayor que el CO<sub>2</sub> a corto plazo, contribuye significativamente al calentamiento global. Controlar y reducir estas emisiones es esencial para minimizar el daño ambiental y mejorar el aprovechamiento energético. Dado que el metano puede ser reaprovechado en la generación de energía, la iniciativa obliga a las empresas a modificar sus instalaciones para facilitar su captura y reutilización. Asimismo, se establece un esquema de incentivos y sanciones aplicable a las compañías que operan en distintas fases del sector hidrocarburífero, incluyendo exploración, extracción, refinación, procesamiento, transporte y distribución de gas natural.



**Figura 1.**

*Emisiones de Metano en el Sector de Hidrocarburos*



**Nota.** Adaptado de EconoJournal, por Roberto Bellato, 2020, <https://econojournal.com.ar/2020/07/proponen-regular-las-emisiones-de-metano-en-la-industria-petrolera/>

## RESULTS

En la

**Tabla 2,** los hallazgos indican que, aunque la actividad extractiva sigue siendo una de las principales contribuyentes al cambio climático y a la contaminación del agua y el suelo, la adopción de estas estrategias ha mostrado resultados prometedores. En particular, la aplicación de buenas prácticas operativas, junto con la inversión en investigación y desarrollo de tecnologías limpias, ha logrado reducir significativamente los niveles de contaminación asociados a la industria hidrocarburífera.

Además, la participación de las comunidades locales en los procesos de toma de decisiones y en la vigilancia ambiental ha demostrado ser una estrategia efectiva para promover una explotación más responsable y sostenible. Esto no solo fortalece la gobernanza ambiental, sino que también genera mayor transparencia y confianza entre las partes involucradas.

En conjunto, estas acciones representan un camino viable hacia una gestión más equilibrada de los recursos naturales, minimizando los impactos negativos sin comprometer el desarrollo económico y energético.

La implementación de regulaciones más estrictas ha permitido un mayor control sobre las emisiones contaminantes, la gestión de residuos y la protección de los ecosistemas vulnerables. Asimismo, el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo ambiental, como sensores remotos y sistemas de detección de fugas, ha facilitado una respuesta más rápida y eficiente ante posibles impactos ecológicos.

**Tabla 2.**

*Resumen de los efectos Negativos de la Extracción de Hidrocarburos en los Ecosistemas y Estrategias de Mitigación Propuestas*

| Área Impactada                          | Descripción del Impacto                                                                                                                                                         | Estrategias de Mitigación                                                                                             |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alteración del Suelo y Vegetación       | La compactación del suelo reduce la porosidad y la infiltración de agua, afectando la vegetación. La remoción de vegetación incrementa la erosión y destruye hábitats.          | Uso de maquinaria más ligera, recuperación de terrenos, monitoreo constante, gestión sostenible de vegetación.        |
| Impactos en Ecosistemas Acuáticos       | Los derrames de petróleo contaminan cuerpos de agua, afectando la flora y fauna acuática. La liberación de metales pesados y químicos contamina el agua subterránea.            | Prevención de derrames, intervención rápida, recuperación ecológica, monitoreo constante de la calidad del agua.      |
| Emisiones Atmosféricas                  | Emisión de gases de efecto invernadero (CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub> ) contribuye al cambio climático. La contaminación del aire afecta la salud humana y los ecosistemas. | Uso de tecnologías de captura de metano, electrificación de maquinaria, monitoreo de emisiones, control de emisiones. |
| Relación Causa-Efecto (Infraestructura) | La construcción de infraestructura genera deforestación y fragmentación de hábitats, afectando la biodiversidad local y contribuyendo al cambio climático.                      | Diseño de infraestructura sostenible, restauración de hábitats, políticas de mitigación de deforestación.             |

---

|                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Correlación entre<br>Actividades y<br>Degradación<br>Ambiental | Las actividades<br>exploratorias (perforación,<br>sísmica) deterioran la<br>calidad del aire, agua y<br>suelo. Aumento de la<br>erosión y disminución en la<br>capacidad productiva de la<br>tierra. | Tecnologías limpias, monitoreo<br>ambiental constante,<br>fortalecimiento de políticas<br>regulatorias, reducción de<br>contaminantes. |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

