

# **Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad De Ciencia De La Tierra**

**Título de Tesis:**

**Estudio sobre los Impactos de la Explotación Petrolera en el campo  
Lago Agrio Bloque 56 y el uso de los skimmers como una solución en  
los derrames petroleros**

## **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del título de

**Ingeniería en Petróleos**

**Presentado por:**

Ayllin Yuliana Ayauca Fabre

**Tutor de Tesis**

Ing. Kenny Escobar & Ing. Xavier Vargas

I PAO 2023

Guayaquil, septiembre, 2023

## DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, mi madre, mi hermano, mis profesores y la Escuela Superior Politécnica del Litoral, cada uno de ustedes ha sido mi inspiración y guía en este viaje, y este logro es un testimonio de su apoyo inquebrantable, gracias por ser mi motivación constante y por creer en mí.

## AGRADECIMIENTOS

Con profundo agradecimiento, dedico este logro a Dios, fuente inagotable de inspiración y fortaleza, a mi amada madre, cuyo amor y apoyo han sido mi sustento en cada paso de esta travesía, a mi querido hermano, cuya presencia me impulsa a superar límites, a mis distinguidos profesores, cuya sabiduría y paciencia han forjado mi crecimiento académico, a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica del Litoral, donde encontré el camino hacia mis sueños, este logro es el resultado de su amor, paciencia y bendiciones.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ayllin Yuliana Ayauca Fabre doy mi consentimiento para que la ESPOC realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



---

Ayllin Yuliana Ayauca Fabre

## EVALUADORES

---

Ing. Kenny Escobar  
PROFESOR TUTOR

---

Ing. Xavier Vargas  
PROFESOR TUTOR

---

Ing. Fernando Sagnay  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Este Estudio aborda de manera exhaustiva Los impactos de la actividad petrolera en la zona del Campo Lago Agrio Bloque 56.y propone el uso de skimmers como una solución ambientalmente sostenible para hacer frente a los derrames de hidrocarburos.

El trabajo presenta un análisis detallado de los impactos negativos generados por la explotación petrolera, considerando tanto los aspectos ambientales como sociales, se destaca la importancia de abordar estas problemáticas de manera responsable y eficiente.

En relación con los skimmers, se exploran diferentes tipos, destacando la eficiencia en la recuperación de derrames de hidrocarburos. Se discuten sus ventajas en términos de capacidad de recuperación y adaptabilidad a las condiciones del Campo Lago Agrio Bloque 56, además, se examinan skimmers que podrían no ser óptimos para la región debido a las características específicas del crudo y el entorno.

El estudio proporciona conclusiones sólidas sobre la selección de skimmers adecuados para la zona, considerando sus propiedades y la viscosidad del crudo, también ofrece recomendaciones detalladas para abordar los desafíos presentados por los derrames petroleros y maximizar la eficacia de la recuperación.

En última instancia, esta investigación contribuye al entendimiento integral de los impactos de la explotación petrolera y promueve el uso responsable de tecnologías como los skimmers para minimizar estos efectos negativos en la región del Campo Lago Agrio Bloque 56.

## ABSTRACT

*This Study comprehensively addresses the consequences of the oil sector's presence in the Campo Lago Agrio Block 56. region and proposes the use of skimmers as an environmentally sustainable solution to deal with hydrocarbon spills.*

*The work presents a detailed analysis of the negative impacts generated by oil exploitation, considering both environmental and social aspects, highlighting the importance of addressing these problems in a responsible and efficient manner.*

*In relation to skimmers, diverse types are explored, highlighting the efficiency in the recovery of hydrocarbon spills. Its advantages in terms of resilience and adaptability to the conditions of Campo Lago Agrio Block 56 are discussed, in addition, skimming devices that may not be ideal for the area because of the unique properties of the crude oil and the surrounding ecosystem are assessed.*

*The study supplies solid conclusions on the selection of suitable skimmers for the area, considering their properties and the viscosity of the crude, it also offers detailed recommendations to address the challenges presented by oil spills and maximize the effectiveness of recovery.*

*Ultimately, this research contributes to a comprehensive understanding of the impacts of oil exploitation and promotes the responsible use of technologies such as skimmers to minimize these negative effects in the Campo Lago Agrio Block 56 region.*

### *Keywords:*

*Oil exploitation, Lago Agrio Block 56, Environmental impacts, hydrocarbon spills, eco-friendly solutions, Skimmers, crude oil viscosity, Oil industry, Environmental sustainability, emergency response, Environment Effect investigation, environmental regulation, Sustainable development, oil recovery, corporate social responsibility, waste management, Risk analysis, Environmental conditions, Environment, and oil.*

## Índice de Contenido

<b>CAPITULO 1</b> .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos .....	5
1.4 Marco Teórico .....	5
<b>CAPITULO 2</b> .....	30
2.1 Metodología.....	30
2.2 Diseño de investigación.....	30
2.3 Recopilación y análisis de datos .....	31
2.4 Principales Leyes vigentes de la constitución ecuatoriana para las actividades Hidrocarburíferas en la Amazonia aplicada al Medio Ambiente. ....	34
2.5 Evaluación de efectividad.....	36
2.5.1 Skimmers de Disco .....	36
2.5.2 Skimmers de Tambor.....	36
2.5.3 Skimmers de Cepillos .....	37
2.5.4 Skimmers de Succión de Vacío .....	37
2.5.5 Skimmers de Barrido de Succión.....	37
2.6 Efectos del medio ambiente .....	38
2.6.1 Efectos positivos .....	38
2.6.2 Efectos negativos.....	38
<b>Capítulo 3</b> .....	40
Análisis de Resultados .....	40
<b>Conclusiones</b> .....	83

<b>Recomendaciones</b> .....	86
<b>Bibliografía</b> .....	87

## Índice de Tablas

TABLA 1. PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DEL CRUDO .....	6
TABLA 2: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS.....	9
TABLA 3. IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES OCASIONADOS POR DERRAMES DE CRUDO .....	20
TABLA 4. TIPOS DE SKIMMERS Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	24
TABLA 5: LEYES VIGENTES DE LA CONSTITUCIÓN ECUATORIANA PARA LAS ACTIVIDADES HIDROCARBURÍFERAS EN LA AMAZONIA MEDIDAS IMPLEMENTADAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. ....	34
TABLA 6: CARACTERÍSTICAS PETROFÍSICAS DE LAS ARENAS DEL CAMPO LAGO AGRIO.....	40
TABLA 7: SE PROPORCIONAN LOS DATOS DE PRESIÓN-VOLUMEN-TEMPERATURA (PVT) DEL CAMPO LAGO AGRIO.....	41
TABLA 8: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2020 .....	43
TABLA 9:MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2020.....	45
TABLA 10: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2021 .....	47
TABLA 11: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2021 .....	50
TABLA 12: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2022 .....	52
TABLA 13: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2022 .....	56
TABLA 14: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2023 .....	58
TABLA 15: MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56 2023 .....	60
TABLA 16: EXTRACCIÓN DE DATOS DE LA MATRIZ INTERNA DE DERRAMES DEL BLOQUE 56 DEL SUELO COMO COMPONENTE AFECTADO .....	61
TABLA 17: EXTRACCIÓN DE DATOS DE LA MATRIZ INTERNA DE DERRAMES DEL BLOQUE 56 DEL AGUA Y EL SUELO COMO COMPONENTE AFECTADO.....	61
TABLA 18: EXTRACCIÓN DE DATOS DE LA MATRIZ INTERNA DE DERRAMES DEL BLOQUE 56 DEL LASTRE DE LA VÍA COMO COMPONENTE AFECTADO.....	61
TABLA 19: EXTRACCIÓN DE DATOS DE LA MATRIZ INTERNA DE DERRAMES DEL BLOQUE 56 DE OTROS COMO COMPONENTE AFECTADO .....	62
TABLA 20: EXTRACCIÓN DE DATOS DE LA MATRIZ INTERNA DE DERRAMES DEL BLOQUE 56 DEL AGUA COMO COMPONENTE AFECTADO .....	62

TABLA 21: EXTRACCIÓN DE DATOS DE LA MATRIZ INTERNA DE DERRAMES DEL BLOQUE 56 DEL LASTRE DE LA PLATAFORMA COMO COMPONENTE AFECTADO .....	63
--	----

## Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 2: ORIGEN Y FORMACIÓN DEL HIDROCARBURO.....	6
ILUSTRACIÓN 1: VENTANA DE PETRÓLEO (OIL WINDOW).....	6
ILUSTRACIÓN 3: CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS .....	7
ILUSTRACIÓN 4: PROCESO DE SOLUBILIDAD .....	8
ILUSTRACIÓN 5: EVOLUCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LAS MANCHAS DE PETRÓLEO .....	9
ILUSTRACIÓN 7: POLARIDAD DE LOS COMPUESTOS.....	10
ILUSTRACIÓN 6: DISTANCIA RECORRIDA POR EL COMPUESTO (X) / DISTANCIA RECORRIDA POR EL ELUYENTE (Y) .....	10
ILUSTRACIÓN 8: BIODEGRADACIÓN DEL PETRÓLEO .....	10
ILUSTRACIÓN 9: BIODEGRADACIÓN DE DERRAMES DE PETRÓLEO .....	13
ILUSTRACIÓN 10: ESQUEMA DEL VIAJE DEL PETRÓLEO VERTIDO EN EL OCÉANO .....	14
ILUSTRACIÓN 11: CAKE Y LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA .....	15
ILUSTRACIÓN 12: CANTIDAD DE RECORTES POR LONGITUD DE HOYO PERFORADO.....	16
ILUSTRACIÓN 13: CICLO DE LA CONTAMINACIÓN DEL PETRÓLEO .....	18
ILUSTRACIÓN 14: MAPA DE LOS BLOQUES PETROLEROS DEL ECUADOR CONTINENTAL .....	21
ILUSTRACIÓN 15: SKIMMER DE DISCO .....	24
ILUSTRACIÓN 16: SKIMMER CUERDA OLEOFÍLICA.....	25
ILUSTRACIÓN 17: SKIMMER TAMBOR.....	25
ILUSTRACIÓN 18: SKIMMER CEPILLO.....	26
ILUSTRACIÓN 19: SKIMMER CORREA .....	26
ILUSTRACIÓN 20: SKIMMER SUCCIÓN O ASPIRACIÓN .....	26
ILUSTRACIÓN 21: SKIMMER VERTEDERO .....	27
ILUSTRACIÓN 22: SKIMMER CORREA.....	28
ILUSTRACIÓN 23: SKIMMER TAMBOR.....	28
ILUSTRACIÓN 24: VOLUMEN DERRAMADO TOTAL DEL BLOQUE 56 LAGO AGRIO .....	64
ILUSTRACIÓN 25: VOLUMEN RECUPERADO TOTAL DEL BLOQUE 56 LAGO AGRIO .....	66
ILUSTRACIÓN 26: ÁREA AFECTADA TOTAL DEL BLOQUE 56 LAGO AGRIO.....	67
ILUSTRACIÓN 27: COSTO TOTAL POR RECUPERACIÓN DE CRUDO DERRAMADO DEL BLOQUE 56 LAGO AGRIO .....	69

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador el petróleo se considera una de las principales fuentes de ganancias (Fuente: Expansión Ecuador - Producción de petróleo, 2022). tomando en cuenta la producción anual de petróleo en el año 2022 fue de aproximadamente 480 millones de barriles de petróleo, generando ganancias de miles de millones de dólares en actividades tanto de extracción petrolera como de producción de hidrocarburos. son las que dan origen a diversos tipos de contaminación ambiental y a la vez ocasiona un impacto socio-económico sobre el país. En la Amazonia Ecuatoriana es en donde se realizan las principales actividades hidrocarburíferas, las comunidades que viven en esta zona pueden dar constancia del impacto ambiental y el enfrentamiento preexistente entre el dilema capital y la contaminación.

El presente estudio denominado como “Estudio sobre los Impactos de la Explotación Petrolera en el campo Lago Agrio Bloque 56 y el uso de los Skimmers como una solución eco amigable en los derrames petroleros” tiene como propósito generar una solución para recolectar el hidrocarburo derramado de forma eficiente, económica, pero sobre todo respetuosa con el medio ambiente, además de realizar un análisis sobre los diversos sistemas de explotación petrolera, la problemática y el impacto ambiental en el campo Lago Agrio Bloque 56.

Se realizó un análisis sobre las diversas alternativas para el control de derrames petroleros en ríos, mares y océanos debido a accidentes o practicas inadecuadas teniendo en cuenta la rapidez de contención y La recolección se lleva a cabo con el objetivo de prevenir consecuencias graves para el medio ambiente, como la extinción de especies marinas que tienen contacto directo con esta sustancia química altamente nociva, en relación a lo antes expuesto se tomó la decisión de que los Skimmers son la solución ideal para esta problemática siendo esta Una solución económica gracias a su costo reducido y su gran impacto en beneficio tanto del medio ambiente como de la economía del país.

Los Skimmers o también denominados como desnatadoras, son equipos que recuperan mecánicamente el crudo vertido en el agua una vez que este se ha contenido, estos equipos a nivel global son considerados como confiables, eficientes, rentable y sencillos de operar puesto que Tienen la capacidad de gestionar una amplia gama de densidades y condiciones del petróleo (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014), los Skimmers pueden ser oleofílicos debido a que son capaces de distinguir entre al agua y el hidrocarburo a través de sus módulos de cepillos, tambor, disco o también pueden ser tipo rebosadero el cual contiene un anillo flotante.

Este estudio hace que destaque la relevancia de la igualdad, promueve la transparencia y la responsabilidad ambiental y social en las diversas operaciones relacionadas con la industria petrolera en todas sus etapas, además de enfatizar que los valores son una base esencial para un gobierno soberano y asegurar que se cumpla con la responsabilidad en la extracción de recursos naturales no renovables en Ecuador.

### **1.1 Descripción del problema**

Se han registrado 630 derrames de hidrocarburo en territorio Nacional, a partir de 1 de enero del 2020 al 30 de abril del 2022 además de que el 97% de los derrames fueron ocasionados por empresas del Estado ecuatoriano, en asociación con el Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). un promedio de 22,5 derrames ocurre cada mes (Agila, 2022), podemos inferir que 5,6 derrames ocurren cada semana, aproximadamente 125 derrames fueron de nivel 3 los cuales son catalogados como de emergencias ambiental en donde las operadoras son las que deben de responsabilizarse e indemnizar evaluar económicamente los perjuicios al medio ambiente y a la salud de los residentes. que habitan dicha zona, la falta de acceso de agua a todos los hogares en donde ocurrió el accidente y además indemnizar por ofensas a los derechos humanos, cabe agregar que en esta situación catastrófica el operador deberá de presentar un plan emergente, un informe de indemnización o de compensación y un informe de acción de remediación por el daño a las personas, plantas y animales.

Se realizó una investigación exhaustiva Utilizando los datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), se determinó que el 80.16% de derrames de hidrocarburo que ocurrieron en las instalaciones operativas contaban con derecho de vía o una impermeabilización , pero el 19.84% restante eran derrames de nivel 3 y estos fueron los causantes de los severos daños tanto sociales como ambientales, además se obtuvieron resultados de que del 97% de los derrames que tuvieron lugar en empresas del Estado ecuatoriano los cuales son los 630 derrames registrados el 34.6% que son aproximadamente 218 derrames de crudo ocurrieron por parte de la empresa Petroamazonas y el 62.4% restante que son alrededor de 393 derrames de crudo ocurrieron Según datos de la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador - EP Petroecuador (Agila, 2022).

Conforme al artículo 396 de la Constitución Política de la República del Ecuador, se establece la "obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas" (Constitución De La República Del Ecuador, 2021). Además, el artículo 397 especifica que, en caso de cualquier daño ambiental, "el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas" (Ministerio del Ambiente, 2015). En base a estos dos artículos no cabe lugar a duda que el operador que causo el daño ambiental en cualquier de las etapas de la actividad petrolera es el responsable de pagar innumerables multas las cuales son ínfimas al compararlas con el daño ambiental causado, en consecuencia, va a dar origen a que la economía del País sea perjudicada drásticamente.

## **1.2 Justificación del problema**

Hay varias alternativas disponibles para abordar los derrames de hidrocarburos en los océanos, mares y ríos, una estrategia ampliamente utilizada por las autoridades gubernamentales consiste en emplear métodos mecánicos para recoger los hidrocarburos de la superficie marina, en general, se logra a través de la utilización de barreras que concentran los derrames de hidrocarburos, lo que posibilita que un dispositivo de recolección conocido como Skimmer o rasera seleccione y extraiga los hidrocarburos, bombeándolos hacia un sistema de la almacenaje, se encuentran disponibles diversos tipos

de Skimmers diseñados de manera específica para atender diferentes niveles de operación, variedades de hidrocarburos y condiciones ambientales.; Por esta razón, los Skimmers se consideran el método más eficaz para la recolección de hidrocarburos puesto que en cualquier operación de recolección se tiene como propósito retirar la mayor cantidad de hidrocarburo posible y que a su vez resulte ser económicamente rentable

Tomando como premisa el accidente ocurrido el 7 de abril del 2020 a principios de la pandemia y en plena declaración de emergencia sanitaria debido al Covid – 19, se dio inicio a uno de los mayores desastres medio ambientales debido a la ruptura de tuberías de Oleoductos. De la empresa Crudos Pesados Ecuador SA (OCP) y el sistema de oleoductos Transecuatoriano (SOTE) y de Poliductos Shushufindi - Quito, se derramo aproximadamente 15.800 BDP en los Ríos Napo y Coca (Agila, 2022), este desastre ambiental fue catalogado de nivel 3 por su gran impacto a la salud de los habitantes y al ecosistema de la amazonia ecuatoriana, si se hubiese actuado rápidamente y se hubiese tenido un mejor plan de acción de remediación no se hubiera esparcido el crudo a los caudales de los ríos sagrados el cual es un lugar de pesca y una fuente de agua de aproximadamente 27 mil habitantes de 109 comunidades Shuar y Kichwas en Napo y Sucumbíos, se evidencio que al día siguiente del accidente niños de estas comunidades se sumergieron en las aguas del Río Napo y Coca, rápidamente fueron rescatados, se encontraban cubiertos de crudo y para remover esta sustancia nociva de la piel de los niños tuvieron que lavarlos con Diésel en consecuencia fue removido el crudo con desprendimiento de piel.

Se efectuó un análisis minucioso de los diversos tipos de derrames en mares, ríos y océanos ecuatorianos y se concluyó que los Skimmers son los óptimos en un plan de remediación debido a su rapidez además de que es posible establecer diversos criterios de rendimiento en eficiencia de recolección de hidrocarburo tomando en consideración que esta eficiencia de rendimiento depende de la velocidad en la que requiere recolectar el crudo Y las condiciones del estado del mar.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar el tipo de dispositivo skimmer con el propósito de considerar su implementación en el Bloque 56 de Lago Agrio como una opción sostenible para gestionar los derrames de hidrocarburos.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar los problemas ambientales del campo Lago Agrio Bloque 56 en un periodo de 5 años desde el año 2019 hasta el año 2023.
- Identificar las principales leyes vigentes de la constitución ecuatoriana para las actividades Hidrocarburíferas que tienen lugar en la amazonia, las cuales promueven los derechos de la naturaleza y los principios del buen vivir en un ambiente saludable y responsable.
- Analizar los tipos de Skimmers utilizados para la recolección de hidrocarburo derramado en ríos, mares u océano, con el objetivo de lograr una pronta y efectiva recuperación y restauración del medio ambiente.

### **1.4 Marco Teórico**

#### **1.4.1 Petróleo**

El petróleo o también llamado hidrocarburo es una sustancia que se encuentra en rocas sedimentarias, es una mezcla compuesta por varios componentes químicos cuyas porciones y características varían en función de su origen geográfico y geológico (Vazquez, 2015). Cuando la cantidad de hidrocarburo en el medio ambiente es superior a la que puede ser reciclada pasa a ser un contaminante con un impacto negativo debido a que la mayoría de sus contaminantes son perjudiciales para la salud, de acuerdo con varios estudios se ha comprobado que algunos de estos componentes son considerados como cancerígenos y otros componentes son complementos sintéticos que a su vez son altamente tóxicos. Por esta razón, los derrames de hidrocarburos son altamente perjudiciales para el medio ambiente, ya que estos contaminantes no pueden degradarse de manera natural.

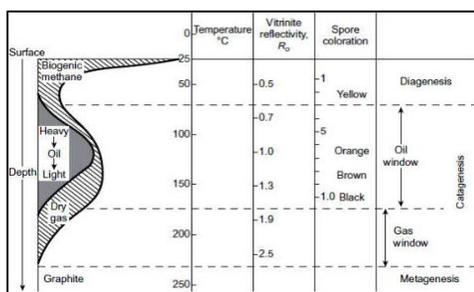


Ilustración 2: Ventana de petróleo (Oil Window)

Fuente: (Maldonado, 2021)

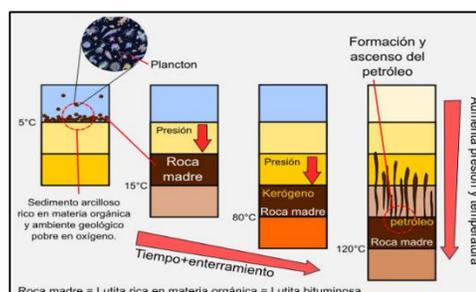


Ilustración 1: Origen y formación del hidrocarburo

Fuente: (Maldonado, 2021)

### 1.4.2 Composición del hidrocarburo

El crudo por lo general se caracteriza como de color negro, viscoso y con una composición química complicada, puede llegar a albergar miles de compuestos propios de la familia de hidrocarburo (Secretaría de Energía República Argentina, 2003). Los hidrocarburos se extraen de combustibles fósiles, están compuestos orgánicos y se conforman por átomo de hidrogeno y carbono, se debe tener en cuenta que elementalmente su composición se encuentra en función de la cantidad de los compuestos de tipo hidrocarburo.

Tabla 1. Porcentaje de los Componentes del Crudo

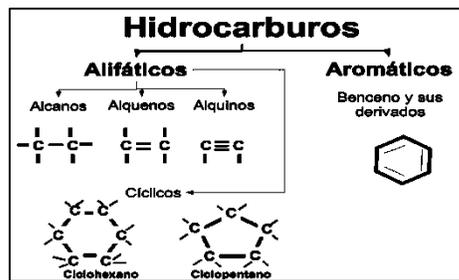
Compuesto	%
Carbono	84 -87
Hidrogeno	11 -14
Azufre	0 – 8
Oxígeno y Nitrógeno	0 – 4
Además de metales como el vanadio y el Níquel	

Fuente. (Tropical Journal of Environmental Sciences, 2022)

Los hidrocarburos que se encuentran presentes en el petróleo se agrupan en las siguientes familias (Secretaría de Energía República Argentina, 2003):

1. Parafinas no volátiles: son alcanos ramificados y lineales se forman por cadenas a partir de 11 a 40 átomos de carbono, constituye el 15 – 20 % del crudo de petróleo.

2. Parafina Volátiles: son alcanos ramificados y lineales se forman por cadenas a partir de 11 a 10 átomos de carbono y representan el 30% del crudo del petróleo.
3. Oleo finas o Alquenos: Estos compuestos no se encuentran con frecuencia en el crudo, pero tienen una gran importancia en la refinación.
4. Hidrocarburos Aromáticos: Estas estructuras se conforman por moléculas de uno o más anillos de 6 miembros de carbono se los denomina anillos bencénicos a su vez se subdivide en hidrocarburos monoarómicos debido a que solo consta de un anillo bencénico también en diromáticos por sus dos anillos bencénicos y, por último, pero no menos importante consta de los poliaromáticos que son los que poseen más de dos anillos bencénicos.
5. Naftenos o Ciclo alcanos: Estos compuestos representan el 31% del crudo.



*Ilustración 3: Clasificación de los hidrocarburos*

Fuente: (Fernandes, 2019)

### 1.4.3 Contaminantes Orgánicos

La totalidad de hidrocarburos que están presentes en el petróleo se los considera como contaminantes orgánicos estos pueden llegar a ser de origen antropogénico o natural, Los compuestos orgánicos que son de origen natural se origina por la descomposición de tejidos de animales, plantas y materia húmica estos son los componentes habituales de las aguas subterráneas y de los suelos; en cambio los compuestos orgánicos que son de origen antropogénico tienen variaciones dependiendo de sus características. Su importancia radica en su capacidad de su solubilidad, toxicidad, volatilidad, polaridad y biodegradación (Varela, 2007).

### 1.4.3.1 Solubilidad

La solubilidad y la polaridad comparten un significado similar, aunque la solubilidad está más estrechamente ligada a la disponibilidad de compuestos en fase líquida. La biorrecuperación, realizada principalmente por microorganismos como bacterias y hongos, requiere que los contaminantes estén disueltos para que pueda tener lugar el proceso de transformación.



*Ilustración 4: Proceso de solubilidad*

Fuente: (Alzamora, 2017)

### 1.4.3.2 Toxicidad

La necesidad de recuperar terrenos y aguas subterráneas contaminadas se debe principalmente a la toxicidad que presentan para los seres humanos. La eliminación o vertido de productos químicos tóxicos en el suelo plantea un desafiante problema debido a varios factores: en primer lugar, estas sustancias tóxicas suelen ser resistentes a la biodegradación; en segundo lugar, una vez que los compuestos están en el suelo, es más difícil controlar su transporte y los procesos que experimentan; por último, el peligro para los suministros de agua es extremadamente elevado., dado que los límites de concentración máxima de productos tóxicos en el agua potable suelen ser extremadamente bajos.

La Tabla 2 exhibe las propiedades de riesgo de sustancias o residuos peligrosos, como su toxicidad, persistencia, inflamabilidad y reactividad., para los principales contaminantes orgánicos. Los valores en la tabla indican el grado de cada característica: cero representa la ausencia de la característica, uno indica un nivel bajo, dos denota un nivel moderado y tres representa la valoración más alta.

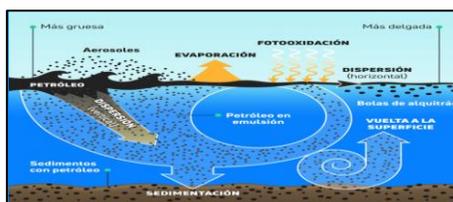
**Tabla 2: Principales Características de los Contaminantes Orgánicos**

Compuesto	Persistencia	Reactividad	Inflamabilidad	Toxicidad
<b>Benceno</b>	3	1	3	3
<b>Etilbenceno</b>	2	1	3	2
<b>Kerosene</b>	3	1	2	3
<b>Tolueno</b>	2	1	3	2
<b>Xileno</b>	2	1	3	2

Fuente (Varela, 2007, pág. 17)

### 1.4.3.3 Volatilidad

Los compuestos volátiles tienden a pasar a la fase de vapor y pueden ser eliminados del suelo y las aguas subterráneas mediante el arrastre del aire. Posteriormente, el vapor contaminado puede ser tratado en la superficie. Estos compuestos volátiles suelen tener una alta movilidad en terrenos no saturados, lo que puede representar un riesgo en el área donde se encuentra la fuente de contaminación o durante las actividades de excavación debido a las emisiones de estos compuestos.



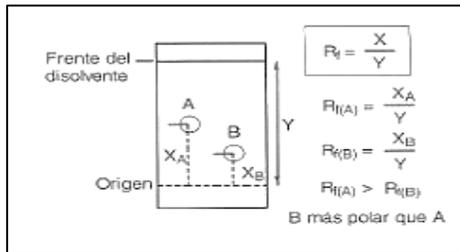
**Ilustración 5: Evolución y comportamiento de las manchas de petróleo**

Fuente: (González, 2021)

### 1.4.3.4 Polaridad

Los compuestos apolares tienen propiedades hidrófugas y tienden a acumularse en la materia orgánica presente en el suelo, como resultado, estos compuestos presentan una baja capacidad de desplazamiento en el suelo y en las aguas subterráneas, y su difusión en los acuíferos suele ser más lenta que la de los compuestos polares. Los compuestos apolares requerirán más tiempo para desplazarse desde la

fuente de contaminación hasta los pozos cercanos en comparación con los compuestos polares.



**Ilustración 7:** Distancia recorrida por el compuesto (X) / distancia recorrida por el eluyente (Y)

Fuente: (Hurtado, 2012)

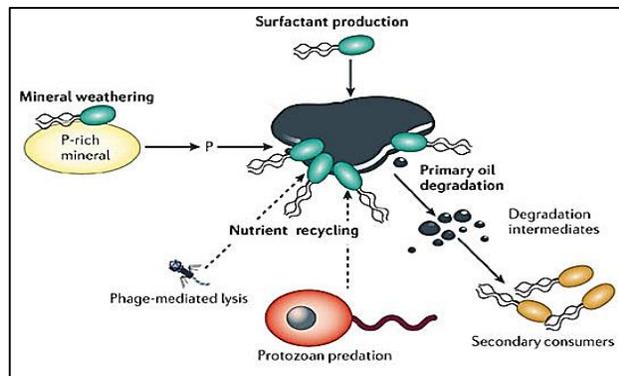
Polaridad	Orden de elución	Tipo de compuesto
Menor	Menor retención	Alcanos Alquenos Eteres
↓	↓	Derivados halogenados Aldehidos y cetonas
		Esteres Aminas Alcoholes Fenoles
Mayor	Mayor retención	Ácidos carboxílicos

**Ilustración 6:** Polaridad de los compuestos

Fuente: (Hurtado, 2012)

### 1.4.3.5 Biodegradación

Por lo general, los compuestos orgánicos que son fácilmente biodegradables y no representan una toxicidad para los microorganismos son prontamente oxidados por los microorganismos presentes en el suelo.



**Ilustración 8:** Biodegradación del Petróleo

Fuente: (Alberto, 2012)

### 1.4.4 Impactos de las actividades de la explotación petrolera

Las actividades masivas en las industrias petroleras generan un impacto muy fuerte al medio ambiente y al ecosistema a nivel global, el trabajo en las zonas tropicales produce grandes daños, ya sean a las especies o a los mismos habitantes que viven en la zona, ya que se contaminan del agua que beben y del aire que se respira, además la quema de

fósiles forma grandes riesgos en el clima de planeta un ejemplo claro es el calentamiento global.

Cada fase para realizar una práctica petrolera genera daños al medio ambiente y en las especies que habitan en él, debido a las instalaciones de infraestructura, carreteras para movilización de maquinaria, ruidos, etc. (Aguilera & Balzategi, 2008).

La contaminación de y la deforestación son los principales afectados por las actividades petroleras, estas causan mucha contención química, sonora (ruidos en una perforación), deforestación (construcción de campamentos y carreteras), etc.

### **1.4.5 Fuentes de contaminantes y su impacto ambiental**

En este segmento se procederá a explicar lo principales elementos que contaminan el medio ambiente y como es que tienen relación con el entorno, lo principal que se examinara es el impacto ambiental que generan los metales pesados y el petróleo (hidrocarburos) (Aguilera & Balzategi, 2008), el objetivo será mejorar la comprensión de cómo pueden llegar los contaminantes a los habitantes de los principales contaminantes en la industria petrolera.

#### **1.4.5.1 Residuos asociados al crudo**

##### **1.4.5.1.1 Composición**

La composición del agua de formación varía en cada yacimiento, pero puede contener una serie de elementos y compuestos, como hidrocarburos residuales en forma emulsionada, disuelta o en suspensión (con concentraciones de (500-5000 ppm)<sup>3</sup>), sales de metales pesados derivadas de las operaciones de perforación (como arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, vanadio, entre otros), Incluyen gases disueltos como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el ácido sulfhídrico y otros compuestos, así como sólidos en suspensión que pueden llevar trazas de metales pesados y posibles niveles elevados de radiación debido a la presencia de estroncio y radio (Aguilera & Balzategi, 2008).

El agua de formación también presenta niveles de salinidad, especialmente cloruro de sodio y otros sólidos, que pueden variar desde 30.000 ppm en campos operados por Petroecuador hasta 100.000 ppm en yacimientos de crudos pesados, en contraste, los ríos y cuerpos de agua dulce en la Amazonia presentan niveles de salinidad de aproximadamente 7 ppm, En contraste, el agua del mar posee una salinidad que ronda los 35,000 ppm (Aguilera & Balzategi, 2008).

La temperatura a la que el gas natural emerge a la superficie supera significativamente los niveles naturales, oscilando entre 32 y 73 °C, con una temperatura promedio de 55 °C. Las principales emisiones atmosféricas generadas por la combustión del gas natural incluyen:

- Gas sulfhídrico (SH<sub>2</sub>).
- Hidrocarburos Aromáticos Volátiles (HAV).
- Compuestos de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), como el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el monóxido de nitrógeno (NO).
- Ozono (O<sub>3</sub>).
- Clorofluorocarbonados (CFCs).
- Compuestos de óxidos de carbono (CO<sub>2</sub>), incluyendo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el monóxido de carbono (CO).
- Compuestos de óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), como el dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>).
- Hidrocarburos saturados o alcanos, tales como metano (CH<sub>4</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) y heptano (C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>).

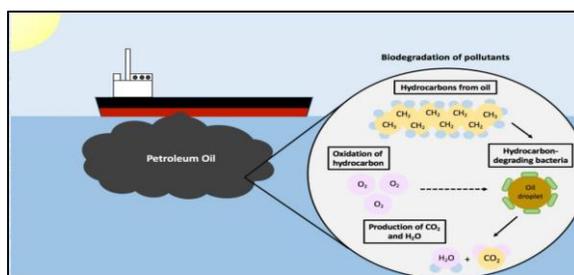
#### **1.4.5.1.2 Modo en el que entra en contacto con el medio**

La gestión y tratamiento de residuos como el agua de formación y el gas varía según las prácticas de cada compañía, en algunos casos, se opta por reinyectar el gas y el agua de formación de vuelta al yacimiento, esta práctica se utiliza cuando la presión del yacimiento disminuye a medida que avanza la explotación, y el gas y el agua de formación ayudan a mantener la presión del reservorio y optimizan las tasas de producción (Aguilera & Balzategi, 2008).

En el pasado, se solía verter directamente el agua de formación en los cuerpos de agua cercanos, sin embargo, en los últimos años, se ha optado por depositar el agua de formación en piscinas adyacentes a las instalaciones, por lo general, cada estación cuenta con tres piscinas conectadas mediante tuberías, y desde la última piscina se vierten las aguas al cuerpo de agua superficial más cercano, estas piscinas tienen la finalidad de enfriar el agua y mejorar la separación de los hidrocarburos residuales por densidad antes de ser vertida al medio ambiente.

En cuanto al gas producido, su manejo depende de la cantidad, en caso de grandes cantidades, se construye la infraestructura necesaria para su exportación, en otros casos, se considera como un residuo y se quema en las estaciones mediante mecheros, sin embargo, esta combustión incompleta puede liberar compuestos tóxicos a la atmósfera, como los mencionados anteriormente.

Estos residuos (agua de formación y gas) también pueden entrar en contacto con el medio ambiente en caso de derrames debido a roturas en las líneas de transporte o accidentes en los pozos de reinyección.



**Ilustración 9: Biodegradación de derrames de petróleo**

Fuente: (Alberto, 2012)

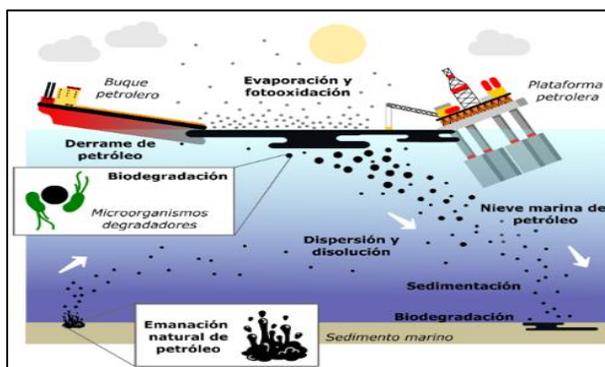
## 1.4.5.2 Hidrocarburo

### 1.4.5.4.1 Composición

Aparte de los hidrocarburos, el petróleo crudo también contiene otros componentes relacionados, como nitrógeno, oxígeno, azufre, metales pesados, sales inorgánicas y otras sustancias tóxicas, entre las cuales se encuentran algunas de naturaleza radioactiva (Secretaría de Energía República Argentina, 2003).

#### 1.4.5.4.2 Modo en el que entra en contacto con el medio

El petróleo crudo entra en contacto con el entorno natural en diferentes etapas, como durante la perforación y las pruebas de pozo, donde se considera como residuo. También puede haber derrames debido a roturas en las líneas de transporte, el petróleo residual se almacena en piscinas abiertas, similares a las mencionadas anteriormente, y en ocasiones se quema (Varela, 2007). Es importante destacar que estas no son las únicas formas en las que los hidrocarburos se depositan en el medio ambiente, ya que los cortes de perforación, el agua de formación y los residuos generados durante el mantenimiento de los pozos también contienen concentraciones significativas de hidrocarburos. De este modo, los hidrocarburos y los compuestos relacionados con el petróleo entran en contacto con el medio ambiente de la misma manera que otros contaminantes.



*Ilustración 10: Esquema del viaje del petróleo vertido en el océano*

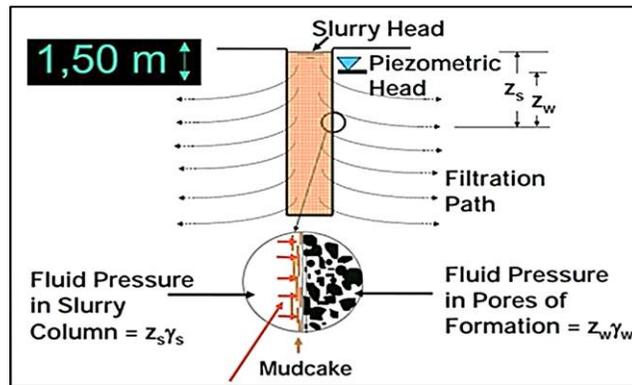
Fuente: (Vargas, 2023)

#### 1.4.5.3 Lodo de perforación

##### 1.4.5.3.1 Composición

Su composición puede estar conformada por agua o aceite generalmente se usa Diésel. Los lodos solubles en agua están compuestos principalmente con carbonato de calcio y barita, a estos también se le agrega compuestos inorgánicos como arcillas para incrementar su viscosidad (bentonita). Estos lodos contienen: inhibidores de corrosión, polímeros orgánicos, metales pesados tóxicos, detergentes, sales inorgánicas y viscosidad, no obstante, estos lodos presentan cantidades muy significativas de hidrocarburos que se conforman de 100-7000ppm (Aguilera & Balzategi, 2008).

Los lodos compuestos por hidrocarburos contienen petróleo mineral, el cual contiene cantidades variables de hidrocarburos aromáticos, además, se les añade limo para ajustar el pH y controlar la corrosión, así como productos químicos basados en lignito para prevenir la pérdida de fluidos, además, se emplean emulsificantes y detergentes que contienen ácidos grasos, aminas, amidas, ácido sulfúrico y alcoholes como emulsificantes secundarios. La bentonita también se añade a estos lodos y el cloruro de calcio se utiliza como emulsificante para aumentar su viscosidad.



*Ilustración 11: Cake y la Presión Hidrostática*

Fuente: (Escuela Geotécnica, 2018)

#### 1.4.5.3.2 Modo en el que entra en contacto con el medio

Cerca de las plataformas se forma un amplio agujero conocido como piscina, que actúa como un depósito de desechos, la mayoría de las piscinas presentes en la selva amazónica carecen de revestimiento impermeable en sus paredes, lo que permite que su contenido se filtre. Desde una de las paredes de la piscina, se extiende un tubo en forma de 'z' conocido como cuello de ganso, que establece la conexión entre el interior de la piscina y el entorno circundante, permitiendo la evacuación de los desechos cuando la piscina se llena, en muchas ocasiones hacia fuentes de agua cercanas (Aguilera & Balzategi, 2008).

Estas piscinas al aire libre generan una importante fuente de contaminación, dado que los residuos se desplazan hacia las capas subterráneas del suelo; Por consiguiente, algunas compañías están utilizando materiales geotextiles con el propósito de impedir que los contaminantes se desplacen a través del suelo y lleguen a las aguas subterráneas, sin

embargo, en zonas tropicales con elevados índices de precipitación, estas instalaciones superan su capacidad y contaminan los alrededores, incluyendo esteros, ríos, lagunas, áreas forestales, otros ecosistemas naturales y zonas agrícolas.

#### **1.4.5.4 Cortes de Perforación**

##### **1.4.5.4.1 Composición**

Los desechos de perforación consisten en una mezcla diversa de rocas, cuya composición varía de acuerdo con la estratigrafía en la región y podría incluir diferentes elementos contaminantes como metales pesados, sustancias radioactivas e hidrocarburos en diferentes proporciones, a medida que se perfora a mayores profundidades, se generan mayores cantidades de desechos que contienen niveles más elevados de toxicidad.

Los principales metales pesados que se encuentran en los desechos de perforación incluyen cadmio, plomo, mercurio, arsénico, cobre y cromo. Además de estos, también pueden contener cobalto, hierro, selenio, magnesio, molibdeno, antimonio, bario, plata, talio, titanio, estaño, zinc y vanadio. (Villegas, 2007)



*Ilustración 12: Cantidad de Recortes por Longitud de Hoyo Perforado*

Fuente: (Serrano, 2020)

##### **1.4.5.4.2 Modo en el que entra en contacto con el medio**

La gestión de los cortes de perforación se realiza de la misma forma que la de los lodos, lo que implica que se depositan en piscinas al aire libre junto con otros residuos sin someterlos a ningún tratamiento previo (Aguilera & Balzategi, 2008).

#### **1.4.6 Impacto de los agentes contaminantes en la salud de las personas**

Como se ha observado en secciones anteriores, existen numerosos elementos contaminantes originados por la actividad petrolera, lo cual implica una amplia gama de síntomas y enfermedades asociadas; Investigaciones previas llevadas a cabo en comunidades con explotación petrolera han establecido una conexión entre la exposición a dichos contaminantes y una mayor incidencia de enfermedades, especialmente de la piel, así como un incremento en la desnutrición infantil, un mayor riesgo de abortos, de mortalidad general y de cáncer (Manos Unidas, 2021).

#### **1.4.7 Contaminación del agua**

En el planeta tierra uno de los componentes que se encuentra en mayor cantidad es el agua, es el responsable del sustento de todas las formas de vida en el ecosistema, y es esencial para la mayoría de los organismos que componen los seres vivos se componen de agua en una muy alta proporción.

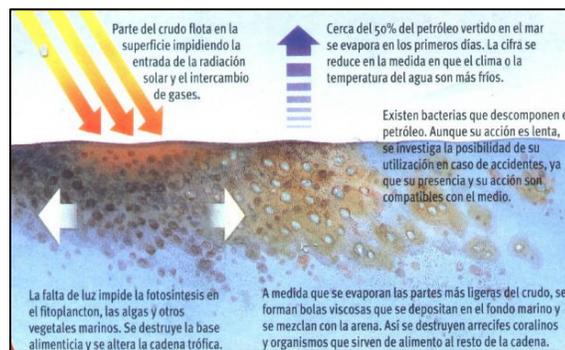
En la actualidad uno de los más grandes problemas son la falta de acceso de agua potable y dulce por saneamiento, además si se le suma el problema de contaminación de agua ensombrece el panorama, la contaminación del agua se genera por los residuos vertidos, pesticidas o químicos, fertilizantes las cuales desemboca al agua dulce y a su vez contaminan al agua salada, De acuerdo con el informe de la ONG Inspiración, se pronostica que en el futuro más de mil millones de personas sufrirán escasez de agua debido a la contaminación, el cambio climático y la superpoblación (Manos Unidas, 2021).

En el 2016 de acuerdo con el informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de recursos hídricos en todo el mundo, cerca del 80% de los empleos dependen del acceso a este recurso esencial. como lo es el agua además de saneamiento y servicios relacionados con el agua.

A nivel global, el petróleo y sus derivados son esenciales, ya que constituyen la principal fuente de energía y representan un recurso fundamental para la fabricación de muchos productos de la industria, farmacéutica, alimenticia, química entre otros.

Aproximadamente el 0,1% y el 0,2% de la producción de petróleo termina derramado en el mar (Marzialetti, 2012), este porcentaje puede no parecer significativo, pero son por lo

menos tres millones de toneladas de crudo derramado provocado daños perjudiciales en el ecosistema cada año; Los hidrocarburos tienen la tendencia de flotar debido a la diferencia de densidades del agua y del crudo en consecuencia ocurre un intercambio de gases y un bloqueo de luz, este bloque de luz favorece a la solubilidad de materiales causando daños irremediables a la población de plancton y a los micro invertebrados que habitan en el fondo de pantanos, es correcto inferir que estos componentes volátiles y tóxicos se eliminan por medio de la evaporación pero otros componentes terminan oxidándose debido a la radiación ultravioleta esto depende principalmente del peso molecular es por ello que varios de estos compuestos tóxicos logran disolverse en el agua y degradarse pero en cambio otros tienen la capacidad de que se depositen en los sedimentos tienen un impacto directo en la flora y fauna al afectarlos negativamente



**Ilustración 13: Ciclo de la contaminación del petróleo**

Fuente: (Soto, 2019)

#### 1.4.8 Efectos de la contaminación por hidrocarburos

Los efectos van a depender de diversos factores, algunos de estos son la cantidad de crudo liberado, tipo de crudo o refinado, corrientes oceánicas, salinidad, vientos, contenido de oxígeno, estructura afectada del ecosistema, temperatura del clima y del agua, como se ha mencionado el crudo que llega a los ríos, mares y océanos se degrada o se evapora lentamente debido a las bacterias y a su vez el hidrocarburo orgánico volátil asesina de forma inmediata a miles de animales en especial a especies larvales.