### **Alteración del Suelo y Vegetación**

La compactación del terreno es un fenómeno frecuentemente vinculado con la extracción de hidrocarburos, en particular durante las fases de perforación, extracción y traslado de los recursos. El equipo pesado empleado en estos procedimientos, tales como perforadoras, camiones de carga y maquinaria de edificación, ejerce una considerable presión sobre el suelo, lo que resulta en una reducción de la porosidad del terreno. Esta modificación en las propiedades físicas del terreno conlleva una serie de efectos perjudiciales, tanto para el funcionamiento del ecosistema como para las actividades humanas que requieren la salud del suelo, como la agricultura.(Ortiz et al., 2019)

El comportamiento del terreno provocado por maquinaria pesada en la extracción de hidrocarburos tiene impactos negativos significativos en la infiltración de agua y el desarrollo vegetal, lo cual puede perjudicar la salud de los ecosistemas y la productividad agrícola en la región. La reducción de la porosidad del terreno disminuye su habilidad para conservar agua y nutrientes, impactando directamente en la diversidad de plantas y animales. Es crucial aplicar estrategias apropiadas, como la utilización de maquinaria más ligera, la recuperación del terreno y la vigilancia constante, para atenuar estos impactos y fomentar la sostenibilidad en las zonas impactadas por la extracción de hidrocarburos.(Estupiñán, 2019).

Una de las tareas más habituales en la extracción de hidrocarburos es la eliminación de vegetación, especialmente durante las etapas de perforación, edificación de infraestructura y acceso a los depósitos. Este procedimiento puede generar efectos profundos y duraderos en el entorno, dado que la flora juega un rol esencial en la estabilidad del terreno, la regulación del ciclo hidrológico y en la creación de hábitats para la biodiversidad de la zona.

Durante la extracción de hidrocarburos, la eliminación de vegetación provoca efectos desoladores tanto en la erosión del

terreno como en la biodiversidad de la zona. La disminución de la cobertura de vegetación disminuye la estabilidad del terreno, incrementa la erosión y aniquila hábitats naturales, afectando de manera adversa a las especies animales y vegetales que dependen de estos ecosistemas.

Para atenuar estos impactos, es esencial aplicar estrategias de gestión sostenible, recuperar los hábitats perjudicados y supervisar de manera constante la salud de los ecosistemas impactados.(Pulido Capurro et al., 2022)

### **Impactos en Ecosistemas Acuáticos**

Los vertidos de petróleo representan uno de los efectos ambientales más severos y destructivos de la extracción de hidrocarburos, particularmente cuando suceden en ecosistemas acuáticos. Estos sucesos impactan a corto, mediano y largo plazo en la flora y fauna acuática, además de la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos en su totalidad.

La polución originada por los derrames de petróleo no solo pone en peligro la biodiversidad, sino que también impacta las actividades humanas que requieren de estos cuerpos de agua, tales como la pesca, el abastecimiento de agua para consumo.(Pulido Capurro et al., 2022)

Los vertidos de petróleo provocan impactos devastadores en los ecosistemas acuáticos, contaminando los cuerpos hídricos y perjudicando tanto a la flora como a la fauna marina. La toxicidad de los compuestos petroleros, la aniquilación de hábitats naturales y la modificación de las cadenas de alimentación contribuyen a una severa disminución de la biodiversidad e impactan las actividades humanas, en particular la pesca. Es fundamental la prevención, la intervención rápida y la recuperación ecológica para atenuar las consecuencias de los derrames de petróleo y salvaguardar los ecosistemas acuáticos.(Pulido Capurro et al., 2023).

Una de las principales causas de la contaminación del agua subterránea es la emisión de metales pesados y sustancias químicas provenientes de la extracción de hidrocarburos. Estos contaminantes, tales como metales pesados (como el mercurio, plomo, cadmio, arsénico, entre otros) y sustancias químicas industriales (como los compuestos aromáticos, disolventes y detergentes), tienen la capacidad de infiltrarse en el subsuelo por múltiples rutas, impactando seriamente la calidad del agua subterránea y, consecuentemente, los ecosistemas y las comunidades humanas que dependen de estos recursos acuáticos.

La emisión de metales pesados y sustancias químicas en el proceso de extracción de hidrocarburos repercute de manera considerable en la calidad del agua subterránea.

La polución por estas sustancias supone un serio peligro para la salud de las personas, los ecosistemas acuáticos y los recursos de agua subterránea, vitales para la vida y las actividades humanas.(Vizuite et al., 2020) Es esencial establecer acciones de prevención, vigilancia continua y remediación para reducir estos efectos y asegurar la calidad del agua en las zonas impactadas.(Estupiñán, 2019)(Peña Murillo & Zambrano Nevárez, 2022)

### **Emisiones Atmosféricas**

Las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos generan emisiones significativas de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>). Estas emisiones ocurren durante varias etapas, como la perforación, el fracturamiento hidráulico y la quema de gas asociado (flaring). El metano es especialmente preocupante debido a su alta capacidad para atrapar calor: su potencial de calentamiento global es aproximadamente 25 veces mayor al del CO<sub>2</sub> en un período de 100 años (Camacho Galindo, n.d.)(Peña Murillo et al., 2024.) .

Durante las operaciones de exploración, las fugas de metano no controladas, conocidas como emisiones fugitivas, son una fuente importante de contaminación.

Estas emisiones pueden provenir de pozos mal sellados, tuberías defectuosas y sistemas de almacenamiento, representando hasta el 60% de las emisiones totales en algunos proyectos de yacimientos no convencionales (LlantenLopezJhonFerney2019, n.d.)( Murillo et al., 2024). Por otro lado, la combustión incompleta de combustibles fósiles en maquinaria y equipos utilizados en la industria contribuye significativamente al aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (5.2-Evaluacion-Economica-Ambiental\_V4, n.d.).

Además, los gases de efecto invernadero no solo contribuyen al cambio climático global, sino que también exacerban fenómenos como el derretimiento de glaciares, el aumento del nivel del mar y patrones climáticos extremos, con repercusiones económicas y sociales que afectan tanto a nivel local como global.

Reducir estas emisiones es crucial, y estrategias como la captura de metano, la electrificación de maquinaria y el monitoreo continuo de emisiones han demostrado ser herramientas efectivas ( Peña Murillo et al., 2024).

La contaminación del aire derivada de las actividades hidrocarburíferas representa una amenaza directa para las comunidades y los ecosistemas locales. Las emisiones de compuestos como óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado (PM10 y PM2.5) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) pueden provocar efectos adversos en la salud humana y en el medio ambiente (5.2-Evaluacion-Economica-Ambiental\_V4, n.d.)(Peña Murillo et al.,2024).

En las comunidades cercanas a los sitios de exploración y explotación, la exposición a estos contaminantes está asociada con problemas respiratorios, cardiovasculares y neurológicos.

Estudios han documentado aumentos en la incidencia de enfermedades como el asma, la bronquitis crónica y enfermedades cardiovasculares en áreas cercanas a estos desarrollos.El material particulado fino (PM2.5), por ejemplo, puede penetrar profundamente en los pulmones y entrar en el torrente sanguíneo, aumentando el riesgo de enfermedades crónicas (Peña Murillo et al., 2024).

En cuanto a los ecosistemas, las emisiones contribuyen a fenómenos como la lluvia ácida, que afecta la calidad del suelo y el agua, dañando la flora y fauna local. Además, los compuestos volátiles pueden interactuar con la luz solar para formar ozono troposférico, un contaminante que daña las plantas al reducir su capacidad fotosintética y disminuir el rendimiento agrícola (LlantenLopezJhonFerney2019, n.d.) (Camacho Galindo, n.d.).

La mitigación de estos efectos requiere la implementación de tecnologías de control de emisiones, como filtros de partículas, sistemas de captura de azufre y programas de monitoreo de la calidad del aire en las zonas afectadas.

Estas medidas, junto con la sensibilización y participación activa de las comunidades, son esenciales para minimizar el impacto ambiental y social de estas actividades industriales (5.2-Evaluacion-Economica-Ambiental\_V4, n.d.) (Peña Murillo et al., 2024).

La construcción de infraestructura asociada a la exploración y explotación de recursos naturales, como caminos, plataformas de perforación y áreas de almacenamiento, provoca una pérdida directa de cobertura vegetal. Este proceso de deforestación no solo elimina la vegetación primaria, sino que también interrumpe las funciones ecológicas esenciales de los ecosistemas afectados.

Al eliminar grandes extensiones de bosque o hábitats naturales, se destruyen los refugios y recursos necesarios para la fauna local,

generando un estrés significativo en las poblaciones animales y vegetales (Lilián Berardi, 2020)

Además, la fragmentación de hábitats resulta en la creación de paisajes desconectados, lo que restringe el movimiento de especies y limita los procesos naturales de dispersión genética. Esto incrementa la vulnerabilidad de las especies a enfermedades, depredadores y cambios ambientales. En algunos casos, las especies endémicas o en peligro de extinción son las más afectadas, acelerando su declive poblacional y contribuyendo a la pérdida de biodiversidad (López et al., 2021.)