Dado que muchas de las sustancias químicas quedan en la superficie del agua formando burbujas flotantes se ha evidenciado de que animales que se han zambullido en estas aguas cubren en su totalidad las plumas de estos animales en consecuencia no permite El aislamiento térmico natural provoca que se hundan y, en última instancia, mueran. (Vergara, 2016).

El Hidrocarburo al poseer varios componentes pesados estos componentes llegan depositarse en el fondo de cualquier superficie marina ocasionando la muerte de varias especies marinas que habitan en las profundidades como las ostras, cangrejos, camarones, tortugas entre otros a su vez también ocasiona que esta agua no pueda llegar utilizarse para el consumo humano.

#### **1.4.9 Derrames de Petróleo**

Los derrames hidrocarburíferos constituyen una de las principales fuentes de contaminación en las aguas subterráneas, aguas superficiales, suelos, flora y fauna silvestre (Marzialetti, 2012). Algunas sustancias peligrosas como los hidrocarburos tienen efectos carcinogénicos tanto en humanos como en animales, lo que convierte la presencia de estos productos químicos en aguas subterráneas en un grave peligro para el consumo humano.

Los derrames de crudo son resultado de accidentes que pueden ocurrir en instalaciones petroleras durante las actividades de extracción, procesamiento, comercialización o distribución de petróleo y sus derivados. Estos derrames pueden ocurrir tanto en tierra, en aguas continentales como en el mar. Se considera derrame de hidrocarburos a cualquier escape, liberación, desbordamiento, vaciamiento de hidrocarburos que se produce en el suelo.

#### **1.4.10 Impactos medio ambientales causados por los derrames hidrocarburíferos**

Los derrames de petróleo tienen graves y perjudiciales consecuencias en el entorno natural, afectando a todos sus componentes biofísicos, También influyen en factores como el aire, el agua y el suelo. Además, los procesos y actividades relacionadas pueden tener

un impacto significativo para hacer frente a estos accidentes generan impactos adicionales, cuya gravedad aumenta cuando se llevan a cabo en áreas vulnerables con una alta biodiversidad. La tabla 3 proporciona detalles sobre algunos de los impactos más relevantes que ocurren durante y después de los derrames de petróleo y su tratamiento (Vilchez, 2018).

**Tabla 3. Impactos medioambientales ocasionados por derrames de crudo**

<b>Medio</b>	<b>Impactos</b>
<b>Agua</b>	La construcción de infraestructuras para el tratamiento de derrames puede dar lugar a la creación de barreras y a la inundación de áreas que normalmente no se inundan. Esto tiene impactos negativos en los humedales tanto temporales como permanentes, resultando en su destrucción y la contaminación de fuentes de agua. Además, los derrames de crudo pueden ocasionar la contaminación de afluentes debido a la presencia de aguas residuales provenientes de dichos derrames.
<b>Suelo</b>	Los derrames de petróleo provocan la destrucción directa de los suelos debido a la contaminación que generan. Asimismo, el tránsito de personas para tratar los derrames de crudo puede ocasionar la erosión y compactación de los suelos. Otro impacto importante es la reducción de la disponibilidad de arena y grava en los lechos de los principales ríos.
<b>Fauna</b>	<p>El derrame de petróleo y su posterior tratamiento resultan en modificaciones y alteraciones en los hábitats de la fauna terrestre y acuática. Esto provoca el desplazamiento y migración de especies debido a la destrucción de sus hábitats naturales. Los insectos experimentan cambios en su estructura trófica y se producen modificaciones en los hábitos alimentarios y reproductivos como consecuencia de la interferencia de las actividades de recuperación.</p> <p>Estos eventos también llevan a una disminución en la cantidad de especies endémicas y en la diversidad de las comunidades faunísticas. Los procesos contaminantes del derrame de crudo resultan en una reducción de especies de peces, crustáceos y mamíferos acuáticos. Los peces sufren disminución y muerte debido a la asfixia causada por el petróleo. Además, la exposición a los componentes tóxicos del petróleo, tanto por agua como por contacto directo, puede ocasionar la muerte de diferentes especies.</p> <p>Se observa una disminución en la resistencia de las especies, así como un aumento en las infecciones, especialmente en la avifauna, debido a la absorción de cantidades subletales de petróleo. Además, los carcinógenos presentes en el petróleo pueden incorporarse en la cadena alimentaria, representando un riesgo adicional para la salud de los organismos y de aquellos que se alimentan de ellos.</p>

<b>Flora</b>	Los impactos incluyen la destrucción directa de la vegetación tanto en los bosques primarios como secundarios en el área cercana al derrame. Además, se produce la destrucción de la vegetación en áreas inundables y seminundables. El derrame de petróleo puede fragmentar la estructura de los bosques primarios y/o secundarios. Además, se produce una modificación en la composición del fitoplancton debido a las descargas de petróleo. Asimismo, la vegetación acuática sufre alteraciones y muerte debido al aumento de la turbidez causado por los procesos de tratamiento y recuperación del petróleo.
<b>Aire</b>	La contaminación se produce debido a la continua evaporación del petróleo derramado, generando olores intensos y vapores tóxicos.

Fuente. (Vilchez, 2018, pág. 10)

### 1.4.11 Campo Lago Agrio Bloque 56

#### 1.4.11.1 Localización

PETROAMAZONAS EP es una entidad pública encargada de realizar operaciones técnicas y productivas en nombre del Estado ecuatoriano en el sector de hidrocarburos y sustancias relacionadas. Su modelo de negocio se centra en la exploración, explotación y exportación de petróleo. Actualmente, hay bloques numerados que representan cada unidad de tratamiento en funcionamiento; Para este estudio investigativo se tendrá un enfoque a un solo bloque el cual es Lago Agrio Bloque 56 en Ecuador el cual es una zona de camping, se encuentra cerca de Piscina Epp y la sede de la Universidad Estatal Amazónica en Sucumbíos.

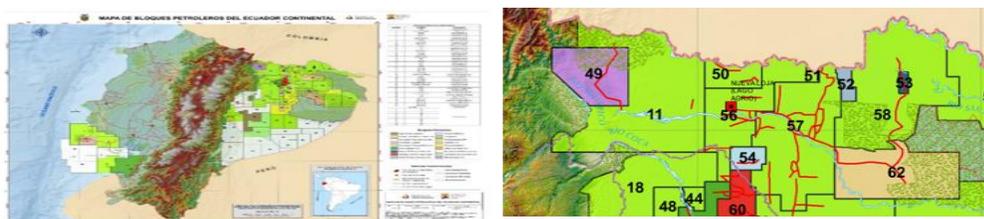


Ilustración 14: Mapa de los bloques petroleros del Ecuador continental

Fuente. (EP Petroecuador, 2015)

Topográficamente, la región de estudio presenta suaves elevaciones y arroyos que fluyen hacia el río Aguarico. Desde el punto de vista ecológico, se le clasifica como Selva Fluvial Macrotérmica o Hylea Amazónica, siguiendo la taxonomía de Acosta (1961). Además, según la clasificación vegetal más reciente propuesta por Sierra (1999), la mayor parte de la zona corresponde al Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas.

La zona se caracteriza por tener una formación vegetal que se considera una zona agropecuaria urbana. Se observan pequeñas áreas boscosas cerca del área de influencia indirecta, compuestas por árboles como *Cecropia ficifolia*, *Parkia multijuga*, *Cedrela odorata*, *Claricia biflora*, *Piper reticulatum*, *Virola duckey* y *Pouteria caimito*, entre otros.

En cuanto al clima, se ha determinado que la región de estudio registra una precipitación promedio anual de 38,300 mm, con una media mensual de 317 mm, alcanzando una precipitación máxima de 770 mm y una mínima de 12 mm. La temperatura media de la zona es de 25.4 grados centígrados, con una temperatura mínima de 23.2 grados centígrados y una máxima de 27 grados centígrados. (Macías, 2010)

#### **1.4.12 Técnicas de recolección de derrames Hidrocarburíferas en superficies marinas**

En la actualidad existen muchas soluciones para la limpieza de crudo derramado dependiendo del lugar en donde se produjo el desastre y la cantidad de hidrocarburo vertido pero el factor clave para evitar más consecuencias irreparables al medio ambiente es el actuar de forma rápida y eficiente.

Fases obligatorias en respuesta a los derrames de crudo (Markleen, 2019):

- Contener el derrame, se utilizan barreos de contención marina.
- Recolección mecánica del petróleo, con la ayuda de Skimmers se realiza esta operación
- Almacenamiento provisional, se utilizan tanques tanto de almacenamiento en puertos o tanques de transporte.
- Almacenamiento final, el petróleo en esta etapa puede seguir varios caminos puede seguir un tratamiento o ser desechado o se lo almacena de forma definitiva.
- Limpieza minuciosa del espacio afectado, se utilizan técnicas químicas y/o manuales estas pueden estar o no estar permitidas en varios países.

Para la recolección de crudo en alta mar se utiliza como ya se ha mencionado barreras de contención, recolección mecánica del crudo y para el transporte de crudo a los

puertos se utilizan varias tecnologías ajustándola al tipo de derrame, los equipos más utilizados son los siguientes:

- Barreras de contención las cuales pueden ser las inflables que son de gran tamaño o las auto inflables, las dos se manejan por medio de carretes hidráulicos tanto como para su recogida como para su despliegue.
- El sistema dinámico de recolección y saneamiento del petróleo MOS Sweeper es una nueva tecnología que se fundamenta en múltiples barreras de contención y estas se tienen la particularidad de que se despliegan en una sola embarcación.
- Skimmers también denominados desnatadoras, estos equipos utilizan una bomba de succión y tanques flotantes, estos tanques flotantes transportarán el crudo recolectado hacia el puerto en donde se almacenará y se realizará su respectiva eliminación final.
- En caso de que el derrame de crudo tenga un volumen pequeño, es posible optar por la utilización de absorbentes marinos para recoger y limpiar el derrame.

Para la captura de petróleo en cuerpos de agua como lagos y ríos se utilizan las siguientes tecnologías para la recolección de crudo:

- Barreras de contención pequeñas en serie A, pero en especial se utilizan las barreras de contención flotante como la A-500.
- Pequeños desnatadores para la succión del crudo, por lo general se utilizan Skimmers MS-10
- Tanques de almacenamiento localizados en tierra para los derrames de crudos.
- Absorbentes de hidrocarburos hidrófilos u oleófilos para la limpieza de crudo.

#### **1.4.13 Skimmers**

El objetivo principal de cualquier operación de recolección de derrames de petróleo es eliminar la mayor cantidad de hidrocarburos de manera razonable y económicamente viable. Para lograrlo, se requiere un sistema de recolección eficiente que pueda abordar varios desafíos interrelacionados, como la detección y contención de volúmenes significativos de hidrocarburos, así como su posterior concentración, recolección, bombeo y almacenamiento.

Un componente clave de estas operaciones de recolección es el Skimmers, que combina los elementos de recolección y bombeo. Los Skimmers están diseñados específicamente para extraer hidrocarburos en lugar de agua, aunque los diseños pueden variar según su aplicación, ya sea en el mar, en aguas protegidas o en tierra. Los Skimmers utilizados en entornos acuáticos suelen incorporar dispositivos de flotación o soporte, mientras que los diseños más avanzados pueden ser autopropulsados y contar con múltiples elementos de recolección, depósitos de almacenamiento integrados y sistemas de separación de hidrocarburos y agua (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014).

Al seleccionar los Skimmers adecuados, es esencial considerar diversos factores, siendo la viscosidad y las propiedades de adhesión de los hidrocarburos derramados los más relevantes. También es importante tener en cuenta las condiciones operativas esperadas y el entorno de uso, como si el Skimmers será parte integral de un sistema de recolección en alta mar instalado en una embarcación, o si se utilizará manualmente en un puerto o en la costa. Además de estos criterios, se pueden evaluar otros aspectos, como el tamaño, la robustez y la facilidad de operación, manipulación y mantenimiento del Skimmer

**Tabla 4. Tipos de Skimmers y sus características**

	<b>Skimmer</b>	<b>Tasa de Recolección</b>	<b>Estado del mar</b>	<b>Hidrocarburo</b>	<b>Accesorios</b>	<b>Desechos</b>
<b>Oleo-fílicos</b>	<p><b>Disco</b></p>  <p><b>Ilustración 15: Skimmer de Disco Fuente.</b> (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)</p>	La eficacia de los discos depende de su cantidad y tamaño. Los estudios indican que los discos con ranuras pueden ser altamente efectivos en su desempeño.	Cuando el mar está tranquilo y las corrientes son débiles, puede ser muy selectivo y apenas ser arrastrado por el agua. No obstante, en aguas turbulentas, corre el riesgo de inundarse.	Se observa una mayor efectividad en hidrocarburos con viscosidad intermedia.	Necesita los siguientes elementos: una unidad de potencia separada, mangueras hidráulicas y de descarga, una bomba y un almacenamiento apropiado.	Es susceptible de obstruirse con residuos o desperdicios.

<p><b>Cuerda Oleofílica</b></p>  <p><b>Ilustración 16:</b> <b>Skimmer Cuerda Oleofílica</b></p> <p><b>Fuente.</b> (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)</p>	<p>El rendimiento general depende de la cantidad de cuerdas y la velocidad. En general, se observa un bajo rendimiento.</p>	<p>Experimenta un arrastre de agua insignificante o prácticamente nulo. Tiene la capacidad de operar incluso en aguas turbulentas.</p>	<p>Presenta un mayor nivel de eficacia en hidrocarburos de viscosidad intermedia, aunque también puede ser efectivo en hidrocarburos pesados.</p>	<p>Las unidades de tamaño reducido cuentan con suministro de energía y almacenamiento incorporados, mientras que las unidades más grandes necesitan accesorios independientes para su funcionamiento.</p>	<p>Es capaz de soportar una considerable cantidad de desechos, hielo y otras obstrucciones.</p>
<p><b>Tambor</b></p>  <p><b>Ilustración 17:</b> <b>Skimmer Tambor</b></p> <p><b>Fuente.</b> (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)</p>	<p>La eficacia depende del número de tambores y de su tamaño. Los estudios demuestran que los tambores con ranuras son más efectivos.</p>	<p>Cuando el mar está en calma y las corrientes son débiles, tiene la capacidad de ser altamente selectivo, con un mínimo arrastre de agua. No obstante, en aguas turbulentas existe el riesgo de inundación.</p>	<p>Su mayor eficacia se encuentra en hidrocarburos que poseen una viscosidad intermedia.</p>	<p>Es necesario contar con una fuente de energía independiente, así como con mangueras hidráulicas y de descarga, una bomba y un adecuado sistema de almacenamiento</p>	<p>Es posible que se bloquee con desechos.</p>
<p><b>Cepillo</b></p>	<p>El rendimiento en general está determinado por la cantidad de cepillos y la</p>	<p>Se recolecta una cantidad relativamente pequeña de agua, ya sea libre o</p>	<p>Se utilizan cepillos de distintos tamaños para</p>	<p>Para que funcione adecuadamente, se requiere tener una fuente</p>	<p>Es altamente eficiente para lidiar con desechos pequeños,</p>

	 <p><b>Ilustración 18:</b> <b>Skimmer Cepillo</b></p> <p><b>Fuente.</b> (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)</p>	<p>velocidad. En términos generales, se encuentra en un rango intermedio.</p>	<p>arrastrada. Algunos diseños pueden operar en aguas agitadas, mientras que otros se inundarían bajo el impacto de las olas.</p>	<p>adaptarse a hidrocarburos de baja, mediana y alta viscosidad.</p>	<p>de energía disponible independiente, junto con mangueras hidráulicas para el suministro y la descarga, una bomba y un sistema de almacenamiento apropiado.</p>	<p>aunque puede enfrentar obstrucciones cuando se encuentre con desechos más grandes.</p>
	 <p><b>Ilustración 19:</b> <b>Skimmer correa</b></p> <p><b>Fuente.</b> (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)</p>	<p>El rango de desempeño varía de bajo a intermedio.</p>	<p>Tiene la capacidad de ser altamente selectivo, con un arrastre de agua mínimo. Además, puede operar de manera efectiva incluso en aguas agitadas.</p>	<p>Tiene una alta selectividad, con una mínima captación de agua. Es capaz de operar en condiciones de aguas turbulentas.</p>	<p>Tiene la capacidad de suministrar hidrocarburos directamente hasta el almacenamiento ubicado en la parte superior de la correa.</p>	<p>Muestra eficacia al tratar con desechos de tamaño reducido, aunque puede experimentar bloqueos en presencia de desechos de mayor tamaño.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">No Oleofílicos</p>	 <p><b>Ilustración 20:</b> <b>Skimmer</b></p>	<p>El rendimiento generalmente se encuentra en un rango bajo a intermedio y depende del tipo de bomba de vacío utilizada.</p>	<p>Es empleado en aguas tranquilas, pero cuando hay pequeñas olas, puede recolectar una cantidad excesiva de agua. Sin embargo, su selectividad mejora si se</p>	<p>Su eficacia es mayor en hidrocarburos de baja a mediana viscosidad.</p>	<p>En general, los camiones y remolques aspiradores son autosuficientes, ya que cuentan con su propia fuente de energía, bomba y sistema de</p>	<p>Existe la posibilidad de que se produzca un bloqueo debido a la acumulación de desechos.</p>

<p><b>Succión o Aspiración</b></p> <p><b>Fuente.</b> (DESMI, 2021)</p>		<p>incorpora un vertedero.</p>		<p>almacenamiento incorporados.</p>	
<p><b>Vertedero</b></p>  <p><b>Ilustración 21:</b> <b>Skimmer Vertedero</b></p> <p><b>Fuente.</b> (Elastec, 2021)</p>	<p>El impacto puede ser considerable y depende de factores como la capacidad de la bomba y el tipo de hidrocarburos involucrados.</p>	<p>En condiciones de aguas tranquilas, tiene la capacidad de ser altamente selectivo y experimentar un arrastre de agua mínimo. Sin embargo, es propenso a inundarse fácilmente si aumenta la cantidad de agua arrastrada.</p>	<p>Tiene efectividad en hidrocarburos de diferentes rangos de viscosidad, desde ligeros hasta pesados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los hidrocarburos muy pesados podrían presentar dificultades para fluir hacia el vertedero.</p>	<p>Es necesario disponer de un bloque de alimentación independiente, mangueras hidráulicas para el suministro y la descarga, una bomba y un sistema de almacenamiento. Algunos Skimmers también incluyen bombas integradas en su diseño.</p>	<p>Es posible que se obstruya con desechos de gran tamaño, aunque algunas bombas demuestran eficacia al tratar con desechos más pequeños.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Correa</b></p>  <p><b>Ilustración 22:</b> <b>Skimmer</b> <b>Correa</b></p> <p><b>Fuente.</b> (Elastec, 2021)</p>	<p>El nivel de intensidad se encuentra en un rango bajo a intermedio.</p>	<p>Posee una gran capacidad de selección, con un arrastre de agua mínimo. Además, puede operar eficientemente incluso en aguas turbulentas.</p>	<p>Mayor efectividad en hidrocarburos de mayor viscosidad.</p>	<p>Se asemeja al Skimmers de correa oleofílica.</p>	<p>Muestra eficacia al tratar con desechos de pequeño tamaño, pero tiende a obstruirse cuando se encuentra con desechos de mayor tamaño.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Tambor</b></p>  <p><b>Ilustración 23:</b> <b>Skimmer</b> <b>Tambor</b></p> <p><b>Fuente.</b> (Elastec, 2021)</p>	<p>El nivel de intensidad se sitúa en un rango intermedio.</p>	<p>En condiciones de aguas tranquilas, puede ser altamente selectivo y tener un arrastre de agua mínimo. No obstante, en presencia de oleaje, existe el riesgo de inundación.</p>	<p>Demuestra eficacia con hidrocarburos de alta densidad.</p>	<p>Se parece al Skimmers tipo vertedero.</p>	<p>Se asemeja al tipo de vertedero de inmersión.</p>

**Fuente.** (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014, pág. 3)

#### 1.4.14 Costos en medidas para la restauración y otros costos afines

En estos costos se incluyen costos por recolección y limpieza de derrames de crudo, pero también se incluyen costos variables y fijos los cuales depende de varios factores por lo general el costo por almacenamientos y mantención son los más elevados.

Otros valores que se incluyen son los costos de capacitación, investigación y de información de acuerdo con los efectos que se ocasiono el derrame, adicionalmente se adjuntan costos por el uso de agua como de refrigeración industrial y desalineación.

Con respecto a costos con respecto al medio ambiente y la salud se incluyen costos de daños o accidente a la salud, daño a algas marinas, costos de limpieza por parte de las embarcaciones, y demás (Vergara, 2016).

# CAPÍTULO 2

## 2.1 Metodología

Los derrames petroleros representan una amenaza significativa para el medio ambiente y los ecosistemas marinos. Estos eventos pueden tener consecuencias devastadoras en la vida acuática, Los hábitats costeros y la salud humana pueden verse afectados negativamente. En la búsqueda de soluciones eficaces para minimizar las consecuencias de los derrames de petróleo., los Skimmers han surgido como una opción prometedora.

El conocimiento detallado de los Skimmers y su aplicación en la recuperación de petróleo en entornos marinos nos permitirá comprender mejor cómo se pueden minimizar los impactos negativos de los derrames petroleros y proteger los ecosistemas acuáticos. Además, se analizarán las posibles consecuencias ambientales derivadas de los derrames petroleros y cómo los Skimmers pueden contribuir a mitigar estos efectos.

Mediante una metodología descriptiva, se recopilarán datos relevantes, se analizarán los resultados obtenidos y se extraerán conclusiones significativas. Esta investigación tiene como objetivo contribuir al conocimiento existente sobre la respuesta a derrames petroleros y proporcionar recomendaciones prácticas para mejorar las estrategias de recuperación y protección ambiental.