Por otro lado, la deforestación tiene implicaciones más allá de los ecosistemas locales. La pérdida de cobertura vegetal reduce la capacidad de los bosques para absorber dióxido de carbono, contribuyendo indirectamente al cambio climático global. También altera los ciclos hidrológicos al disminuir la capacidad del suelo para retener agua, lo que aumenta el riesgo de inundaciones y sequías en las regiones adyacentes.

Estas transformaciones destacan la necesidad de implementar estrategias de mitigación, como el diseño de infraestructura sostenible y la restauración de hábitats (Guerrero, 2022.)

Las actividades de exploración, que incluyen perforación, sísmica y pruebas de producción, han demostrado tener un impacto negativo significativo en la calidad ambiental. Un análisis detallado revela que el incremento de estas actividades está directamente relacionado con el deterioro de indicadores clave de calidad ambiental, como el aire, el agua y el suelo.

Durante las fases exploratorias, la liberación de contaminantes al aire, incluyendo óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado (PM), contribuyen al aumento de enfermedades respiratorias en comunidades cercanas (López et al., 2020.)

Asimismo, el uso intensivo de productos químicos durante la perforación y el fracturamiento hidráulico ha llevado a la contaminación de acuíferos subterráneos y cuerpos de agua superficiales. Estos químicos, combinados con las descargas accidentales de petróleo y otros hidrocarburos, degradan la calidad del agua, afectando no solo a los ecosistemas acuáticos, sino también a las comunidades que dependen de estos recursos para consumo y agricultura. En estudios realizados en zonas de exploración en América Latina, se identificó que el vertido de residuos sólidos y líquidos asociados con estas actividades es un factor clave en la degradación de los ecosistemas circundantes (Lilián Berardi, 2020).

Los cambios en el uso del suelo también están asociados con un aumento de la erosión y una disminución en la capacidad productiva de la tierra. Esto, a su vez, afecta las actividades económicas locales, como la agricultura y la pesca, generando un círculo vicioso de deterioro ambiental y social. La correlación entre la expansión de actividades exploratorias y la degradación ambiental subraya la necesidad de fortalecer las políticas regulatorias, implementar tecnologías limpias y realizar monitoreos ambientales constantes para reducir estos impactos (Guerrero, 2022).

El análisis realizado resalta que la explotación de hidrocarburos es una de las principales actividades responsables de la degradación ambiental global. Los impactos más significativos incluyen la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), la alteración de hábitats naturales y la contaminación de recursos hídricos. Estos efectos no solo ponen en peligro la biodiversidad, sino que también contribuyen al cambio climático y al deterioro de los ecosistemas terrestres y acuáticos. A pesar de la magnitud de estos desafíos, existen enfoques y tecnologías sostenibles que han mostrado resultados positivos en la mitigación de los impactos. Sin embargo, la adopción generalizada de estas soluciones sigue siendo limitada por varios factores, entre ellos la viabilidad económica, la falta de infraestructura adecuada y la aplicación inconsistente de regulaciones ambientales en diversas regiones.

Uno de los principales desafíos es la emisión de GEI, especialmente el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ), que tienen un papel crucial en el calentamiento global. Tecnologías emergentes, como los sistemas de captura y almacenamiento de carbono (CCS), presentan una solución prometedora para reducir estas emisiones.

Asimismo, se han desarrollado métodos de extracción más sostenibles que buscan minimizar la alteración de los suelos y disminuir la huella ecológica de la actividad extractiva. No obstante, la limitada capacidad para implementar estas tecnologías en regiones con recursos escasos subraya la necesidad urgente de fomentar la transferencia tecnológica y fortalecer la capacitación local a través de programas técnicos adecuados.

Además, la restauración de ecosistemas degradados emerge como una estrategia esencial para mitigar los impactos derivados de las actividades extractivas. La participación activa de las comunidades locales en estos procesos no solo mejora la sostenibilidad de las iniciativas, sino que también genera beneficios socioeconómicos tangibles, como la creación de empleo y el fortalecimiento del



desarrollo económico local. Este enfoque también favorece el establecimiento de relaciones más colaborativas entre la industria y las comunidades, lo que aumenta la aceptación social de los proyectos y mejora el compromiso con la restauración ambiental.

Las políticas públicas tienen un papel determinante en la promoción de prácticas sostenibles dentro de la industria hidrocarburífera. La implementación de regulaciones ambientales más estrictas, que penalicen las actividades contaminantes y fomenten la innovación tecnológica, es fundamental para reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente. Además, el establecimiento de incentivos económicos, como bonificaciones fiscales o acceso preferencial a mercados internacionales para las empresas que adopten prácticas ambientalmente responsables, puede acelerar la transición hacia un modelo más sostenible.

La mitigación de los impactos ambientales derivados de la explotación de hidrocarburos requiere un enfoque integral que articule el desarrollo e implementación de tecnologías avanzadas, la participación activa de las comunidades locales y el fortalecimiento de un marco regulatorio riguroso. La sinergia entre estos elementos no solo optimizaría la eficiencia de los procesos de remediación, sino que también facilitaría una transición efectiva hacia un modelo energético más sostenible, asegurando un equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación ambiental a largo plazo.

## CONCLUSIONS

La explotación de hidrocarburos, aunque esencial para el suministro energético global, genera impactos ambientales significativos que requieren una respuesta integral y sostenible. Estos impactos incluyen la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), la fragmentación de hábitats, la contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como la pérdida de biodiversidad. Dichos efectos no solo contribuyen al aceleramiento del cambio climático, sino que también comprometen la estabilidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos, afectando negativamente la calidad de vida de las comunidades cercanas a las zonas de extracción. En este contexto, es esencial evaluar y comprender los efectos de la explotación de hidrocarburos en diversos ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, para identificar los mecanismos que permitan mitigar estos impactos y promover la sostenibilidad.

Este estudio se enfoca en analizar los efectos ambientales derivados de la extracción de hidrocarburos, basándose en una revisión exhaustiva de literatura científica y estudios previos, obtenidos de

bases de datos como Scopus, Cielo y otros repositorios académicos. La evaluación se ha realizado bajo un enfoque tanto descriptivo como cuantitativo, con el objetivo de identificar patrones de impacto en los ecosistemas afectados y evaluar la efectividad de las soluciones tecnológicas y las prácticas responsables aplicadas en investigaciones previas.

Para mitigar estos impactos, es fundamental implementar tecnologías limpias, tales como los sistemas de captura y almacenamiento de carbono (CCS), que han demostrado su capacidad para reducir las emisiones de GEI en procesos industriales.

Asimismo, la promoción de prácticas extractivas responsables que minimicen la contaminación y la alteración de los hábitats naturales es crucial para preservar la biodiversidad y la calidad de los ecosistemas. La restauración de ecosistemas terrestres y acuáticos degradados, mediante técnicas de rehabilitación ecológica y el uso de tecnologías más eficientes, emerge como una estrategia clave para mitigar los efectos negativos de la explotación de hidrocarburos.

La aplicación de normativas ambientales más estrictas, alineadas con las mejores prácticas internacionales, es esencial para garantizar que la industria cumpla con los estándares de protección ambiental. Además, la participación activa de las comunidades locales en la planificación, implementación y monitoreo de proyectos extractivos es crucial, ya que contribuye a mejorar la aceptación social y fomenta un manejo ambiental más efectivo. La inclusión de las comunidades en el proceso de toma de decisiones también facilita la integración de conocimientos tradicionales y estrategias adaptadas a las realidades locales, lo cual puede mejorar significativamente los resultados ambientales.

La colaboración estrecha entre la industria, los gobiernos y la sociedad civil es fundamental para abordar los retos técnicos, económicos y sociales asociados con la extracción de hidrocarburos. La implementación de proyectos colaborativos que involucren estos tres actores permitirá encontrar soluciones innovadoras y adaptadas a las necesidades globales y locales. En este sentido, la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías más limpias y eficientes son cruciales para reducir los impactos ambientales de la explotación de recursos naturales.

Finalmente, la transición hacia fuentes de energía renovables debe convertirse en una prioridad global. Este cambio no solo aliviaría los efectos del cambio climático, sino que también promovería una

mayor sostenibilidad en el sector energético, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles. Es necesario alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección ambiental, a fin de garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras. Este enfoque integral no solo responde al objetivo de evaluar los efectos de la explotación de hidrocarburos, sino que también propone soluciones basadas en tecnologías limpias y prácticas responsables que pueden ser adoptadas de manera efectiva en diversas regiones del mundo.