## 2.2 Diseño de investigación

Se optó por utilizar metodología descriptiva debido a su capacidad para identificar y detallar los aspectos que influyen en el fenómeno investigativo en cuestión. El objetivo de esta investigación es identificar la alternativa más adecuada, en este caso se han identificado como los Skimmers, para recolectar el petróleo en casos de derrames petroleros.

Al decir que se busca determinar la mejor opción, implica buscar y evaluar diferentes métodos, técnicas o tecnologías, como los Skimmers, que puedan ser

utilizadas eficazmente para llevar a cabo la recolección del petróleo derramado. Esto implica analizar y comparar los procedimientos existentes y los resultados obtenidos para seleccionar la opción más adecuada y eficiente, considerando factores como la eficacia, la viabilidad y el impacto ambiental.

Además, se pretende comprender la situación de los habitantes del Cantón Lago Agrio cuando ocurren derrames petroleros, esto implica investigar los efectos y resultados que estos incidentes tienen en la vida de los habitantes de la región. Esto incluye aspectos relacionados con la salud, el bienestar socioeconómico, además, se analizará el acceso a los recursos naturales y el daño al medio ambiente. Se considera que la utilización de Skimmers como solución puede ser una alternativa efectiva y menos perjudicial para mitigar los efectos negativos de los derrames petroleros en el entorno y la comunidad.

En conclusión, el estudio tiene como objetivo obtener un conocimiento más profundo y fundamentado sobre las opciones de recolección de petróleo, destacando la efectividad de los Skimmers, en derrames petroleros, así como comprender y analizar la situación de los habitantes afectados por estos eventos en el Cantón Lago Agrio, también contribuir a la búsqueda de soluciones efectivas y mejorar la respuesta ante este tipo de accidentes ambientales, priorizando se buscará preservar el entorno natural y promover el bienestar de la comunidad. El conocimiento adquirido a través de este estudio puede ser de gran importancia para impulsar medidas más efectivas y sostenibles en la gestión de derrames petroleros, así como también, se velará por la salvaguardia del medio ambiente marino.

## **2.3 Recopilación y análisis de datos**

### ***2.3.2 Derrame de Chevron-Texaco (1964-1992)***

La empresa petrolera transnacional Texaco fue culpable de un vertido de 60,5 millones de litros de petróleo y 68 mil millones de litros de aguas contaminadas en los ríos de la zona, así como de la quema al aire libre de 235 mil millones de pies cúbicos de gas en la selva amazónica de Ecuador. (Albino, 2015).

En mayo de 2003, un grupo de individuos presentó una demanda contra la compañía petrolera Chevron-Texaco en la Corte Superior de Justicia, ahora conocida como Corte Provincial de Justicia, en Sucumbíos, la demanda alegaba que Texaco había causado daños al medio ambiente debido al uso de tecnología obsoleta y prácticas contaminantes, el objetivo de la demanda era lograr que la empresa asumiera los costos de la reparación ambiental, incluyendo la descontaminación del suelo, el agua superficial y subterránea contaminada con hidrocarburos, esto incluyó la ejecución de planes para la restauración de la fauna y flora autóctonas, la recuperación de la vida acuática, sistemas de suministro de agua, servicios de salud, y la revitalización de las formas de vida tradicionales de las comunidades indígenas, entre otros aspectos.

Los reclamos principales contenidos en la demanda de Lago Agrio se basaron en el derecho sustantivo ecuatoriano vigente antes de la Ley de Gestión Ambiental de 1999, en la sección V de la reclamación., denominada "base jurídica", los demandantes de Lago Agrio citaron la acción popular contemplada en el código civil, artículo 2236 (anteriormente 2260), la normativa dispone que es factible interponer una "acción popular" en todas las circunstancias en las cuales exista un riesgo potencial de daño para personas no identificadas debido a la imprudencia o negligencia de un tercero" (Soledispa, 2019).

### ***2.3.3 Derrame de Petroecuador en Shushufindi (2013):***

En la parroquia El Reventador del cantón Gonzalo Pizarro, ubicada en la provincia de Sucumbíos, miembros de la Comisión de Biodiversidad de la Asamblea Nacional llevaron a cabo una inspección en la zona donde, de acuerdo con los informes de EP Petroecuador, se produjo un derrame de más de 11 mil barriles de petróleo el 31 de mayo. Este incidente ocurrió como resultado de la rotura del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) en el kilómetro 82 de la tubería 26 (El Universo, 2013).

El vertido contaminó los ríos Coca y Napo, lo que resultó en la suspensión del suministro de agua potable para Coca y otras comunidades de Sucumbíos, además, la mancha de petróleo se extendió hacia 32 comunidades en Perú. La causa del derrame

fue el deslizamiento de una parte de la loma donde se encuentra asentado el oleoducto, en el caso específico de Sucumbíos, Marco Calvopiña, gerente general de EP Petroecuador, informó que un gran alud afectó la carretera Lago Agrio-Baeza-Quito y destruyó la tubería que corre paralela a dicha vía.

Según las estadísticas publicadas por el Ministerio del Ambiente en su sitio web, desde el inicio de las actividades de exploración y explotación en 1967 hasta 2009, se documentaron un total de 794 derrames de petróleo en las provincias de Orellana y Sucumbíos. Estos derrames implicaron un volumen total de 299.757 barriles derramados, cabe destacar que esta información se limita a esas dos provincias hasta el año mencionado y solo incluye los datos divulgados por Petroecuador, además, se han reportado 47 derrames adicionales debido a roturas en el SOTE entre 1972 (año en que comenzó a operar) y 2001, según información proporcionada por Acción Ecológica (El Universo, 2013).

#### ***2.3.4 Vertido de Petróleo que Genera Contaminación en el Río Teteye en la Región de Lago Agrio***

El 25 de septiembre de 2022, ocurrió un evento en la parroquia de Nueva Loja, ubicada en la provincia de Sucumbíos, un derrame de petróleo que afectó al río Teteye debido a una afectación en el sistema Power Oil del Bloque 56 Lago Agrio. La fuga se produjo en la línea de alta presión del sistema Power Oil, específicamente en el pozo Lago 032 del bloque 56 de Lago Agrio.

Los residentes afectados fueron quienes inicialmente alertaron sobre el incidente, aunque Petroecuador reconoció los hechos recién después de 12 días. Finalmente, el 7 de octubre de 2022, el Ministerio de Ambiente y Petroecuador hicieron un pronunciamiento público sobre el caso. La empresa estatal petrolera también indicó que la causa del derrame fue un presunto sabotaje dentro del derecho de vía de una de las líneas de alta presión del sistema Power Oil. El Ministerio de Ambiente informó que se han notificado al operador las acciones de contingencia, limpieza, remediación del área afectada y presentación del plan de emergencia correspondiente.

Entre las acciones inmediatas tomadas al detectar el incidente, se reforzaron los puntos de control y se procedió a la recuperación del crudo con la participación de los equipos especializados de Seguridad, Salud y Ambiente, así como del Proyecto Amazonía Viva.

Petroecuador atribuyó el daño a un presunto sabotaje dentro del derecho de vía de la línea de alta presión del sistema Power Oil del pozo Lago 032. El combustible ingresó a La comunidad de Santa Cruz, según Donald Moncayo, coordinador de la Unión de Afectados y Afectadas por las Operaciones Petroleras de Texaco (Udapt), se encuentra a lo largo del río Aguarico, el cual tiene su origen en el río Teteye. y finalmente desembocó en el río Napo, uno de los más grandes de Ecuador.

## **2.4 Principales Leyes vigentes de la constitución ecuatoriana para las actividades Hidrocarburíferas en la Amazonia aplicada al Medio Ambiente.**

**Tabla 5: Leyes vigentes de la constitución ecuatoriana para las actividades Hidrocarburíferas en la Amazonia Medidas implementadas para la protección del medio ambiente.**

<p><b>La Carta Magna de Ecuador.</b></p>	<p>La Constitución de Ecuador incluye cláusulas que aseguran el derecho a un entorno saludable y equilibrado, así como el respeto por los derechos de las comunidades indígenas. Además, establece principios como la soberanía sobre los recursos naturales y la responsabilidad de desarrollar una política energética que sea sustentable y duradera.</p>
<p><b>Ley de Hidrocarburos</b></p>	<p>Esta legislación rige todas las operaciones vinculadas a la búsqueda, extracción, producción, refinación, transporte, almacenamiento y venta de hidrocarburos en el territorio de Ecuador. Incluye cláusulas particulares destinadas a la preservación del entorno, la participación activa de la ciudadanía y el respeto a los derechos de las comunidades locales.</p>
<p><b>Ley Orgánica de Gestión y Regulación Ambiental</b></p>	<p>Esta legislación define los métodos y pasos a seguir para prevenir, controlar y reducir los efectos negativos en el medio ambiente ocasionados por las operaciones relacionadas con hidrocarburos. También establece la responsabilidad de llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental, aplicar planes de gestión ambiental y tomar medidas correctivas en caso de daños al entorno natural.</p>

<b>Legislación sobre Consulta Anticipada, Voluntaria y con Información Completa</b>	Esta legislación asegura el derecho de las comunidades y grupos indígenas a ser consultados de manera anticipada, voluntaria y con información completa sobre las decisiones que puedan influir en sus derechos colectivos. En el contexto de actividades petroleras en la región amazónica, se establece la obligación de llevar a cabo consultas previas antes de iniciar cualquier proyecto en territorios indígenas.
<b>Ley de Desarrollo Fronterizo</b>	El propósito de esta legislación es fomentar el desarrollo sostenible en las áreas limítrofes, incluyendo la Amazonía. Establece políticas y acciones para fomentar la conservación ambiental, la participación ciudadana y el desarrollo socioeconómico equitativo en estas regiones.
<b>Legislación sobre la Participación Activa de la Ciudadanía</b>	Esta ley establece los mecanismos de participación ciudadana en la toma de decisiones sobre asuntos públicos. En el contexto de las actividades hidrocarburíferas en la Amazonía, se garantiza la participación de la ciudadanía en los procesos de consulta y deliberación relacionados con proyectos y políticas energéticas.
<b>Ley Orgánica de Gestión de la Soberanía Agroalimentaria</b>	Esta ley promueve la producción agrícola y agropecuaria sostenible, asimismo, tiene como objetivo la salvaguardia de los recursos naturales y la biodiversidad, y se extiende a las actividades agropecuarias en la Amazonía, que pueden verse afectadas por la exploración y explotación de hidrocarburos.
<b>Reglamento Legal sobre el Manejo, Utilización y Gestión de los Recursos Acuáticos,</b>	Esta legislación define los principios y regulaciones para la gestión completa y sostenible de los recursos de agua en Ecuador. Es relevante para las actividades hidrocarburíferas en la Amazonía debido a la importancia de los ríos y fuentes de agua en la región.
<b>Ley Orgánica de Comunicación</b>	Esta legislación establece los principios y pautas para la práctica de la comunicación en el Ecuador. Es importante para las actividades Hidrocarburíferas en la Amazonía, ya que asegura El derecho a acceder a la información y participar en asuntos relacionados con la industria de los hidrocarburos.
<b>Ley Orgánica de Gestión de la Política Pública Ambiental</b>	Esta ley tiene como objetivo garantizar la gestión ambientalmente sostenible en el país. Define principios y reglas para la preservación del entorno natural y la sostenibilidad de los recursos naturales. Su aplicación es fundamental para las actividades hidrocarburíferas en la Amazonía.

Fuente. (La Constitución de Ecuador, 2021)

Dentro de la Constitución, es destacable el artículo 411, que merece una atención especial. Este artículo establece el compromiso del Estado de garantizar la conservación, restauración y gestión integral de los recursos acuáticos, las cuencas hidrográficas y los caudales ecológicos relacionados con el ciclo del agua. Se implementarán regulaciones para supervisar cualquier actividad que pueda afectar la cantidad y calidad del agua, así como el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las áreas de origen y de recarga de agua. La prioridad en el uso y aprovechamiento del agua se enfocará en mantener la sostenibilidad de los ecosistemas y satisfacer las necesidades humanas. (Constitución de la República del Ecuador, 2021)

## **2.5 Evaluación de efectividad**

La selección de los Skimmers más adecuados para la recolección de hidrocarburos en situaciones de derrames petroleros implica considerar diversos factores, entre ellos, el tipo de derrame, las condiciones ambientales y la ubicación geográfica. A continuación, se enumera una selección de algunos de los Skimmers más ampliamente reconocidos y utilizados en la industria:

### **2.5.1 Skimmers de Disco**

Los Skimmers de Disco son conocidos por su alta eficiencia en la recuperación de hidrocarburos, utilizan discos giratorios que repelen el agua y recogen selectivamente los hidrocarburos. Se ha demostrado que tienen una eficiencia de recuperación de hidrocarburos superior al 90% en derrames de crudos de baja a mediana viscosidad. Sin embargo, su rendimiento puede verse afectado por la presencia de sedimentos o escombros en el agua. (Elastec, 2021)

### **2.5.2 Skimmers de Tambor**

Los Skimmers de Tambor son efectivos en la recuperación de hidrocarburos de crudos de baja a alta viscosidad, utilizan tambores giratorios cubiertos de materiales oleófilos para recolectar los hidrocarburos, tienen una eficiencia de recuperación de hidrocarburos similar a la de los Skimmers de Disco, superando el 90% en condiciones

favorables. Pueden manejar derrames en aguas turbulentas y con sedimentos, aunque pueden requerir limpieza frecuente. (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)

### **2.5.3 Skimmers de Cepillos**

Los Skimmers de Cepillos utilizan cepillos oleófilos e hidrófugos para recoger los hidrocarburos, son altamente selectivos y eficientes en la recuperación de hidrocarburos con un mínimo contenido de agua. Su eficiencia de recuperación puede superar el 95% en condiciones favorables tienen capacidad para recolectar hidrocarburos de diferentes viscosidades y son ampliamente utilizados en aplicaciones marinas y en separadores de hidrocarburos. (Ferreiro, 2013)

### **2.5.4 Skimmers de Succión de Vacío**

Los Skimmers de Succión de Vacío utilizan una bomba mecánica para crear un vacío y aspirar la capa superior de la mezcla de hidrocarburo y agua en un derrame, tienen una eficiencia de recuperación que varía según la viscosidad del crudo y la capa formada sobre el agua. En general, su eficiencia de recuperación se sitúa en un rango de aproximadamente 50% a 70% en condiciones óptimas. (Elastec, 2021)

### **2.5.5 Skimmers de Barrido de Succión**

Los Skimmers de Barrido de Succión son equipos altamente efectivos para la recuperación de derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua, se estima que alcanzan una eficiencia de recuperación de hidrocarburos del 90% al 95%, pueden manejar una amplia gama de viscosidades de crudo y tienen una alta capacidad de recolección, pudiendo recuperar varios miles de metros cúbicos por hora de hidrocarburos derramados. (ITOPF Promoting Effective Spill Response, 2014)

Es importante tener en cuenta que la eficiencia de los Skimmers puede verse afectada por varios factores, como la viscosidad del crudo, la agitación del agua, la

presencia de sedimentos y la destreza del operador. La elección del Skimmers adecuado dependerá de las características específicas del derrame y las condiciones ambientales.

## **2.6 Efectos del medio ambiente**

El uso de Skimmers como solución para los derrames de petróleo puede tener tanto efectos positivos como negativos en el medio ambiente.

### **2.6.1 Efectos positivos**

- Recuperación efectiva de hidrocarburos: Los Skimmers permiten una recuperación más eficiente de los hidrocarburos derramados en cuerpos de agua, lo que contribuye a reducir la contaminación y minimiza el impacto en los ecosistemas acuáticos.
- Protección de la vida marina y hábitats sensibles: Al eliminar el petróleo de la superficie del agua, se reduce el riesgo de exposición y daño a la vida marina, así como a hábitats sensibles, como manglares, arrecifes de coral y zonas costeras. Esto ayuda a preservar la biodiversidad y los ecosistemas marinos.

### **2.6.2 Efectos negativos**

- Limitaciones en la efectividad de recuperación: Los Skimmers pueden enfrentar dificultades para recuperar ciertos tipos de hidrocarburos, como aquellos de alta viscosidad o emulsionados con agua. Esto puede afectar la eficiencia general de la operación de limpieza y dejar residuos en el medio ambiente.
- Posibles daños a la vida marina durante las operaciones: Las operaciones de recuperación con Skimmers pueden generar perturbaciones adicionales en el medio ambiente marino, como el ruido y la presencia física de las embarcaciones, que pueden afectar temporalmente a la vida marina y a las aves marinas en la zona del derrame.
- Requisito de una gestión adecuada de los residuos: El manejo y la disposición adecuada de los residuos recogidos por los Skimmers son necesarios, como el petróleo y los desechos contaminados, Es esencial para prevenir impactos

secundarios en el entorno natural. Si no se gestionan de manera adecuada, estos residuos podrían ocasionar contaminación adicional y daños a largo plazo.

# CAPÍTULO 3

## Análisis de Resultados

El campo petrolero Lago Agrio ha adquirido reconocimiento a nivel internacional debido a los graves problemas ambientales ocasionados por el desarrollo petrolero en esa zona, estos desafíos abarcan la contaminación del agua, la degradación del suelo, la pérdida de bosques y las consecuencias para la cultura., este campo petrolero se encuentra situado en el territorio ancestral Kofan, cercano a la frontera con Colombia, y es una de las doce áreas de producción que Ecuador desarrolló cuando comenzó a exportar petróleo (Bernard, 2012). Es importante destacar que este fue el sitio donde el consorcio CEPE-Texaco tuvo una mayor actividad durante el período comprendido entre 1972 y 1992.

A medida que las operaciones de extracción y producción de petróleo y gas aumentan en el bloque 56 de Lago Agrio, el riesgo de derrames significativos se ha incrementado, lo que plantea la necesidad de implementar medidas eficientes para mitigar los impactos ambientales. En este análisis, se han considerado diferentes factores clave, como la viscosidad del crudo, la presencia de sedimentos, escombros en el agua, y las características ambientales del Bloque 56, además, se ha tomado en cuenta la información proporcionada sobre el API del crudo, la viscosidad, el Factor volumétrico de petróleo inicial (Boi) y la Relación gas -petróleo (GOR) en la zona.

Se exponen los valores medios de las propiedades petrofísicas de las formaciones productoras que se encuentran en el campo Lago Agrio, estos datos representan una fuente invaluable de información para comprender la naturaleza y características de las rocas y fluidos presentes en el yacimiento.

**Tabla 6: Características petrofísicas de las arenas del campo Lago Agrio**

Reservorio	PARÁMETROS				
	Espesor Neto de Petróleo	Porosidad	Saturación de Agua	Saturación de Petróleo	Permeabilidad K
	ho	%	Sw	So	K
Basal Tena	9 ft	14.52	31.62	68.38	15-30 md

U Superior	8	12.02	28.17	71.83	20-60
U Inferior	10	12.08	32.34	68	20-60
T Superior	9	12.32	33.72	67.66	20-60
T Inferior	11	12.06	10.71	66.28	20-60
Hollín Superior	18	12.62	30.91	69.29	15-18
Hollín Inferior	59	14.39	27.42	69.09	50-90

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

La Tabla 6 presenta de manera detallada los parámetros de Presión-Volumen-Temperatura (PVT) del Campo Lago Agrio, incluyendo datos relevantes como las presiones, el punto de burbujeo, la temperatura del yacimiento, el Boi (Índice de aceite básico), el API (Índice de gravedad del petróleo), la viscosidad y el GOR (Relación Gas-Petróleo). Estos parámetros son fundamentales para comprender las características y comportamiento de los hidrocarburos presentes en el yacimiento.

**Tabla 7: Se proporcionan los datos de Presión-Volumen-Temperatura (PVT) del Campo Lago Agrio.**

Reservorio	PARÁMETROS							
	Presión inicial	Presión Actual	Punto de burbuja Pb	Temperatura de yacimiento Tr	Factor volumétrico de petróleo inicial Boi	API	Viscosidad	Relación gas - petróleo GOR
	psi	psi	psi	°F	BY/BN	°API	cp	Scf/Bbl
Basal Tena	3500	1095	810	212	1.16	24	212	2.21
U Superior	4195	1837	700	222	1.24	29.1	222	1.07
U Inferior	4195	1796	700	222	1.24	29.1	222	1.07
T Superior	4417	2101	770	224	1.22	32	224	3.01

T Inferior	4417	2312	770	224	1.22	32. 4	224	3.01
Hollín Superior	4485	3422	850	228	1.18	28. 1	228	1.78
Hollín Inferior	4485	3900	750	232	1.18	28. 8	232	1.45

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

A continuación, se expone una representación tabular que comprende los incidentes de derrames ocurridos en el transcurso de cuatro años en el Bloque 56 de Lago Agrio, esta matriz adquiere un rol central en la investigación al dirigir su atención hacia la evaluación pormenorizada y sistemática de los derrames petroleros en el área de interés.

La importancia de esta matriz radica en su capacidad para estructurar y visualizar de manera concisa la distribución temporal y espacial de los derrames a lo largo del período estudiado, dicha visualización permite detectar tendencias, fluctuaciones estacionales y patrones emergentes en la ocurrencia de derrames, estos datos ofrecen una perspectiva valiosa para la formulación de políticas y estrategias de gestión de riesgos.

La matriz, al proporcionar una síntesis organizada de los eventos de derrame, facilita la identificación de áreas críticas en términos de frecuencia o impacto ambiental. Esta capacidad de enfoque permite a las autoridades competentes, así como a las empresas y otras partes interesadas, priorizar acciones de prevención y respuesta en las zonas de mayor vulnerabilidad.

Asimismo, durante un período de estudio de cuatro años, la matriz puede ser útil para evaluar la eficacia de las acciones tomadas para reducir los derrames., permitiendo ajustes y mejoras continuas en los protocolos de gestión, esta herramienta, por lo tanto, juega un papel fundamental en la implementación de políticas de seguridad y cuidado ambiental más sólidas y eficaces. Al poner de relieve los incidentes en un formato estructurado, la matriz informa de manera decisiva las decisiones y enfoques hacia la prevención, respuesta y mitigación de derrames, contribuyendo de manera significativa a la seguridad, la sustentabilidad y el compromiso con el medio ambiente en esta área de interés.

**2020**

**MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56**

**Tabla 8: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2020**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Bloque Instalación</b>	<b>Sitio Específico Plataforma</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto Derramado</b>	<b>Volumen Derramado Bbls</b>	<b>Volumen Recuperad o Bbls</b>	<b>Causa</b>
18-feb-20	Lago_Agrio_ 56	PRH-004	Rebosamiento de sumidero de bomba de transferencia	Crudo	3,00	2,80	Operativa
27-mar-20	Lago_Agrio_ 56	KM2 VIA TARAPOA	Afloramiento de crudo en línea de transferencia CUYABENO-LAGO de 12" en el Kilómetro 2 vía Tarapoa.	Crudo	4,50	4,00	Operativa
27-may-20	Lago_Agrio_ 56	LGA-0012	Evento por corte de terceros en la línea de 4 1/2" de Lago 12	Crudo	0,023	0,02	Atentado
23-jun-20	Lago_Agrio_ 56	GNT-005	Pitting en LF 6" ingreso a GNT-05	Crudo	0,35	0,28	Materiales
04-jul-20	Lago_Agrio_ 56	CENTRAL DE PROCESOS GUANTA GNP	Rebosamiento de sumidero central del cubeto de los tres tanques de pulido del RYA de agua de la Est. Guanta	Crudo	0,60	0,60	Falla Equipos
07-jul-20	Lago_Agrio_ 56	GNT-020	Fuga de crudo por pistón de la bomba triplex del pozo GNT 20	Crudo	0,90	0,80	Falla Equipos

12-Jul-20	Lago_Agrio_56	GNT-G	Aspersión de crudo por desfogue de gas del tanque de 500 bls en GNT PAD G	Crudo	0,90		Falla Equipos
28-Jul-20	Lago_Agrio_56	KM2 VIA AEROPUER TO	Tanquero de Cootranps mancha la vía con fluido.	Agua De Formación	0,047		Falla Equipos
4-Aug-20	Lago_Agrio_56	LGA-H	Pitting en línea de producción LGA-H	Crudo	1,20	0,45	Falla Equipos
29-Aug-20	Lago_Agrio_56	GNT-E031	Pitting en línea de prueba pozo GNTE-31	Crudo	0,33	0,31	Materiales
23-Oct-20	Lago_Agrio_56	LGA-0044	Rotura de niple de tomamuestra de la línea del pozo LGA-44 por rodillo durante trabajos de compactación del cuerpo de ingenieros	Crudo	0,64	0,50	Operativa
20-Nov-20	Lago_Agrio_56	LGA-0038	Liqueo en la unión de la universal de 2" de la línea de Power Oil.	Crudo	0,71		Materiales
14-Dec-20	Lago_Agrio_56	PRH-G	Fuga de fluido por bota de vacuum	Crudo	0,01		Falla Equipos
28-Dec-20	Lago_Agrio_56	PRH-G	Liqueo en DDV línea roscada PRHG aproximadamente a 800 metros de la plataforma PRH 04	Crudo	0,013	0,011	Materiales
<b>Total</b>					<b><u>13,223</u></b>	<b><u>9,771</u></b>	

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 9:Matriz Interna Derrames Bloque 56 2020**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Componen te Físico Afectado</b>	<b>Área Afectada Total M<sup>2</sup></b>	<b>Componen te Biótico Afectado</b>	<b>Componen te Social Afectado</b>	<b>Costo Total Usd \$</b>	<b>Categor ía Am 100a</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizació n Físico Química Inicial?</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizaci ón Físico Química Final?</b>	<b>% Limpieza</b>
18-feb-20	SUELO	720,43	NO	SI	\$32.900,90	Nivel 2	SI	SI	100%
27-mar-20	AGUA+SUELO	3129,04	NO	SI	\$457.173,03	Nivel 2	SI	SI	96,70%
27-may-20	SUELO	20,96	NO	SI	\$2.068,87	Nivel 2	SI	NO	100%
23-jun-20	SUELO	316,62	NO	SI	\$79.050,38	Nivel 2	SI	SI	100%
04-jul-20	SUELO	318,22	NO	NO	\$8.063,91	Nivel 1	SI	NO	100%
07-jul-20	SUELO	47,18	NO	SI	\$5.508,40	Nivel 2	SI	NO	75%
12-jul-20	SUELO	149,21	NO	NO	\$3.471,04	Nivel 1	NO	SI	100%
28-Jul-20	SUELO	60,00	NO	SI	\$172,00	Nivel 2	NO	NO	100%
4-Aug-20	SUELO	38,27	NO	NO	\$1.706,72	Nivel 1	NO	NO	75%
29-Aug-20	SUELO	58,99	NO	NO	\$25.307,68	Nivel 1	SI	SI	80%
23-Oct-20	SUELO	30,11	NO	NO	\$582,90	Nivel 1	NO	SI	100%

20-Nov-20	SUELO	162,78	NO	NO	\$6.267,45	Nivel 1	NO	NO	51%
14-Dec-20	SUELO	0,00	NO	NO		Nivel 1	NO	NO	
28-Dec-20	SUELO	13,73	NO	NO	\$676,94	Nivel 1	SI	NO	100,00%
<b>Total</b>		<b><u>5065,54</u></b>			<b><u>\$622.950,2</u></b>				
					<b><u>2</u></b>				

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**2021**

**MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56**

**Tabla 10: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2021**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Bloque Instalación</b>	<b>Sitio Específico Plataforma</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto Derramado</b>	<b>Volumen Derramado Bbls</b>	<b>Volumen Recuperado Bbls</b>	<b>Causa</b>
09-ene-21	Lago_Agrio_ 56	GNT-A	Rebosamiento de sumidero de bomba de transferencia en la plataforma GNT A	CRUDO	0,71	0,59	Operativa
10-ene-21	Lago_Agrio_ 56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO NORTE LNP	Rebosamiento de sumidero de bomba Power Oil de la Estación LNP	CRUDO	0,95	0,00	Operativa
30-ene-21	Lago_Agrio_ 56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO CENTRAL LCP	Aspersi6in de combustible en vfa asfaltada intersecci6n vfa al aeropuerto	DIESEL	0,011	0,007	Falla Humana
05-abr-21	Lago_Agrio_ 56	CENTRAL DE PROCESOS	Fuga de crudo en 6rea de descarga de Vacuums de Estaci6n Lago Norte. Evento	AGUA + CRUDO	0,037	0,030	Falla Humana

		LAGO NORTE LNP	producido por contratista CONEXPET				
02-ago-21	Lago_Agrio_56	PRH-023G	Mancha de hidrocarburo vía lastrada a 1000m, antes de llegar locación PRHG-23.	CRUDO	0,05	0,05	Operativa
06-ago-21	Lago_Agrio_56	LGA-0044	Fuga de fluido por posible Pitting en la línea enterrada del pozo LGA 44	CRUDO	0,012	0,010	Materiales
02-sep-21	Lago_Agrio_56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO CENTRAL LCP	Por rotura sello en válvula de 6" del sistema bombas triplex Power Oil en LCP	CRUDO	0,10	0,09	Materiales
2-Sep-21	Lago_Agrio_56	PRH-0010	Plataforma PRH-10 fluido expulsado por el mechero.	CRUDO	0,05		
6-Sep-21	Lago_Agrio_56	LGA-0024	Pitting en la línea de succión de 6" del sistema Power Oil.	CRUDO	2,00	1,90	Materiales
13-Sep-21	Lago_Agrio_56	LGA-0013	Existencia de líquido en la tubería de producción de 4 pulgadas ubicada en la plataforma LGA-13	CRUDO	0,61	0,59	Materiales
11-Oct-21	Lago_Agrio_56	LGA-0044	Corrosión interna de línea de 4" del pozo LGA 44	AGUA + CRUDO	0,02	0,0059	Materiales

10-Nov-21	Lago_Agrio_ 56	GNT-006	Pitting en línea de 6 5/8" soterrada del sistema power oil por corrosión externa	CRUDO	6,00	4,00	Materiales
11-Nov-21	Lago_Agrio_ 56	OLEODUCT O SACHA- LGA	Pitting en área de shelter de válvulas oleoducto Sacha-Lago por corrosión interna	CRUDO	0,059	0,00	Materiales
21-Nov-21	Lago_Agrio_ 56	REFINERIA LGA	Pitting en la línea de 6" de ingreso de crudo liviano que abastece a la refinería	CRUDO	0,50	0,35	Operativa
27-Nov-21	Lago_Agrio_ 56	LGA-0032	Aspersión de crudo por falla del Oring del capuchón del cabezal del pozo LGA-32.	CRUDO	0,05	0,03	Operativa
25-Dec-21	Lago_Agrio_ 56	DRO-01	Rebosamiento del tanque de almacenamiento de crudo Dureno-01.	CRUDO	1,00	0,85	Operativa
<b>Total</b>					<b><u>12,1589</u></b>	<b><u>8,5029</u></b>	

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 11: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2021**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Componen te Físico Afectado</b>	<b>Área Afectada Total M²</b>	<b>Componen te Biótico Afectado</b>	<b>Componen te Social Afectado</b>	<b>Costo Total Usd \$</b>	<b>Categoría Am 100a</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizac ión Físico Química Inicial?</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizac ión Físico Química Final?</b>	<b>% Limpieza</b>
09-ene-21	Suelo	141,89	NO	NO	\$8.059,54	Nivel 1	SI	NO	100%
10-ene-21	No	69,75	NO	NO	\$2.515,66	Nivel 1	SI	NO	100%
30-ene-21	Suelo	175,04	NO	NO		Nivel 1	SI	NO	100%
05-abr-21	Suelo	180,00	NO	NO		Nivel 1	NO	NO	60%
02-ago-21	Lastre De La Via	0,50	NO	NO	\$741,95	Nivel 2	SI	NO	100%
06-ago-21	Lastre De La Via	40,00	NO	NO	\$3.170,92	Nivel 1	SI	NO	100%
02-sep-21	Lastre De La Via	60,57	NO	NO	\$3.511,99	Nivel 1	SI	NO	95%
2-Sep-21	Lastre De La Via	90,00	NO	NO	\$2.891,45	Nivel 1			95%
6-Sep-21	Suelo	291,52	NO	NO	\$40.159,25	Nivel 2	SI	NO	69%
13-Sep-21	Suelo	173,70	NO	NO	\$6.535,75	Nivel 1	SI	NO	43,35%
11-Oct-21	Suelo	2,00	NO	NO	\$616,96	Nivel 2	NO	NO	90%

10-Nov-21	Agua+Suelo	11872,17	NO	SI	\$1.151.750,18	Nivel 2	SI	NO	76,60%
11-Nov-21	No	0,00	NO	NO	\$242,28	Nivel 1	NO	NO	100%
21-Nov-21	No	38,91	NO	NO	\$7.585,91	Nivel 1	NO	SI	63,00%
27-Nov-21	No	0,00	NO	NO	\$3.627,26	Nivel 1	NO	NO	100,0%
25-Dec-21	Agua+Suelo	3645,74	FLORA	SI	\$108.534,94	Nivel 3	SI	NO	
Total		<b><u>16781,79</u></b>			<b><u>\$1.339.944,044</u></b>				

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**2022**

**MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56**

**Tabla 12: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2022**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Bloque Instalación</b>	<b>Sitio Específico Plataforma</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto Derramado</b>	<b>Volumen Derramado Bbls</b>	<b>Volumen Recuperado Bbls</b>	<b>Causa</b>
29-ene-22	Lago_Agrio_ 56	PRH-0011	Fuga de fluido por hurto de tubería de 4" que se encontraba fuera de servicio.	AGUA + CRUDO	0,0062	0,0062	Operativa
09-feb-22	Lago_Agrio_ 56	LGA-0044	Pitting en línea de flujo LGA-044 "Río Teteje".	AGUA + CRUDO	0,023	0,0059	Materiales
13-feb-22	Lago_Agrio_ 56	GNT-002	Pitting en línea de flujo GNT 02.	CRUDO	0,023	0,011	Operativa
05-mar-22	Lago_Agrio_ 56	PRH-0017B	Aspersión de fluido por mechero por arrastre de condensados desde la línea entre el scrubber y el mechero.	CRUDO	0,50	0,00	Operativa
30-mar-22	Lago_Agrio_ 56	PRH-A	Aspersión de crudo, ocurrido a las 14:30, en la plataforma PRH-PAD-A, afectando a 15m2 de vegetación rastrera, área perteneciente a PEC.	CRUDO	0,10	0,10	Operativa

03-abr-22	Lago_Agrio_56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO CENTRAL LCP	Rebosamiento de fluido del tanque vaccum al succionar el colchón de agua del taque de reposo actividad que estaba a cargo de la Cía CONEXPET.	CRUDO	0,10	0,10	Falla Humana
24-abr-22	Lago_Agrio_56	PRH-G	Rebosamiento de caja pullbox, ocurrido a las 12:20, en la plataforma.	AGUA DE FORMACIÓN	0,50	0,00	Operativa
27-Apr-22	Lago_Agrio_56	REFINERIA LGA	Vertido de diésel en área de zanja perimetral de SOTE LGA.	DIESEL	0,01	0,00	Operativa
4-May-22	Lago_Agrio_56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO CENTRAL LCP	Fuga de petróleo en el área ACT por falla en el acople de la manguera del camión de calibración	AGUA + CRUDO	0,71	0,69	Operativa
17-May-22	Lago_Agrio_56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO NORTE LNP	Presencia de fluido con hidrocarburo al lado externo de la malla perimetral de la Estación	CRUDO	0,50	0,00	Materiales
28-May-22	Lago_Agrio_56	GNT-A	Rotura de la tuerca de ajuste de empaquetadura de la bomba quintuplex en la plataforma	CRUDO	1,00	0,97	Materiales

5-Jun-22	Lago_Agrio_56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO CENTRAL LCP	Desbordamiento de sumidero de las bombas de power oil por falla de cierre en la válvula	CRUDO	0,071	0,059	Operativa
11-Jul-22	Lago_Agrio_56	LGA-0033	Vertido de fluido (agua + crudo) por hurto de tubería	AGUA + CRUDO	0,0094	0,00	Atentado
1-Sep-22	Lago_Agrio_56	LGA-008	Vertido de fluido (agua + crudo) por hurto de tubería en DDV LGA-08 afectación a suelo y cuerpo de agua	AGUA + CRUDO	0,50	0,40	Atentado
12-Sep-22	Lago_Agrio_56	GNT-038F	Vertido de crudo por pitting en el DDV de la línea de producción de 8" del pozo GNTF 28 con afectación a suelo dentro del DDV.	CRUDO	0,2380	0,21	Operativa
25-Sep-22	Lago_Agrio_56	LGA-0032	Derrame de hidrocarburo agua+crudo, por sabotaje linea sistema Power oil	AGUA + CRUDO	80,0000	0,00	Atentado
21-Oct-22	Lago_Agrio_56	CENTRAL DE PROCESOS GUANTA GNP	Vertido de Diésel afectando aproximadamente 10m2 de suelo y cuneta de la calzada DDV de la línea de transferencia que viene de Guanta	DIESEL	0,20	0,00	Falla Humana

7-Nov-22	Lago_Agrio_ 56	LGA-0041	Pitting ocurrido aprox. a las 14:30, en el DDV de línea soterrada del pozo LGA-41, afectando aprox. 60 m2	CRUDO	0,10	0,08	Operativa
9-Nov-22	Lago_Agrio_ 56	LGA-F	DDV de la línea de prueba 4 " de LGA PAD F cerca de la plataforma LGA 10 ocurrido por posible intento de hurto de tubería.	CRUDO	0,47	0,42	Atentado
11-Dec-22	Lago_Agrio_ 56	LGA-0042	Fuga de hidrocarburo por pitting en LP LGA-42 que afecta DDV y propiedad de terceros; área total afectada Aprox. 400 m2	CRUDO	0,20	0,18	Operativa
<b>Total</b>					<b><u>85,2606</u></b>	<b><u>3,2321</u></b>	

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 13: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2022**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Componen te Físico Afectado</b>	<b>Área Afectada Total M²</b>	<b>Compon ente Biótico Afectado</b>	<b>Componen te Social Afectado</b>	<b>Costo Total Usd \$</b>	<b>Categoría Am 100a</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizac ión Físico Química Inicial?</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizac ión Físico Química Final?</b>	<b>% Limpieza</b>
29-ene-22	Suelo	6,03	NO	NO	\$1.870,80	Nivel 2	SI	SI	100%
09-feb-22	Agua	7733,45	NO	SI	\$10.077,31	Nivel 3	SI	SI	95%
13-feb-22	Suelo	9,34	NO	NO	\$162,72	Nivel 2	NO	SI	95%
05-mar-22	Suelo	407,02	NO	SI	\$5.523,55	Nivel 3	SI	NO	87%
30-mar-22	No	15,00	FLORA	NO	\$222,35	Nivel 2	NO	SI	95%
03-abr-22	No	379,00	NO	NO	\$717,76	Nivel 1	NO	NO	100%
24-abr-22		5,00	NO	NO	\$1.235,59	Nivel 1	NO	NO	90%
27-Apr-22	Suelo	192,42	NO	NO	\$3.677,23	Nivel 2	SI	SI	90%

4-May-22	No	1200,00	NO	NO	\$3.073,71	Nivel 1	NO	NO	90%
17-May-22	Suelo	16,00	NO	SI	\$5.175,01	Nivel 3	SI	NO	93%
28-May-22	No	45,00	NO	NO	\$7.491,83	Nivel 1	NO	NO	95%
5-Jun-22	Suelo	115,47	NO	NO	\$820,49	Nivel 1	NO	NO	100%
11-Jul-22	Suelo	100,38	NO	NO	\$8.669,72	Nivel 2	NO	SI	95%
1-Sep-22	Agua+Suelo	3996,39	FLORA	SI	\$69.622,45	Nivel 3	SI	NO	34,00%
12-Sep-22	Agua+Suelo	1226,80	FLORA	SI	\$29.365,70	Nivel 2	SI	SI	70,0%
25-Sep-22	Agua+Suelo	5083,25	FLORA	SI	\$577.660,46	Nivel 3	SI	NO	60,20%
21-Oct-22	Suelo	10,00	NO	NO	\$0,00	Nivel 2	NO	NO	100%
7-Nov-22	Suelo	22,81	NO	NO	\$615,00	Nivel 2	NO	SI	95%
9-Nov-22	Suelo	205,83	NO	NO	\$26.847,96	Nivel 2	NO	SI	95%
11-Dec-22	Agua	1312,84	NO	SI	\$38.780,80	Nivel 3	SI	SI	21,40%
<b>Total</b>		<b><u>22082.03</u></b>			<b><u>\$791.610,44</u></b>				

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**2023**

**MATRIZ INTERNA DERRAMES BLOQUE 56**

**Tabla 14: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2023**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Bloque Instalación</b>	<b>Sitio Específico Plataforma</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto Derramado</b>	<b>Volumen Derramado Bbls</b>	<b>Volumen Recuperado Bbls</b>	<b>Causa</b>
07-ene-23	Lago_Agrio_ 56	CENTRAL DE PROCESOS LAGO NORTE LNP	Rebosamiento de fosa de recepción de sólidos construida en el T-0005.	AGUA + CRUDO	0,10	0,09	Materiales
07-feb-23	Lago_Agrio_ 56	LGA-0041	Pitting ocurrido en la línea de flujo del LGA 41 aprox. a las 08:45 con afectación dentro del DDV	AGUA + CRUDO	0,48	0,36	Materiales
15-feb-23	Lago_Agrio_ 56	DURENO 1	Vertido de fluido del tanque de almacenamiento de crudo	CRUDO	0,25	0,24	Operativa
24-mar-23	Lago_Agrio_ 56	LGA-0041	Pitting en la línea de producción 4 1/2" del pozo LGA-41	AGUA + CRUDO	0,60	0,55	Operativa
25-abr-23	Lago_Agrio_ 56	GNT-012	Falla en cierre de válvula de la bomba quintuplex power oil por vibración.	AGUA + CRUDO	4,00	3,50	Operativa

09-may-23	Lago_Agrio_ 56	LGA-0041	Pitting en el DDV de la línea de Flujo LGA-41 hacia la Estación LNP	AGUA + CRUDO			Operativa
10-may-23	Lago_Agrio_ 56	GNT-016	Fuga De Hidrocarburo Por Posible Hurto De Tubería De Pozo No Operativo GNT 16 Y Corte De Línea De Producción De Pozo GNT-04	AGUA + CRUDO			Atentado
<b>Total</b>					<b><u>5,425</u></b>	<b><u>4,737</u></b>	

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 15: Matriz Interna Derrames Bloque 56 2023**

<b>FECHA EVENTO (DD-MM- AAAA)</b>	<b>Componen te físico afectado</b>	<b>Área Afectada Total M<sup>2</sup></b>	<b>Componen te Biótico Afectado</b>	<b>Componen te Social Afectado</b>	<b>Costo Total Usd \$</b>	<b>Categoría Am 100a</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizac ión Físico Química Inicial?</b>	<b>¿Cuenta Con Caracterizac ión Físico Química Final?</b>	<b>% Limpieza</b>
07-ene-23	Suelo	80,00	NO	NO	\$3.658,58	Nivel 1	NO	NO	95%
07-feb-23	Suelo	25,00	NO	NO	\$1.064,77	Nivel 2	NO	NO	95%
15-feb-23	Lastre de la plataforma	14,00	NO	NO	\$2.559,04	Nivel 1	NO	NO	100%
24-mar-23	Suelo	50,00	NO	NO	\$2.994,64	Nivel 2	NO	NO	90%
25-abr-23	Lastre de la plataforma		NO	NO	\$22.963,67	Nivel 1	NO	NO	56,2%
09-may-23	Suelo	60,00	NO	NO	\$5.426,21	Nivel 2	NO	NO	66,0%
10-may-23	Agua+suelo		NO	NO	\$17.969,48	Nivel 3	NO	NO	12,8%
<b>Total</b>		<b><u>229</u></b>			<b><u>\$56.636,39</u></b>				

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

### 3.1 Tablas de resultados de los componentes físicos afectados durante los últimos 4 años

Las tablas presentadas exhiben de manera clara y concisa la totalidad del volumen derramado, así como el volumen recuperado, el área impactada y los costos totales relacionados con la mitigación y limpieza de los derrames ocurridos, esta visión global contribuye a una comprensión más profunda de los impactos financieros, medioambientales y operativos de los derrames, esto, a su vez, puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones y la planificación futura con el fin de prevenir y gestionar de manera efectiva los incidentes de derrame.