## REFERENCES

- Arévalo Montañéz, S., Apolinar Cardenas, R. A., & Beltran Rueda, L. P. (2023). Explotación petrolera y desarrollo humano de Tauramena, Colombia. *Apuntes Del Cenes*, 42(76). <https://doi.org/10.19053/01203053.v42.n76.2023.15921>
- Camacho Galindo, S. (n.d.). *EL DILEMA DE LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN COLOMBIA: LECCIONES APRENDIDAS DEL CASO ARGENTINO*.
- Peña Murillo S. E. & Zambrano Nevárez, E. M. (2022). *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos y/o derivados del petróleo*. <https://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/120/109>
- Estupiñán, L. L. (2019). La colectividad como resistencia en la cuenca alta del río Chicamocha. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 14(2). <https://doi.org/10.11144/javeriana.mavae14-2.lccr>
- Ortiz, D., Antonio, J., & Leal, S. (2019). Efectos ambientales de los hidrocarburos. Una revision. In *Especialización en Control de la Contaminación Ambiental*.
- Peña Murillo, S., Zambrano Nevárez, E., Fajardo Muñoz, S., & Torres, F. (2024). Estudio Sistemático sobre la Exploración y Explotación Hidrocarburífera en América Latina en la Última Década. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y*

*Académica*, 4(4), 1229–1256.  
<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i4.733>

Pulido Capurro, V., Arana Bustamante, C., Olivera Carhuaz, E., Riveros, J. C., Pulido Capurro, V., Arana Bustamante, C., Olivera Carhuaz, E., & Riveros, J. C. (2022). El derrame de petróleo en el Terminal 2 de la Refinería la Pampilla y sus efectos en la biodiversidad de las costas del litoral marino, Perú. *Arnaldoa*, 29(1).

Pulido Capurro, V., Olivera Carhuaz, E., Katayama Omura, R., Arana Bustamante, C., & Riveros Salcedo, J. (2023). Percepción socioambiental sobre el derrame de petróleo en el litoral peruano en 2022. *Apuntes Universitarios*, 13(3). <https://doi.org/10.17162/au.v13i3.1519>

Sandra Emperatriz, M., & Murillo, P. (n.d.). 42 *IMPACTO IMPACT OF ATMOSPHERIC CONTAMINATION IN TWO MAIN CITIES OF ECUADOR DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN DOS PRINCIPALES CIUDADES DEL ECUADOR*. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

TARAZONA-OCAMPO, J., SOTO-DELGADO, A., & ARIAS-SALCEDO, R. (2020). Tratamientos biológicos y físicos en la recuperación de suelos contaminados por petróleo crudo. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(1). <https://doi.org/10.17162/rictd.v6i1.1401>

Vizuite, R. A., Pascual, A. E., Taco, C. W., & Morales, M. M. (2020). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacterias utilizadas como bioproductos. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(1).

Rodriguez, J. (30 de Agosto de 2023). *Impactos salud de reducir el uso de los combustibles fósiles*. Obtenido de Citizens Climate Lobby : <https://citizensclimatelobby.org/es/blog/politicas/impactos-salud-de-reducir-el-uso-de-los-combustibles-fosiles/>

Sandra E. Peña Murillo, E. Z. (2019). Nuevos sistemas de tratamientos de suelo contaminado por hidrocarburos. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 226-236.

Obtenido de  
[https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/341699843\\_Nuevos\\_sistemas\\_de\\_tratamientos\\_de\\_suelo\\_contaminado\\_por\\_hidrocarburos](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/341699843_Nuevos_sistemas_de_tratamientos_de_suelo_contaminado_por_hidrocarburos)

Bai, B., Wei, M., & Liu, Y. (2021). Sustainable Petroleum Recovery and Environmental Remediation: Strategies and Technologies. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-03342-1>

Gundersen, G., & Liyanage, J. P. (2020). Environmental Risk Management in the Oil and Gas Industry: Frameworks and Strategies for Sustainable Operations. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47498-8>

Wang, Z., Fingas, M., & Li, Z. (2018). Oil Spills and Environmental Consequences: Advances in Detection, Prevention, and Remediation Technologies. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351249224>

.