**Tabla 16: Extracción de datos de la matriz interna de derrames del Bloque 56 del suelo como componente afectado**

Componente Físico Afectado					
Suelo					
Parámetros	2020	2021	2022	2023	Totales
Volumen Derramado [Bbls]	8,723	3,388	1,8896	1,18	<u>15,1806</u>
Volumen Recuperado [Bbls]	5,771	3,1229	0,5762	1	<u>10,4701</u>
Área Afectada Total [M <sup>2</sup> ]	1922,77	964,15	1085,3	215	<u>4187,22</u>
Costo Total [Usd \$]	\$165.777,19	\$55.371,50	\$53.362,48	\$13.144,20	<u>\$287.655,37</u>

Elaborado por Ayllin Fabre

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 17: Extracción de datos de la matriz interna de derrames del Bloque 56 del agua y el suelo como componente afectado**

Componente Físico Afectado					
Agua +Suelo					
Parámetros	2020	2021	2022	2023	Totales
Volumen Derramado [Bbls]	4,5	7	80,738	–	<u>92,238</u>
Volumen Recuperado [Bbls]	4	4,85	0,61	–	<u>9,46</u>
Área Afectada Total [M <sup>2</sup> ]	3129,04	15517,91	10306,44	–	<u>28953,39</u>
Costo Total [Usd \$]	\$457.173,03	\$1.260.285,12	\$676.648,61	\$17.969,48	<u>\$2.412.076,24</u>

Elaborado por Ayllin Fabre

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 18: Extracción de datos de la matriz interna de derrames del Bloque 56 del lastre de la vía como componente afectado**

Componente Físico Afectado
----------------------------

Lastre De La Vía					
Parámetros	2020	2021	2022	2023	Totales
Volumen Derramado [Bbls]	–	0,212	–	–	<u>0,212</u>
Volumen Recuperado [Bbls]	–	0,15	–	–	<u>0,15</u>
Área Afectada Total [M <sup>2</sup> ]	–	191,07	–	–	<u>191,07</u>
Costo Total [Usd \$]	–	\$108,66	–	–	<u>\$108,66</u>

Elaborado por Ayllin Fabre

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 19: Extracción de datos de la matriz interna de derrames del Bloque 56 de otros como componente afectado**

Componente Físico Afectado					
Otro					
Parámetros	2020	2021	2022	2023	Totales
Volumen Derramado [Bbls]	–	1,559	1,91	–	<u>3,469</u>
Volumen Recuperado [Bbls]	–	0,38	1,86	–	<u>2,24</u>
Área Afectada Total [M <sup>2</sup> ]	–	108,66	1639	–	<u>1747,66</u>
Costo Total [Usd \$]	–	\$13.971,11	\$11.505,65	–	<u>\$25.476,76</u>

Elaborado por Ayllin Fabre

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 20: Extracción de datos de la matriz interna de derrames del Bloque 56 del agua como componente afectado**

Componente Físico Afectado					
Agua					
Parámetros	2020	2021	2022	2023	Totales
Volumen Derramado [Bbls]	–	1,559	0,2	–	<u>1,759</u>
Volumen Recuperado [Bbls]	–	0,38	0,18	–	<u>0,56</u>
Área Afectada Total [M <sup>2</sup> ]	–	108,66	1312,84	–	<u>1421,5</u>
Costo Total [Usd \$]	–	\$13.971,11	\$38.780,80	–	<u>\$52.751,91</u>

Elaborado por Ayllin Fabre

Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

**Tabla 21: Extracción de datos de la matriz interna de derrames del Bloque 56 del lastre de la plataforma como componente afectado**

<b>Componente Físico Afectado</b>					
<b>Lastre De La Plataforma</b>					
<b>Parámetros</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>Totales</b>
<b>Volumen Derramado [Bbls]</b>	–	–	–	4,25	<u>4,25</u>
<b>Volumen Recuperado [Bbls]</b>	–	–	–	3,74	<u>3,74</u>
<b>Área Afectada Total [M<sup>2</sup>]</b>	–	–	–	14	<u>14</u>
<b>Costo Total [Usd \$]</b>	–	–	–	\$25.522,71	<u>\$25.522,71</u>

Elaborado por Ayllin Fabre

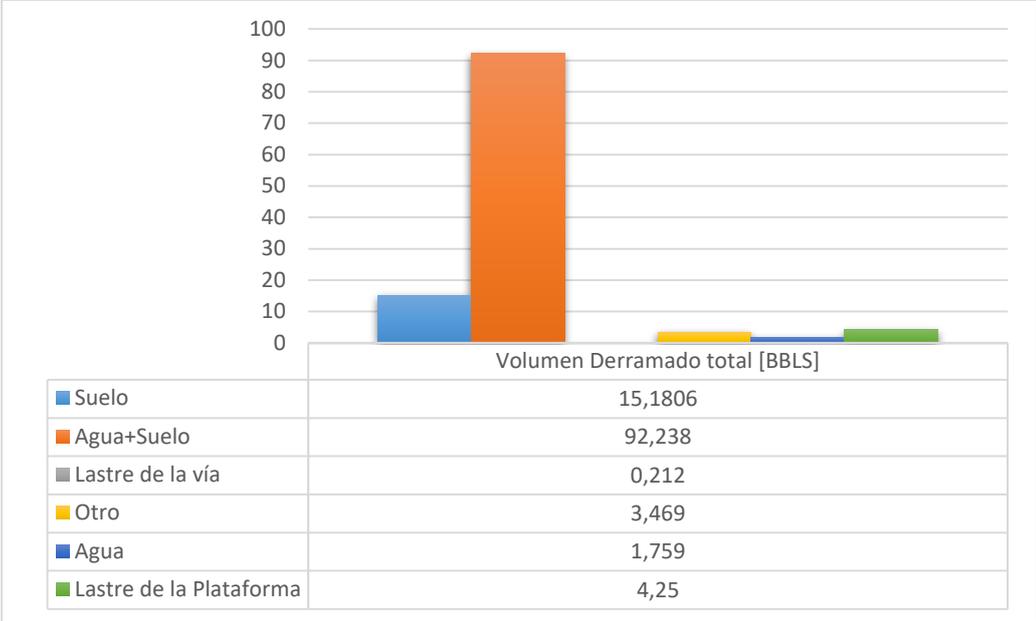
Fuente: Departamento de Producción Petroamazonas EP.

### **3.2 Análisis Cuantitativo y Económico de Derrames de Hidrocarburos en el Bloque 56 de Lago Agrio: Evaluación del Volumen Derramado, Volumen Recuperado, Área Afectada y Costo Total**

La ilustración 24 presenta un resumen integral de los volúmenes totales de derrames durante el período de cuatro años (2020-2023) en los seis componentes afectados, los registros indican que cuando se produce un derrame de hidrocarburos en los suelos, la cantidad derramada asciende a 15,1806 barriles (BBLS), en situaciones en las cuales tanto el agua como el suelo resultan afectados por el derrame, la cantidad derramada se incrementa significativamente a 92,238 BBLS, en situaciones en las que el derrame ocurre en el lastre de la vía, la cifra de derrame se reduce a 0,212 BBLS, si el derrame se limita al agua, se observa un volumen derramado de 1,759 BBLS, en eventos donde el derrame se localiza en el lastre de la plataforma, la cantidad derramada es de 4,25 BBLS, por último, se destaca otro escenario en el cual las estructuras físicas de hormigón y hierro se ven afectadas por la contaminación del crudo, registrando un total de 3,469 BBLS.

La presentación visual de estos volúmenes derramados en diferentes componentes subraya la variabilidad y la importancia de considerar la ubicación y el tipo de componente al abordar los derrames de petróleo, esta representación ofrece una perspectiva concreta de cómo los derrames pueden tener efectos distintos según la naturaleza del componente, lo que enfatiza la necesidad de estrategias específicas de mitigación y restauración adaptadas a cada situación, estos datos ilustran la magnitud y

la complejidad de los derrames en el Bloque 56 de Lago Agrio, resaltando la importancia de acciones efectivas para reducir los impactos ambientales y comunitarios derivados de estos incidentes.



**Ilustración 24: Volumen Derramado total del Bloque 56 Lago Agrio**

En la ilustración 25, se presenta una representación visual detallada de los volúmenes recuperados de crudo tras diferentes incidentes de derrame, lo que nos permite evaluar la efectividad de los distintos métodos de recuperación, incluyendo el uso de skimmers.

Por ejemplo, en una situación donde se produce un derrame de petróleo en el suelo, es importante señalar que, de los 15,1806 barriles iniciales derramados, se logró recuperar un total de 10,4701 barriles, esto representa una tasa de recuperación del 68.81%, lo que refleja un nivel significativo de éxito en la mitigación de los impactos.

Asimismo, cuando el derrame involucra tanto el agua como el suelo, con un derrame inicial de 92,238 barriles, se ha logrado recuperar 9,46 barriles, esta recuperación, aunque menor en proporción al volumen total derramado, sigue siendo una contribución esencial a la minimización de los daños ambientales y comunitarios.

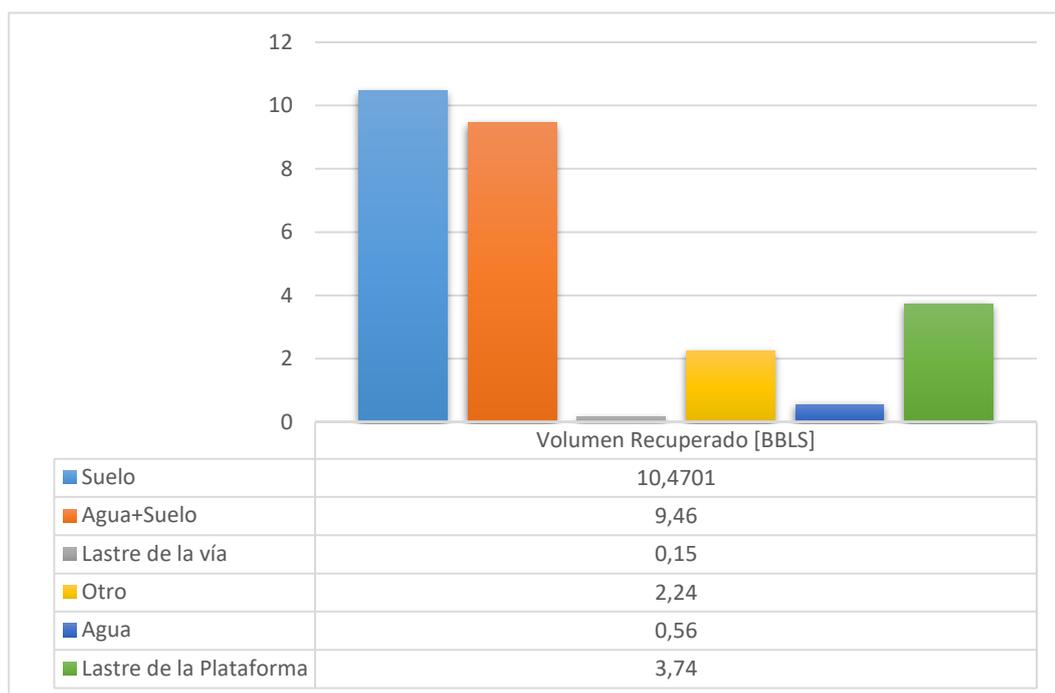
En contextos más específicos, como en el caso del lastre de la vía, donde el volumen derramado fue de 0,212 barriles, la recuperación alcanza 0,15 barriles, esta proporción puede parecer relativamente menor, pero es un indicativo de los esfuerzos

precisos y efectivos para abordar derrames en lugares de acceso limitado; En el contexto del lastre de la plataforma, donde se derramaron 4,25 barriles, se logró una recuperación de 3,74 barriles, esto demuestra la eficacia de las medidas de recuperación en estructuras marítimas, pero también señala áreas donde se pueden buscar oportunidades de mejora.

Es importante señalar que la recuperación en el agua, donde se derramaron 1,759 barriles, alcanzó 0,56 barriles, lo que sugiere ciertas dificultades en la recuperación de crudo en este medio, sin embargo, cada barril recuperado contribuye a la protección del ecosistema acuático y subraya la necesidad de mejoras continuas en las estrategias de recuperación.

Finalmente, se observa que las estructuras físicas de hormigón, hierro y otros, afectadas por la contaminación del crudo, presentaron un volumen total de derrame de 4,25 barriles, con una recuperación de 2,24 barriles, esta recuperación destaca la importancia de considerar diferentes contextos y materiales en la planificación de la respuesta a derrames.

En resumen, la Figura 25 no solo proporciona una visión detallada de los volúmenes recuperados, sino que también sugiere la participación activa de skimmers u otras tecnologías similares en los esfuerzos de recuperación; Cada barril recuperado representa un avance hacia la mitigación de los impactos ambientales y comunitarios, al tiempo que evidencia la importancia de la continua mejora de las estrategias de recuperación en el contexto del Bloque 56 de Lago Agrio.



**Ilustración 25: Volumen Recuperado total del Bloque 56 Lago Agrio**

La Ilustración 26 presenta un análisis detallado del área total impactada por el derrame de crudo en diversas circunstancias, esto nos brinda una comprensión más completa de la extensión de los efectos de los derrames y cómo los skimmers pueden haber influido en su mitigación.

En específico, podemos examinar las áreas afectadas en diferentes contextos:

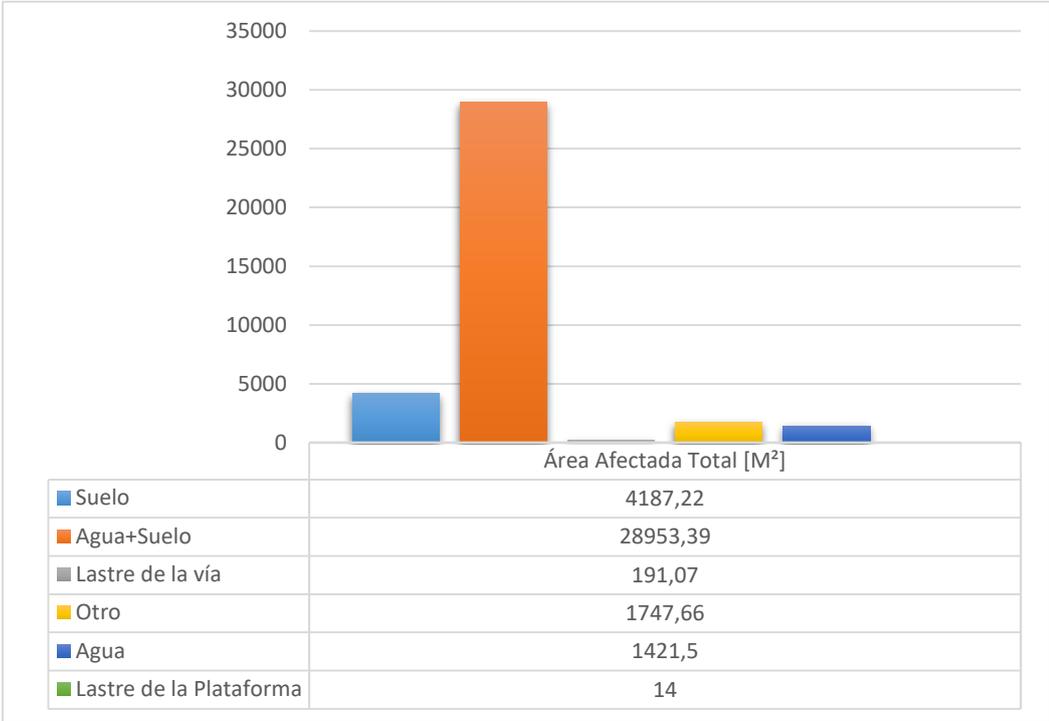
En el caso de derrames en el suelo, el área impactada abarca 4187,22 m<sup>2</sup>, aquí, se pudo haber trabajado en la contención y limpieza para evitar una mayor propagación del crudo y minimizar los efectos ambientales y culturales en esta superficie terrestre, al relacionarlo con respecto a los skimmers podrían haber sido utilizados para recolectar el crudo superficial y minimizar la dispersión en esta superficie terrestre.

Al considerar el derrame que afectó tanto el agua como el suelo, observamos un área significativamente mayor de 28953,39 m<sup>2</sup>, en esta situación, los skimmers podrían haber tenido un papel importante en la recuperación de crudo flotante en el agua y en la recolección del crudo en el suelo afectado.

En cuanto al lastre de la vía, el derrame tuvo un impacto en un área de 191,07 m<sup>2</sup>, la respuesta eficiente podría haber sido crucial para minimizar la contaminación y restaurar esta área afectada, con respecto al lastre la plataforma, el área impactada

también abarca 14 m<sup>2</sup>, y en las estructuras físicas de hormigón y hierro, el área afectada es de 1747,66 m<sup>2</sup>, en ambas situaciones, la acción oportuna para contener y limpiar el crudo es fundamental para mitigar los efectos negativos en estas superficies específicas.

De manera similar, en el caso del agua, donde el área afectada es de 1421,5 m<sup>2</sup>, los skimmers podrían haber contribuido a la recuperación del crudo en la superficie del agua, minimizando así los efectos adversos en este entorno es importante abordar la recuperación del crudo en la superficie del agua de manera rápida y efectiva, considerando su impacto en el ecosistema acuático.



**Ilustración 26: Área Afectada total del Bloque 56 Lago Agrio**

Para concluir, se lleva a cabo un análisis de la ilustración 27, que presenta los costos globales asociados a las operaciones de recuperación de hidrocarburos, esta información financiera es de vital importancia para comprender la inversión necesaria en la mitigación de los derrames de crudo y sus efectos.

Concretamente, al examinar los diversos contextos de derrame, se resaltan los siguientes aspectos:

En el caso de derrames en el suelo, el costo total de recuperación ascendió a \$287.655,37, este monto refleja los gastos involucrados en la limpieza, remediación y restauración de la zona afectada, subrayando la necesidad de recursos financieros para abordar adecuadamente estos incidentes.

Cuando se trata de derrames que afectan tanto al suelo como al agua, el costo total de recuperación aumenta significativamente a \$2.412.076,24, esta cifra destaca la complejidad adicional que implica la recuperación en entornos acuáticos, donde se deben considerar medidas específicas para la contención y recuperación del crudo.

En el contexto del lastre de la vía, el costo total de recuperación es de \$108,66, aunque este monto puede parecer relativamente menor en comparación con otros casos, sigue siendo crucial para cubrir los gastos de intervención y restauración en esta área; Similarmente, en el lastre de la plataforma, el costo total de recuperación asciende a \$25.522,71, aquí, el análisis financiero resalta la importancia de una respuesta rápida y efectiva para limitar los costos y los impactos asociados.

En lo que respecta al agua, el costo total de recuperación es de \$52.751,91, esta cifra pone de relieve los desafíos económicos y técnicos relacionados con la recuperación del crudo en sistemas acuáticos, que a menudo requieren tecnologías y enfoques especializados.

Finalmente, en el caso de las estructuras físicas de hormigón y hierro, el costo total de recuperación alcanza los \$25.476,76, esto subraya la necesidad de contemplar los aspectos financieros en la restauración de estructuras y equipos afectados por derrames.

En resumen, la ilustración 27 proporciona una visión financiera integral de los costos de recuperación en diversos escenarios de derrame, estos datos son esenciales para una toma de decisiones informada y eficaz en la gestión de derrames de crudo en el Bloque 56 de Lago Agrio.



**Ilustración 27: Costo total por recuperación de crudo derramado del Bloque 56 Lago Agrio**

### **3.3 Estructura institucional para la promoción del desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente en el sector de hidrocarburos de Ecuador.**

En Ecuador, las actividades relacionadas con hidrocarburos están sujetas a la regulación y supervisión de múltiples organismos gubernamentales. Estos organismos desempeñan roles específicos en la supervisión de la exploración, producción, transporte y comercialización de hidrocarburos en el país. Los tres organismos principales encargados de estas funciones son la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), y el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR).

#### **3.3.1. La entidad encargada de supervisar y regular la energía y los recursos naturales no renovables es la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR).**

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, creada el 1 de julio de 2020, tiene la responsabilidad de gestionar el Sistema Único de Información Estadística del Sector Eléctrico mediante el sistema

conocido como 'Sistematización de Datos del Sector Eléctrico - SISDAT', esta entidad recopila datos estadísticos del sector eléctrico ecuatoriano con el propósito de proporcionar información tanto a las entidades y empresas del sector como al público en general. Esta información permite cuantificar el progreso del sector eléctrico, así como evidenciar sus estándares de calidad y accesibilidad.

La misión de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) consiste en actuar como una entidad técnica y administrativa encargada de regular, supervisar, fiscalizar y auditar las actividades relacionadas con los recursos energéticos y naturales no renovables. Además, tiene la responsabilidad de proteger los intereses de los consumidores y usuarios finales, promoviendo la utilización responsable y socialmente consciente de estos recursos, en consonancia con la integridad institucional y la transparencia. (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020)

### **3.3.2. Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)**

Asume el rol rector en el ámbito ambiental del Ecuador. Su misión es salvaguardar el medio ambiente, garantizar el acceso a agua potable y promover la transición ecológica del país, para lograrlo, el ministerio implementa diversos programas y proyectos, El Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) se destaca por su labor en la gestión de recursos naturales como el agua, los bosques y los suelos, la protección de la biodiversidad, la lucha contra el cambio climático, la promoción de energías renovables y la promoción de la educación ambiental (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020).

### **3.3.3. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR)**

Esta entidad ministerial tiene un rol fundamental en la regulación del sector energético y los recursos no renovables, incluyendo el petróleo y el gas, su objetivo es asegurar un desarrollo sostenible de la industria, promoviendo la eficiencia y la competitividad del sector, al tiempo que protege los intereses del país y garantiza la maximización de los beneficios para la población ecuatoriana; Para lograr esto, el MERNNR formula políticas, planes y normativas que establecen las directrices para la supervisión de la exploración, producción, transporte, almacenamiento y comercialización de los hidrocarburos, esta entidad también es responsable de

conceder concesiones. y contratos a las empresas petroleras que deseen operar en el país, y supervisa el cumplimiento de sus obligaciones y responsabilidades. (Control de Recursos y Energía, 2019)

Estos tres organismos trabajan en conjunto y de manera coordinada Con el fin de garantizar el desarrollo sostenible de la industria hidrocarburífera, preservar el medio ambiente y asegurar la seguridad energética del Ecuador., al hacerlo, buscan conciliar los intereses económicos y energéticos del país con la preservación del entorno natural y para la conservación de los recursos naturales en beneficio de las generaciones futuras. La regulación y fiscalización por parte de la ARCH y la protección ambiental del MAATE, en conjunto con la planificación energética del MERNNR, conforman un enfoque integral que busca un equilibrio En el contexto de las actividades hidrocarburíferas en Ecuador, se busca encontrar un equilibrio entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental..

### **3.4 Selección de criterios legales aplicables a derrames petroleros en el Bloque 56 de Lago Agrio: División en leyes relacionadas con la comunidad y leyes relacionadas con la empresa petrolera**

Tras realizar una exhaustiva investigación sobre los criterios legales existentes, no se encontraron disposiciones que fueran directamente aplicables al presente estudio, debido a esta falta de criterios específicos, se tomó la decisión de realizar una selección basada en juicios propios y razonamientos adecuados; En aras de una estructura más organizada y enfocada, se optó por clasificar las leyes pertinentes en dos categorías distintas: leyes relacionadas con la comunidad y leyes relacionadas con la empresa petrolera.

La elección de esta división se fundamenta se destaca la importancia de abordar de manera integral los aspectos legales que atañen tanto a las comunidades afectadas como a las empresas involucradas en las actividades petroleras en el área del Bloque 56 en Lago Agrio, al separar las leyes en estas dos categorías, se busca tener en cuenta los intereses y derechos de ambas partes involucradas en el contexto de los derrames de petróleo.

En lo que respecta a las leyes relacionadas con la comunidad, se enfoca en asegurar que las comunidades locales participen de manera activa y significativa en el proceso de toma de decisiones relacionadas con las operaciones petroleras. cercanas a sus territorios, estas leyes también buscan asegurar que las comunidades afectadas tengan acceso a información relevante sobre las actividades petroleras y que sus preocupaciones y para que las necesidades sean tenidas en cuenta tanto por las autoridades como por las empresas implicadas; La implementación de estas leyes permitiría promover una mayor transparencia y una relación más equitativa entre las partes interesadas, esto fortalece la responsabilidad social corporativa de las empresas y promueve la protección del medio ambiente y los derechos humanos en la región.

Por otro lado, las leyes relacionadas con la empresa petrolera están diseñadas para establecer normativas claras y rigurosas que guíen las actividades y operaciones de las compañías petroleras en el Bloque 56, estas leyes abarcan aspectos como la prevención de derrames, el manejo seguro de los recursos naturales y la adopción de tecnologías y prácticas ambientalmente responsables, así como la elaboración de planes de contingencia y respuesta a derrames; La aplicación efectiva de estas leyes brindaría un marco regulador sólido y garantizaría que las empresas asuman su responsabilidad en la prevención de derrames y en la pronta respuesta ante cualquier evento adverso. Asimismo, promovería la sostenibilidad de las operaciones petroleras y su integración con el bienestar de las comunidades y la preservación del medio ambiente.

### **3.4.1. Leyes Relacionadas con la Comunidad**

#### **3.4.1.1. Ley de Participación Ciudadana**

La Ley de Participación Ciudadana es de vital importancia en el contexto de los derrames petroleros en el Bloque 56 de Lago Agrio, ya que su objetivo principal es propiciar, fomentar y garantizar el ejercicio de los derechos de participación de la ciudadanía, comunidades, pueblos indígenas, afroecuatorianos y montubios, y demás formas de organización lícitas; Esta ley establece el derecho de las comunidades locales a participar de manera protagónica en la toma de decisiones que afecten sus territorios y sus vidas, incluyendo aquellas relacionadas con las operaciones petroleras cercanas a sus áreas de residencia. (Ley Orgánica de participación ciudadana, 2015)

La participación ciudadana se vuelve aún más relevante, ya que estos eventos pueden tener impactos significativos en la salud, el medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades cercanas, al tener voz en la toma de decisiones, las comunidades

pueden expresar sus preocupaciones y necesidades relacionadas con la prevención de derrames, la respuesta ante emergencias y las medidas de mitigación y reparación en caso de derrames.

Además, la Ley de Participación Ciudadana busca instituir instancias, mecanismos, instrumentos y procedimientos de deliberación pública entre el Estado y la sociedad para el seguimiento de las políticas públicas y la prestación de servicios públicos, en el caso de los derrames petroleros, esto implica la creación de espacios de diálogo y consulta donde las comunidades puedan participar activamente en la elaboración de planes de contingencia, protocolos de respuesta a derrames y estrategias de prevención.

Asimismo, esta ley busca fortalecer el poder ciudadano y sus formas de expresión, lo que permitiría que las comunidades afectadas por derrames petroleros tengan una mayor capacidad de incidir en las decisiones que afectan sus vidas y territorios, esto contribuiría a un equilibrio de poder más justo entre las empresas petroleras y las comunidades locales, asegurando que los intereses y derechos de estas últimas sean tomados en cuenta en el desarrollo de las operaciones petroleras.

#### **3.4.1.2. Ley de Responsabilidad Ambiental**

El objetivo primordial es esclarecer la regulación de ciertas actividades, reforzar los aspectos preventivos y ampliar la protección del medio ambiente marino, a través de esta legislación, se busca establecer un marco legal sólido que asegure que las empresas petroleras sean responsables de los daños ambientales causados por derrames de petróleo y que asuman la obligación de remediar y compensar los impactos negativos resultantes.

Uno de los principales beneficios que la Ley de Responsabilidad Ambiental aporta es la potenciación de los aspectos preventivos asociados con los derrames petroleros, al establecer regulaciones claras y exigir a las empresas petroleras que adopten medidas proactivas para prevenir derrames y mitigar los riesgos, se busca reducir significativamente la probabilidad de que ocurran incidentes dañinos, esto implica la implementación de tecnologías y prácticas más seguras en las operaciones petroleras, así como la formulación de planes de contingencia y respuesta ante derrames que estén debidamente planificados y ejecutados.

Además, esta ley busca extender la protección del medio ambiente marino, aspecto de gran relevancia en el Bloque 56 en Lago Agrio, donde las actividades petroleras se desarrollan en estrecha proximidad a ríos y cuerpos de agua, en virtud de esta legislación, se garantiza que las empresas petroleras sean responsables de los daños ocasionados en estos ecosistemas acuáticos en caso de derrames, y se les impone la obligación de implementar acciones adecuadas de reparación y compensación que contribuyan a restablecer el equilibrio ecológico.

La Ley de Responsabilidad Ambiental busca simplificar y agilizar el proceso de constitución de garantías financieras obligatorias, estas garantías son una herramienta esencial para asegurar que las empresas petroleras cuenten con los recursos suficientes para afrontar los costos de limpieza y reparación en caso de derrames, al facilitar este procedimiento, se busca fomentar la implementación efectiva de medidas preventivas y garantizar que las comunidades afectadas obtengan una respuesta rápida y efectiva en caso de que ocurra un derrame.

Para finalizar, esta legislación persigue mejorar las normas aplicables a los procedimientos de exigencia de responsabilidad medioambiental. Esto implica que las autoridades competentes cuenten con instrumentos más efectivos para aplicar sanciones y medidas correctivas proporcionales en caso de derrames. Esta mejora en las disposiciones normativas fortalece el marco legal y disuade a las empresas petroleras de actuar de manera negligente o irresponsable en sus operaciones.

#### **3.4.1.3. Ley de Responsabilidad Social Corporativa**

Esta Ley busca promover la ética y la sostenibilidad en las operaciones de las empresas petroleras, esta legislación establece un marco normativo que obliga a las compañías a actuar de manera responsable y comprometida con el bienestar de las comunidades locales y el medio ambiente.

Uno de los principales argumentos para promover la Ley de Responsabilidad Social Corporativa en relación con los derrames petroleros es su enfoque en la prevención de impactos negativos, al establecer regulaciones que incentiven prácticas sostenibles y éticas en las operaciones petroleras, se busca evitar en primera instancia que ocurran derrames o incidentes que puedan afectar el entorno natural y las comunidades cercanas; La responsabilidad social corporativa implica que las empresas

petroleras deben adoptar tecnologías y procesos que minimicen los riesgos de derrames, así como implementar planes de contingencia y respuesta ante posibles emergencias, esto no solo protege el medio ambiente, sino que también contribuye a salvaguardar la salud y el bienestar de las personas que habitan en las zonas cercanas a las operaciones petroleras.

Otro aspecto fundamental de esta ley es su enfoque en el desarrollo social y ambiental de las comunidades locales, esta legislación busca que las empresas petroleras inviertan parte de sus recursos en proyectos que beneficien a las comunidades cercanas, promoviendo así un desarrollo sostenible y equitativo, en el contexto de los derrames petroleros, esto adquiere una relevancia especial, ya que estas comunidades pueden sufrir daños significativos en sus recursos naturales y su calidad de vida debido a los derrames; La inversión en proyectos de desarrollo social y ambiental puede contribuir a reparar los daños causados por los derrames, así como a fortalecer la resiliencia de las comunidades ante posibles incidentes futuros.

La Ley de Responsabilidad Social Corporativa también busca fomentar la transparencia y el diálogo entre las empresas petroleras y las comunidades locales, la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con las operaciones petroleras es un aspecto clave de esta legislación, al promover la consulta y la inclusión de las voces de las comunidades en la planificación y ejecución de proyectos petroleros, se busca asegurar que sus preocupaciones, necesidades y derechos sean considerados de manera adecuada. Esto puede resultar fundamental en la prevención de derrames, ya que las comunidades locales suelen ser las primeras en detectar problemas o riesgos potenciales relacionados con las operaciones petroleras.

#### **3.4.1.4. Ley de Monitoreo Ambiental**

Esta legislación tendría como objetivo principal establecer un sistema de monitoreo ambiental regular y exhaustivo en la zona, con el propósito de evaluar de manera objetiva y científica los impactos de las actividades petroleras y detectar oportunamente posibles derrames.

Uno de los argumentos más sólidos a favor de esta ley se relaciona con la importancia de la prevención y la detección temprana de derrames petroleros, el monitoreo ambiental constante permitiría identificar cambios en la calidad del agua, el aire, el suelo y la biodiversidad, lo que podría indicar la presencia de posibles derrames

o la acumulación de sustancias tóxicas relacionadas con las actividades petroleras; Al detectar rápidamente estas situaciones, las autoridades y las empresas podrían tomar medidas inmediatas para contener los derrames y mitigar sus impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades afectadas, de esta manera, la Ley de Monitoreo Ambiental contribuiría a minimizar los daños causados por los derrames y garantizar una respuesta oportuna ante emergencias ambientales.

Además, el establecimiento de un sistema de monitoreo ambiental sólido también fortalecería la transparencia y la rendición de cuentas por parte de las empresas petroleras, al someterse a un monitoreo constante, estas compañías estarían bajo una mayor supervisión y se verían obligadas a cumplir con los estándares ambientales y las regulaciones establecidas, esto promovería la responsabilidad corporativa y fomentaría una cultura de cuidado ambiental en el sector petrolero.

Otro aspecto relevante es el papel que desempeñaría la Ley de Monitoreo Ambiental en la generación de datos científicos sólidos, los resultados del monitoreo proporcionarían información precisa sobre la calidad del ambiente y los impactos de las actividades petroleras en la zona, lo que respaldaría la toma de decisiones basadas en evidencia, estos datos serían de gran utilidad para diseñar políticas ambientales efectivas y para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas por las empresas; Asimismo, los datos generados por el monitoreo serían valiosos para la investigación científica y podrían contribuir al desarrollo de tecnologías y prácticas más sostenibles en el sector petrolero.

### **3.4.2. Leyes Relacionadas con la Empresa Petrolera**

#### **3.4.2.1. Ley de Gestión Ambiental**

Esta legislación tendría como objetivo principal establecer normas generales de protección ambiental que regulen las actividades petroleras en la zona y promuevan el manejo sustentable de los recursos naturales, la inclusión de la prevención, control y manejo de derrames de petróleo dentro de esta ley sería fundamental para garantizar una respuesta integral y efectiva frente a posibles emergencias ambientales.

Uno de los principales argumentos a favor de la Ley de Gestión Ambiental es su enfoque técnico y normativo, al constituirse como un conjunto de métodos y procedimientos de carácter técnico, esta ley garantizaría el cumplimiento de las normas

de protección ambiental en obras y proyectos de desarrollo, incluyendo las operaciones petroleras en el Bloque 56, al establecer estándares claros y precisos, se brindaría a las empresas petroleras una guía detallada sobre las mejores prácticas ambientales y los protocolos de seguridad para prevenir y controlar derrames de petróleo, además, la ley exigiría la implementación de medidas de monitoreo y evaluación de riesgos, lo que permitiría una gestión proactiva para evitar situaciones de riesgo ambiental.

Otro aspecto relevante es el papel de la Ley de Gestión Ambiental en la promoción de la responsabilidad ambiental por parte de las empresas petroleras, al establecer normas y regulaciones claras, esta ley generaría un marco regulatorio sólido que obligaría a las compañías a asumir la responsabilidad de sus acciones y a cumplir con estándares ambientales estrictos, la ley también contemplaría la realización de auditorías gubernamentales que verificarían el cumplimiento de las normas ambientales por parte de las empresas, esto fomentaría la transparencia y la rendición de cuentas, asegurando que las operaciones petroleras se lleven a cabo de manera responsable y sostenible.

La Ley de Gestión Ambiental también sería una herramienta valiosa para la promoción de la cultura de cuidado ambiental en la región, al establecer normas y procedimientos claros, se crearía una conciencia colectiva sobre la importancia de la protección del medio ambiente y la adopción de prácticas responsables en el sector petrolero; La ley también facilitaría la participación ciudadana y la consulta pública en temas ambientales, permitiendo que las comunidades locales tengan voz en las decisiones que afecten su entorno.

#### **3.4.2.2. Ley de Prevención de Derrames**

Esta normativa estaría diseñada específicamente para enfocarse en prevenir la ocurrencia de derrames en las instalaciones petroleras, lo que contribuiría significativamente a reducir los riesgos ambientales y proteger los recursos naturales y las comunidades locales.

Uno de los argumentos más sólidos a favor de esta ley es su enfoque preventivo, al establecer requisitos para la implementación de tecnologías seguras, la normativa aseguraría que las empresas petroleras adopten medidas y sistemas avanzados que minimicen las posibilidades de derrames, esto incluiría el uso de tecnología de vanguardia en la detección temprana de fugas, sistemas de contención efectivos y

protocolos de seguridad mejorados; Al contar con estas medidas de prevención, las probabilidades de que ocurran derrames se reducirían significativamente, evitando así posibles daños al medio ambiente y a las comunidades locales.

Asimismo, la Ley de Prevención de Derrames abordaría la importancia del mantenimiento adecuado de equipos y la capacitación del personal, la ley establecería la obligación de realizar revisiones y mantenimientos regulares de las instalaciones petroleras para garantizar que los equipos estén en óptimas condiciones y funcionando de manera adecuada, además, exigiría que el personal involucrado en las operaciones petroleras reciba un entrenamiento adecuado sobre medidas de seguridad y procedimientos para prevenir y responder a derrames; Esto aseguraría que el personal esté preparado para actuar de manera rápida y eficiente en caso de una emergencia, reduciendo los riesgos de derrames y sus posibles consecuencias negativas.

Otro argumento importante a favor de esta ley es su contribución a la responsabilidad ambiental de las empresas petroleras, al establecer requisitos específicos para la prevención de derrames, la normativa fomentaría la responsabilidad y el compromiso de las compañías con el cuidado del medio ambiente y la protección de los recursos naturales; Esto incluiría el establecimiento de sanciones y penalidades para las empresas que no cumplan con los estándares de prevención establecidos, incentivando a las compañías a tomar medidas efectivas para evitar derrames y asumir las consecuencias de sus acciones.

#### **3.4.2.3. Ley de Contingencia y Respuesta a Derrames**

La implementación de una Ley de Contingencia y Respuesta a Derrames sería esencial para garantizar una respuesta rápida, eficiente y coordinada ante cualquier eventualidad de derrames petroleros en el Bloque 56 de Lago Agrio; Esta normativa estaría diseñada para exigir a las compañías petroleras la elaboración y aplicación de planes de contingencia sólidos y bien definidos, asegurando que estén preparadas para actuar de manera inmediata en caso de derrames y minimizar los impactos ambientales y sociales.

Uno de los argumentos fundamentales a favor de esta ley es su enfoque en la planificación anticipada y la preparación para enfrentar situaciones de emergencia, exigir a las compañías petroleras que desarrollen planes de contingencia detallados implicaría

la identificación anticipada de riesgos potenciales y la adopción de medidas preventivas adecuadas, estos planes incluirían protocolos específicos para la contención de derrames, la implementación de barreras de contención y la movilización rápida de recursos y equipos especializados; Al contar con un plan de contingencia bien estructurado, las empresas petroleras podrían reaccionar de manera oportuna y eficiente ante cualquier derrame, minimizando los impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades locales.

Otro argumento relevante es la importancia de la coordinación con las autoridades locales y nacionales, una Ley de Contingencia y Respuesta a Derrames requeriría que las compañías petroleras trabajen estrechamente con las autoridades competentes, incluyendo organismos ambientales y de protección civil, para una respuesta efectiva y coordinada, esto aseguraría una acción rápida y eficiente en situaciones de emergencia, evitando demoras y confusiones en la toma de decisiones, además, facilitaría la colaboración entre el sector público y privado, fortaleciendo así la capacidad de respuesta ante derrames y promoviendo la responsabilidad compartida en la protección del medio ambiente y las comunidades afectadas.

Un tercer argumento importante es el efecto disuasorio que esta ley podría tener sobre las compañías petroleras, al exigir planes de contingencia y establecer sanciones en caso de incumplimiento, la normativa fomentaría una mayor responsabilidad y compromiso por parte de las empresas en la prevención de derrames; La perspectiva de enfrentar consecuencias legales y económicas significativas en caso de negligencia o falta de preparación disuadiría a las compañías de tomar riesgos innecesarios en sus operaciones y motivaría la implementación adecuada de medidas de prevención y respuesta.

### **3.5 La elección de los Skimmers más adecuados para el Bloque 56 en Lago Agrio, tomando en cuenta las características específicas del crudo en la zona.**

#### **3.5.1. Skimmers de Barrido de Succión**

Los Skimmers de Barrido de Succión son dispositivos altamente reconocidos y utilizados en la industria petrolera debido a su capacidad para recuperar de manera eficiente derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua. Su eficiencia de recuperación,

que puede alcanzar entre el 90% y el 95%, los convierte en una opción valiosa para minimizar los impactos ambientales y sociales causados por los derrames, especialmente en el Bloque 56 en Lago Agrio, donde las actividades petroleras aumentan el riesgo de derrames significativos.

Estos Skimmers funcionan mediante una bomba mecánica que crea un vacío para aspirar la capa superior de la mezcla de hidrocarburos y agua en un derrame, la capacidad de recolectar hasta el 95% de los hidrocarburos derramados en condiciones óptimas es esencial para una respuesta rápida y efectiva ante emergencias ambientales, ya que permite recuperar grandes volúmenes de crudo en poco tiempo.

La versatilidad de los Skimmers de Barrido de Succión es otro aspecto relevante para el Bloque 56 en Lago Agrio, la topografía y las condiciones ambientales en la región pueden generar aguas turbulentas y la presencia de sedimentos, lo que dificulta la recuperación del petróleo derramado, sin embargo, estos Skimmers están diseñados para operar en condiciones adversas, lo que les permite mantener su alta eficiencia de recuperación incluso en situaciones desafiantes.

### **3.5.2. Skimmers de Tambor**

Los Skimmers de Tambor también son considerados como una opción altamente eficiente para la recuperación de hidrocarburos en el Bloque 56 en Lago Agrio, al igual que los Skimmers de Disco, estos dispositivos superan el 90% de eficiencia de recuperación en condiciones favorables. Su principal ventaja radica en su capacidad para manejar diferentes viscosidades de crudo, lo que es de vital importancia considerando que el API del petróleo en Lago Agrio varía entre 24 y 32.4 grados API, y la viscosidad puede oscilar entre 1.07 y 3.01 centipoises (cp).

La industria petrolera se caracteriza por la diversidad de crudos con diferentes viscosidades, dependiendo del yacimiento y proceso de producción, en este contexto, los Skimmers de Tambor se destacan como una opción versátil que puede adaptarse eficazmente a distintos tipos de derrames, lo que asegura una respuesta adecuada ante cualquier emergencia.

Además, los Skimmers de Tambor son capaces de operar en aguas turbulentas y con sedimentos, lo que es especialmente relevante para el Bloque 56 en Lago Agrio, las

condiciones ambientales en la región pueden presentar desafíos en la recuperación de los hidrocarburos derramados, sin embargo, estos dispositivos están diseñados para operar de manera efectiva en estas circunstancias, asegurando una recolección óptima del crudo derramado.

En resumen, tanto los Skimmers de Barrido de Succión como los Skimmers de Tambor son opciones altamente eficientes y efectivas para la recuperación de hidrocarburos en derrames en el Bloque 56 en Lago Agrio, su capacidad para manejar diferentes viscosidades de crudo y operar en condiciones ambientales adversas los convierte en las mejores opciones para garantizar una respuesta rápida y efectiva ante los derrames petroleros en la región; La elección entre estos dispositivos dependerá de una evaluación detallada de las características específicas de cada derrame y las condiciones ambientales en el área afectada.

### **3.6 Análisis del porque los Skimmers de Disco, Skimmers de Cepillos y Skimmers de Succión de Vacío podrían no funcionar de manera óptima en el Bloque 56 de Lago Agrio**

#### **3.6.1 Skimmers de Disco**

Los Skimmers de Disco son conocidos por su alta eficiencia en la recuperación de hidrocarburos, especialmente en derrames de crudos de baja a mediana viscosidad, utilizan discos giratorios que repelen el agua y recogen selectivamente los hidrocarburos, si bien pueden funcionar bien en ciertos derrames, su eficiencia se ve afectada por la viscosidad del crudo y las condiciones del agua presentes en el Bloque 56.

Viscosidad del crudo: El Bloque 56 en Lago Agrio presenta crudos con una viscosidad que varía entre 1.07 y 3.01 (cp), los Skimmers de Disco están diseñados para recoger hidrocarburos más ligeros y repeler el agua, lo que puede ser ideal para crudos de baja viscosidad, sin embargo, en derrames de crudos más viscosos, estos dispositivos pueden tener dificultades para recolectar eficientemente el petróleo más espeso, lo que disminuiría su eficiencia de recuperación.

Presencia de sedimentos y escombros: El área de estudio en el Bloque 56 puede tener pequeñas colinas y riachuelos que desembocan en el río Aguarico, lo que puede generar aguas turbulentas y con la presencia de sedimentos y escombros, los Skimmers

de Disco son más sensibles a la presencia de partículas sólidas en el agua, lo que puede afectar su rendimiento y disminuir su eficiencia de recuperación, la presencia de sedimentos en el agua puede interferir con los discos giratorios y limitar su capacidad para separar adecuadamente el petróleo del agua.

### **3.6.2 Skimmers de Cepillos**

Los Skimmers de Cepillos utilizan cepillos oleófilos e hidrófugos para recoger los hidrocarburos, son altamente selectivos y eficientes en la recuperación de hidrocarburos con un mínimo contenido de agua. Si bien estos dispositivos pueden ser efectivos en ciertos escenarios, pueden no ser la opción más adecuada para el Bloque 56 debido a las características del crudo y las condiciones ambientales.

Viscosidad y contenido de agua: Los crudos en el Bloque 56 pueden tener una viscosidad de hasta 3.01 cp y un Boi (relación de hidrocarburo a agua) de hasta 1.24 BY/BN, en derrames con crudos más viscosos o con mayor contenido de agua, los Skimmers de Cepillos podrían no ser tan eficientes en la recuperación. Estos dispositivos son más adecuados para situaciones en las que la capa de hidrocarburo es más pura y con menos contenido de agua, lo que podría no ser el caso en derrames en el Bloque 56.

### **3.6.3 Skimmers de Succión de Vacío**

Los Skimmers de Succión de Vacío utilizan una bomba mecánica para crear un vacío y aspirar la capa superior de la mezcla de hidrocarburo y agua en un derrame, si bien pueden ser efectivos en ciertas situaciones, hay consideraciones importantes para su uso en el Bloque 56:

Viscosidad del crudo y capa sobre el agua: La eficiencia de recuperación de los Skimmers de Succión de Vacío varía según la viscosidad del crudo y la capa formada sobre el agua. En condiciones óptimas, su eficiencia puede situarse en un rango de aproximadamente 50% a 70%. en el Bloque 56, donde la viscosidad del crudo puede variar entre 1.07 y 3.01 cp, estos dispositivos podrían no ser la opción más eficiente para recuperar crudos más viscosos, además, si la capa sobre el agua contiene una cantidad significativa de sedimentos y escombros, el rendimiento de los Skimmers de Succión de Vacío puede disminuir, lo que afectaría su eficiencia en el Bloque 56.

## Conclusiones

Los impactos ambientales y sociales derivados de la explotación petrolera en el Bloque 56 son significativos y multifacéticos, estos incluyen la contaminación del agua y suelos, la degradación de ecosistemas, la afectación a la salud de las comunidades locales y la interrupción de su modo de vida tradicional, estos impactos subrayan la necesidad urgente de abordar de manera efectiva los derrames petroleros y desarrollar prácticas más sostenibles en la industria.

Los derrames petroleros constituyen una amenaza directa para el ecosistema y la salud de las personas en la región de Lago Agrio, en este contexto, la implementación de soluciones eficientes y efectivas de recuperación de hidrocarburos es esencial para reducir al máximo los impactos negativos, los skimmers se presentan como una herramienta fundamental en este proceso, ya que permiten una recuperación rápida y selectiva de los hidrocarburos derramados.

El análisis de los problemas ambientales del Campo Lago Agrio Bloque 56 en el periodo comprendido entre 2020 y 2023 revela una imagen preocupante, los datos sobre Evaluación del Volumen Derramado, Volumen Recuperado y Área Afectada subrayan la magnitud de los derrames petroleros y su alcance en términos de contaminación del entorno, la información recopilada muestra una serie de incidentes que han causado un impacto significativo en la biodiversidad, los recursos hídricos y la calidad de vida de las comunidades locales.

La identificación de las principales leyes vigentes de la constitución ecuatoriana para las actividades hidrocarburíferas en la Amazonia es crucial para contextualizar las obligaciones legales que rigen estas operaciones, las leyes que promueven los derechos de la naturaleza y los principios del buen vivir en un ambiente saludable y responsable se erigen como un marco normativo necesario para asegurar que las actividades industriales se desarrollen de manera sostenible y acorde con los valores ecológicos y sociales.

Relacionado con el análisis de los tipos de Skimmers utilizados para la recolección de hidrocarburo derramado, destaca la importancia de contar con herramientas eficaces para enfrentar las consecuencias de los derrames petroleros, la evaluación de Skimmers

de Barrido de Succión y Skimmers de Tambor como opciones altamente eficientes en la recuperación de hidrocarburos subraya su potencial para minimizar los impactos ambientales y sociales en el Bloque 56 en Lago Agrio, estos dispositivos muestran su versatilidad y capacidad para operar en condiciones desafiantes, lo que los convierte en soluciones valiosas para enfrentar emergencias ambientales.

los volúmenes de derrames en distintos componentes durante un periodo de cuatro años, subraya la relevancia de la localización y naturaleza del derrame en la determinación de su impacto, los resultados destacan que, dependiendo del componente afectado, los volúmenes derramados varían ampliamente, estos datos resaltan la necesidad de enfoques específicos para la recuperación y mitigación de derrames en diferentes contextos, con los Skimmers emergiendo como herramientas prometedoras para enfrentar estos desafíos.

los volúmenes recuperados tras diferentes incidentes de derrame, proporciona una visión tangible de la eficacia de los métodos de recuperación utilizados, incluyendo el uso de Skimmers, los resultados reflejan tasas de recuperación variadas según la naturaleza del componente afectado, pero revelan un patrón general de éxito en la mitigación de los impactos, este análisis reafirma la importancia de la implementación oportuna y eficaz de tecnologías como los Skimmers para limitar las consecuencias ambientales y comunitarias de los derrames.

los costos globales asociados a las operaciones de recuperación de hidrocarburos, pone de manifiesto la importancia de comprender la inversión financiera requerida para abordar los derrames de crudo y sus consecuencias, los resultados indican que los costos de recuperación varían según el contexto del derrame, evidenciando que los recursos financieros son esenciales para una respuesta efectiva y sostenible, estos datos resaltan la necesidad de equilibrar los aspectos técnicos y económicos al abordar los derrames de petróleo.

Los Skimmers de Barrido de Succión se han identificado como dispositivos altamente efectivos en la recuperación de derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua, con una eficiencia de recuperación que puede alcanzar entre el 90% y el 95%, estos skimmers se destacan por su capacidad para aspirar la capa superior de la mezcla de hidrocarburos y agua mediante una bomba mecánica, la versatilidad de los Skimmers de Barrido de Succión es especialmente relevante en el entorno del Bloque 56, donde

las aguas turbulentas y la presencia de sedimentos pueden dificultar la recuperación, sin embargo, estos skimmers están diseñados para operar en condiciones adversas, lo que asegura su alta eficiencia incluso en situaciones desafiantes.

Por otro lado, los Skimmers de Tambor también se han identificado como una opción altamente eficiente para la recuperación de hidrocarburos en el Bloque 56, su capacidad para manejar diferentes viscosidades de crudo, especialmente considerando la variabilidad del API del petróleo en la región, los convierte en una alternativa versátil; Estos skimmers pueden superar el 90% de eficiencia de recuperación en condiciones favorables, además, su capacidad para operar en aguas turbulentas y con sedimentos es un atributo valioso para el entorno del Bloque 56, donde las condiciones ambientales pueden ser desafiantes.

Si bien los skimmers de barrido de succión y tambor se destacan como opciones preferidas, se enfatiza la importancia de llevar a cabo una evaluación detallada de las condiciones de cada derrame antes de seleccionar un skimmer específico, factores como la viscosidad del crudo y la presencia de sedimentos pueden influir en la elección óptima del dispositivo, garantizando así una respuesta efectiva y adecuada.

La clasificación de las leyes en leyes relacionadas con la comunidad y leyes relacionadas con la empresa petrolera ofrece un enfoque estructurado y equilibrado para abordar los derrames de petróleo en el Bloque 56 en Lago Agrio, al considerar los intereses de ambas partes, se busca alcanzar una gestión responsable y sostenible de las actividades petroleras en la zona, asegurando el respeto a los derechos de las comunidades afectadas y el cuidado adecuado del medio ambiente.

Para finalizar, este estudio evidencia la urgente necesidad de abordar los problemas ambientales derivados de la explotación petrolera en el Campo Lago Agrio Bloque 56, las leyes vigentes en la constitución ecuatoriana establecen el marco normativo para guiar estas actividades en dirección a la sostenibilidad y la responsabilidad ecológica; La evaluación de Skimmers como soluciones de recuperación destaca opciones prometedoras para mitigar los efectos de los derrames petroleros, este estudio contribuye al entendimiento de la intersección entre la industria petrolera, la legislación ambiental y las soluciones técnicas, señalando la importancia de una gestión integral y colaborativa para preservar la naturaleza y el bienestar de las comunidades en el contexto del Campo Lago Agrio Bloque 56.

## Recomendaciones

Se recomienda desarrollar protocolos de respuesta a derrames petroleros que estén específicamente adaptados a las condiciones del Bloque 56 en Lago Agrio, estos protocolos deben considerar las particularidades del crudo local, las condiciones climáticas y las características geográficas de la región. Un enfoque personalizado asegurará una respuesta más efectiva y rápida en caso de derrames.

Es esencial implementar programas de capacitación regulares para el personal involucrado en la respuesta a derrames, esto incluye a operadores de skimmers, personal de limpieza y técnicos de campo. La formación constante garantizará que el personal esté bien preparado para utilizar los dispositivos de manera eficiente y seguir los procedimientos adecuados.

Se recomienda la priorización de los skimmers de barrido de succión y de tambor en la respuesta ante derrames petroleros en el Bloque 56 de Lago Agrio, estos dispositivos tienen el potencial de minimizar de manera efectiva los impactos ambientales y sociales causados por los derrames.

Antes de seleccionar un skimmer específico, se aconseja realizar una evaluación detallada de las características del derrame, como la viscosidad del crudo y la presencia de sedimentos, esto permitirá una elección más precisa entre skimmers de barrido de succión y skimmers de tambor, garantizando la máxima eficiencia de recuperación.

Se recomienda continuar la investigación sobre tecnologías y métodos de recuperación de hidrocarburos, considerando las particularidades de la región y los avances en la industria. Esto permitirá mantenerse al tanto de nuevas soluciones y optimizar aún más las estrategias de respuesta a derrames.

## Bibliografía

- Agencia De Regulación Y Control Hidrocarburífero. (25 De Enero De 2019). Obtenido De <https://www.gob.ec/arch>
- Agila, G. R. (17 De Julio De 2022). Open Democracy. Obtenido De <https://www.opendemocracy.net/es/ambiente-toxico-scontinuos-derrames-petroleros-ecuador/>
- Aguilera, N. M., & Balzategi, A. G. (2008). Efectos de la Industria Petrolera en la Contaminación y la Salud de la Comuna Yamanunka en Sucumbíos, Ecuador. Universidad Autónoma De Barcelona, Facultat De Ciències Secció De Ciències Ambientals, Balleterra. Obtenido De <file:///C:/Users/Us/Desktop/Tesis%20pdf/Pfcmonino.Pdf>
- Alberto, M. (13 De Junio De 2012). Avibert. Obtenido De <http://avibert.blogspot.com/2013/04/biodegradacion-del-petroleo-procesos.html>
- Albino, J. L. (29 De Marzo De 2015). Obtenido De <https://lamula.pe/2015/03/29/el-show-toxico-de-chevron-documental-sobre-la-explotacion-petrolera-en-ecuador/jorgepaucar/>
- Alzamora, R. R. (2017). Fundamentos De Química General: Diluciones, Propiedades Coligativas Y Gases Ideales. Península De Santa Elena: Upse. Obtenido De [https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/fundamentos%20de%20quimica%20general\\_disoluciones%2c%20propiedades%20coligativas%20y%20gases%20ideales.pdf](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/fundamentos%20de%20quimica%20general_disoluciones%2c%20propiedades%20coligativas%20y%20gases%20ideales.pdf)
- Bernard, J. (26 De Noviembre De 2012). Petróleo En El Amazonas. Obtenido De <https://library.brown.edu/create/modernlatinamerica/chapters/chapter-6-the-andes/moments-in-andean-history/oil-in-the-amazon/>
- Consejería De Administración Públicas Y Justicia. (2004). Definición De Medios De Protección Necesarios En Accidentes Medioambientales Y Planes De Emergencia Exterior (Pee). Reporte Informativo, Dirección General De Protección Ciudadana, Tarancón - Cuenca. Obtenido De

[https://www.proteccioncivil.es/Catalogo/Carpeta02/Carpeta22/Gprarm/073\\_084.Pdf](https://www.proteccioncivil.es/Catalogo/Carpeta02/Carpeta22/Gprarm/073_084.Pdf)

Conterol. (22 De Diciembre De 2017). Prevención De La Contaminación Marina Por Hidrocarburos Skimmer, Bomba Y Central Neumatico Skimmer De Discos. Ingeniería Y Ecogestión. Kepler. Obtenido De [http://www.interempresas.net/Feriavirtual/Catalogos\\_Y\\_Documentos/105160/A\\_Skimmer-Discos-Neumaticos.Pdf](http://www.interempresas.net/Feriavirtual/Catalogos_Y_Documentos/105160/A_Skimmer-Discos-Neumaticos.Pdf)

Conterol. (2017). Prevención De La Contaminación Marina Por Hidrocarburosskimmer, Bomba Y Central Hidráulica Skimmer De Cepillo. Ingeniería Y Ecogestión. Kepler. Obtenido De [https://www.interempresas.net/Feriavirtual/Catalogos\\_Y\\_Documentos/105160/A\\_Skimmer-Cepillo.Pdf](https://www.interempresas.net/Feriavirtual/Catalogos_Y_Documentos/105160/A_Skimmer-Cepillo.Pdf)

Control De Recursos Y Energía. (26 De Septiembre De 2019). Obtenido De <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/Wp-Content/uploads/downloads/2022/03/17-02-22-Proyecto-De-Regulacion-Version-Post-Difusion-Interna.Pdf>

Desmi. (25 De Septiembre De 2021). Desmi. Obtenido De <https://www.desmi.com/products-solutions-library/ro-weir-oil-skimmer/>

El Universo. (9 De Junio De 2013). Obtenido De <https://www.eluniverso.com/noticias/2013/06/09/nota/1006286/transporte-crudo-medio-riesgo-contaminacion/>

Elastec. (5 De Junio De 2021). Obtenido De <https://www.elastec.com/es/productos/skimmers-de-derrames-de-hidrocarburos/skimmers-de-aceite-de-vertedero/>

Ep Petroecuador. (2015). Mapa De Bloques Petroleros Del Ecuador Continental. Quito, Ecuador. Obtenido De <https://s3.amazonaws.com/Rgi-Documents/03e488b4c74e9c6a16fe3db8751c23ad47645839.Pdf>

Escuela Geotécnica. (31 De Octubre De 2018). Obtenido De <https://escuelageotecnica.com/clase-7-lodos-de-perforacion/>

- Expansión Ecuador -Producción De Petróleo. (2022). Expansión. Obtenido De <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/petroleo/produccion/ecuador>
- Fernandes, A. Z. (25 De Abril De 2019). Todo Materia - Hidrocarburos. Obtenido De <https://www.todamateria.com/hidrocarburos/>
- Ferreiro, P. C. (2013). Las Barreras Anticontaminación Contra Los Vertidos Hidrocarburos . Tesis, Escuela Técnica Superior De Náutica Universidad De Cantabria, Ingeniería Marina , La Ciudad De Santander. Obtenido De <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3935/Pablo%20casado%20ferreiro.pdf?sequence=1>
- González, S. (2021). Comparación de Procedimientos Operativos en Situaciones de Derrames de Hidrocarburos: Evaluación dentro del Plan de Contingencia del Terminal Petrolero de La Libertad. Trabajo De Investigación, Libertador. Obtenido De <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6511/1/upse-tip-2021-0029.pdf>
- Hurtado, L. (2012). Cromatografía En Placa Fina. Trabajo Investigativo, Quito. Obtenido De <http://www.qfa.uam.es/qb/practicas/p6-guion.pdf>
- Itopf Promoting Effective Spill Response. (2014). Aplicación de Dispositivos Skimmers en la Mitigación de la Contaminación por Derrames de Hidrocarburos. Documento De Información Técnica, London. Obtenido De [https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/documents/tips\\_taps\\_new/final\\_tip\\_5\\_2012\\_sp.pdf](https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/documents/tips_taps_new/final_tip_5_2012_sp.pdf)
- Ley Orgánica De Participación Ciudadana. (5 De Mayo De 2015). Obtenido De <https://www.etapa.net.ec/portals/0/transparencia/literal-A2/ley-organica-de-participacion-ciudadana.pdf>
- Lopez, L. (2012). Sistemas\_Mecanicos\_De\_Recogida. Tesis, Quito. Obtenido De [https://cetmar.org/documentacion/sistemas\\_mecanicos\\_de\\_recogida.pdf](https://cetmar.org/documentacion/sistemas_mecanicos_de_recogida.pdf)
- Macías, D. F. (2010). Análisis De Riesgo Y Actualización Del Plan De Contingencias Para Las Actividades Hidrocarburíferas En El Area Lago Agrio. Tesis, Quito. Obtenido De <file:///C:/Users/Us/Downloads/Cd-2910.pdf>

- Maldonado, Y. (12 De Marzo De 2021). Geologiaweb. Obtenido De [Https://Geologiaweb.Com/Recursos-Naturales/Petroleo-Origen-Formacion/](https://Geologiaweb.Com/Recursos-Naturales/Petroleo-Origen-Formacion/)
- Manos Unidas. (25 De Agosto De 2021). Manos Unidas - Aguas Y Saneamiento. Obtenido De [Https://Www.Manosunidas.Org/Ambito-Ong/Agua-Saneamiento](https://Www.Manosunidas.Org/Ambito-Ong/Agua-Saneamiento)
- Markleen. (16 De Septiembre De 2019). Markleen. Obtenido De [Https://Markleen.Com/Es/Respuestas-Derrames/Limpieza-Derrames-Petroleo-Mar/](https://Markleen.Com/Es/Respuestas-Derrames/Limpieza-Derrames-Petroleo-Mar/)
- Marzialetti, P. A. (2012). Supervisión de Derrames de Hidrocarburos en Cuerpos de Agua a través de Tecnologías de Detección Remota: Programa de Maestría en Aplicaciones Espaciales para Alerta y Respuesta Temprana en Casos de Emergencia en la Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido De [Https://lg.Conae.Unc.Edu.Ar/Wp-Content/Uploads/Sites/68/2017/08/2009\\_Marzialetti-Pablo.Pdf](https://lg.Conae.Unc.Edu.Ar/Wp-Content/Uploads/Sites/68/2017/08/2009_Marzialetti-Pablo.Pdf)
- Ministerio Del Ambiente. (2015). Registro Oficial Administracion Del Dr. Rc. Rafael Correa Delgado. Ministerio Del Ambiente -Acuerdo Ministerial. Quito: Lexis. Obtenido De [File:///C:/Users/Us/Downloads/Document.Pdf](file:///C:/Users/Us/Downloads/Document.Pdf)
- Ministerio Del Ambiente, Agua Y Transición Ecológica. (19 De Mayo De 2020). Obtenido De [Https://Www.Gob.Ec/Maae](https://Www.Gob.Ec/Maae)
- Powerport. (2009). Medio Ambiente. Madrid. Obtenido De [Http://Powerport.Es/Es/Pdf/Skimmer.Pdf](http://Powerport.Es/Es/Pdf/Skimmer.Pdf)
- Secretaría De Energía República Argentina. (2003). Conceptos Sobre Hidrocarburos. Hidrocarburos, 72. Obtenido De [Https://Www.Energia.Gob.Ar/Contenidos/Archivos/Reorganizacion/Contenidos\\_Didacticos/Publicaciones/Hidrocarburos.Pdf](https://Www.Energia.Gob.Ar/Contenidos/Archivos/Reorganizacion/Contenidos_Didacticos/Publicaciones/Hidrocarburos.Pdf)
- Serrano, M. (18 De Agosto De 2020). Perforador 2.0. Obtenido De [Https://Perforador20.Wordpress.Com/2020/08/18/Cantidad-De-Recortes-Por-Longitud-De-Hoyo-Perforado/](https://Perforador20.Wordpress.Com/2020/08/18/Cantidad-De-Recortes-Por-Longitud-De-Hoyo-Perforado/)
- Soledispa, A. L. (2019). Pueblos Indígenas Ecuatorianos Vs. Texaco (Chevron): Un Análisis De Caso Del Derramamiento De Petróleo En La Amazonía Ecuatoriana.

Tesis De Maestría, Instituto Latinoamericano De Economía, Sociedad Y Política (Ilaesp), Foz Do Iguacu.

Soto, H. J. (2019). Riesgo de Contaminación con Cromo en el Proceso de Refinación de Petróleo: Investigación Monográfica en la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido De [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Monografias/Ingenie/Jacinto\\_Sh/Cap4.Pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Monografias/Ingenie/Jacinto_Sh/Cap4.Pdf)

Tropical Journal Of Environmental Sciences. (Enero De 2022). Estudio de la Diversidad Microbiana en Suelos Contaminados con Hidrocarburos como Base para Procesos de Biorremediación. Doi:<https://doi.org/10.15359/Rca.56-1.9>

Varela, G. C. (2007). Informe Conclusivo sobre el Diseño de Monitoreo en Situaciones de Derrames de Hidrocarburos: Asistencia de SAG en el Monitoreo de Derrames de Hidrocarburos. Quillota: Prasa. Obtenido De [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/informe\\_final\\_asesoriasag\\_hcs2.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/informe_final_asesoriasag_hcs2.pdf)

Vargas, J. R. (3 De Abril De 2023). Acmor. Obtenido De <https://acmor.org/publicaciones/el-viaje-del-petr-leo-en-el-mar-lo-que-se-esconde-bajo-la-superficie>

Vazquez, B. (2015). La Refinacion Del Petroleo Tomo . Tesis, Quito. Obtenido De [http://caterina.udlap.mx/u\\_di\\_a/tales/documentos/lic/vazquez\\_b\\_b/capitulo4.pdf](http://caterina.udlap.mx/u_di_a/tales/documentos/lic/vazquez_b_b/capitulo4.pdf)

Vergara, I. (2016). Control De Derrames De Petroleo. Santiago De Chile: Imco. Obtenido De [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/18742/S33391v494m\\_es.pdf?sequence=1&isallowed=Y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/18742/S33391v494m_es.pdf?sequence=1&isallowed=Y)

Vilchez, M. E. (2018). "Evaluación De La Capacidad Adsorbente De Petróleo Crudo (24 °Api) De Las Hojas De La Gramínea Brachiara Decumbens Como Alternativa Para Afrontar El Riesgo Ambiental Latente En El Oleoducto Norperuano." ("Evaluación de la capacidad adsorbente de petróleo crudo (24 ... - UNU") Tesis, Universidad Nacional De Ucayali Facultad De Ciencias Forestales Ambientales Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental, Pucallpa. Obtenido De

[Http://Repositorio.Unu.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unu/4102/000004253t-Ambiental.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y](http://Repositorio.Unu.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unu/4102/000004253t-Ambiental.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y)