



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO EN
LOTES PETROLEROS DE LA SELVA, AÑO 2021

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el grado académico de Maestro en Gestión Ambiental

Autor

Espejo Ramírez, Javier Rodolfo

Asesor

Sánchez Camargo, Mario Rodolfo

ORCID: 0000-0002-3368-9102

Jurado

Alva Velásquez, Miguel

Tafur Anzualdo, Vicenta Irene

Sánchez Carrera, Dante Pedro

Lima - Perú

2025

REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO EN LOTES PETROLEROS DE LA SELVA, AÑO 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unfv.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1%
4	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO EN LOTES
PETROLEROS DE LA SELVA, AÑO 2021.

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el grado académico de Maestro en Gestión Ambiental

Autor:

Espejo Ramírez, Javier Rodolfo

Asesor:

Sánchez Camargo, Mario Rodolfo

ORCID: 0000-0002-3368-9102

Jurado:

Alva Velásquez, Miguel

Tafur Anzualdo, Vicenta Irene

Sánchez Carrera, Dante Pedro

Lima-Perú

2025

Índice de contenido

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
I INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Planteamiento del problema.....	9
1.2 Descripción del problema	13
1.3 Formulación del problema	15
1.3.1 Problema general	15
1.3.2. Problema Específicos	15
1.4 Antecedentes	15
1.5 Justificación de la investigación	22
1.6 Limitaciones de la investigación.....	23
1.7 Objetivos de la investigación.....	23
1.7.1. Objetivo general	23
1.7.2. Objetivos específicos	23
1.8 Hipótesis	24
II MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Marco conceptual	25
III MÉTODO	66
3.1 Tipo de investigación.....	66
3.2 Población y muestra.....	67
3.3 Operacionalización de variables	67
3.4 Instrumentos.....	69
3.5 Procedimientos.....	69

3.6 Análisis de datos	69
3.7 Consideraciones éticas	70
IV. RESULTADOS	71
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	78
VI. CONCLUSIONES.....	80
VII. RECOMENDACIONES	81
VIII. REFERENCIAS.....	82
IX ANEXOS	87
Anexo A. Matriz de consistencia	87
Anexo B. Confiabilidad de Instrumentos.....	88
Anexo C. Instrumento de medición	89

Índice de tablas

Tabla 1 Densidad de derivados del petróleo	42
Tabla 2 Principales Impactos y Medidas de Remediación	55
Tabla 3 Operacionalización de la variable independiente. Biorremediación	68
Tabla 4 Operacionalización de la variable independiente. Suelos contaminados con hidrocarburos	69
Tabla 5 Frecuencias de la variable independiente: Biorremediación	71
Tabla 6 Frecuencias de la dimensión: Biorremediación in situ	72
Tabla 7 Frecuencias de la dimensión: Landfarming (ex situ).....	73
Tabla 8 Frecuencias de la variable dependiente: Suelos contaminados con hidrocarburos	74
Tabla 9 Información de ajuste de los modelos entre la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburo	75
Tabla 10 Pseudo R cuadrado coeficiente de determinación de dependencia de las variables .	75
Tabla 11 Información de ajuste de los modelos entre la biorremediación in situ de los suelos contaminados con hidrocarburo	76
Tabla 12 Pseudo R cuadrado coeficiente de determinación de dependencia de las variables .	76
Tabla 13 Información de ajuste de los modelos entre la landfarming (ex situ) de los suelos contaminados con hidrocarburo	77
Tabla 14 Pseudo R cuadrado coeficiente de determinación de dependencia de las variables .	77
Tabla 15 Fiabilidad del instrumento de la variable independiente	88
Tabla 16 Fiabilidad del instrumento de la variable dependiente	88

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de barras de la Variable independiente: Biorremediación.....	71
Figura 2 Diagrama de barras de la dimensión: Biorremediación in situ.....	72
Figura 3 Diagrama de barras de la dimensión: Landfarming (ex situ)	73
Figura 4 Diagrama de barras de la variable dependiente: Suelos contaminados con hidrocarburos	74

RESUMEN

Objetivo. Se planteó como objetivo general para lograr y determinar la forma en que la remediación, mediante los procesos de biorremediación y de landfarming, influyen en la degradación de los suelos contaminados con hidrocarburo en los lotes petroleros de la selva, 2021. **Método.** El estudio es de nivel explicativo y se respetó el método del paradigma positivista. Asimismo, se optó por elegir a 60 especialistas en hidrocarburos, para que represente la población y muestra. **Resultados.** Un 50% señalaron estar de acuerdo con la remediación mediante el proceso de biorremediación, que generalmente suele utilizarse para remediar y recuperar las zonas de alta contaminación; asimismo, un 42% indicaron sentirse totalmente de acuerdo en que las acciones de extracción de petróleo crudo resultan ser una de las principales fuentes de contaminación en el país. **Conclusiones.** Se aprecia una menor significancia equivalente a 0,05, lo cual indica que el modelo brinda las explicaciones acerca de la incidencia. Por lo tanto: Existe influencia significativa dada por la remediación mediante el proceso de biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva. Finalmente, al aplicarse la respectiva prueba Pseudo R cuadrado se entiende como la porcentual dependencia de la forma en que influye la biorremediación en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, la misma que direcciona el coeficiente de Nagelkerke, evidenciando que cualquier tipo de variación con respecto a los suelos contaminados con hidrocarburo depende en un 67% de la biorremediación.

Palabras clave: Biorremediación, suelos contaminados, hidrocarburos.

ABSTRACT

Objective. The general objective was to determine how remediation, through bioremediation and landfarming processes, influences the degradation of hydrocarbon-contaminated soils in the rainforest's oil fields in 2021. **Method.** The study is explanatory in nature and follows the positivist paradigm. Sixty hydrocarbon specialists were selected to represent the population and sample. **Results.** 50% indicated their agreement with remediation through the bioremediation process, which is generally used to remediate and recover highly contaminated areas. Likewise, 42% indicated their strong agreement that crude oil extraction is one of the main sources of contamination in the country. **Conclusions.** A lower significance level of 0.05 is observed, indicating that the model provides sufficient explanations for the impact. Therefore: There is a significant influence of remediation through the bioremediation process on hydrocarbon-contaminated soils in oil fields in the rainforest. Finally, applying the respective Pseudo R-squared test, it is understood as the percentage dependence of the influence of bioremediation on hydrocarbon-contaminated soils in oil fields in the rainforest. This is determined by the Nagelkerke coefficient, showing that any variation in hydrocarbon-contaminated soils depends 67% on bioremediation.

Keywords: Bioremediation, contaminated soils, hydrocarbons.

I INTRODUCCIÓN

La contaminación por hidrocarburos desde un siglo atrás ha sido investigada, motivada por el aumento y la alta demanda de obtener petrolero a nivel mundial.

Es frecuente que durante las actividades de hidrocarburos, se presenten acontecimientos como accidentes, fugas y derrames durante las operaciones de exploración y explotación; y en algunos casos han sido hasta provocados por terceros; así como también se han presentado durante la producción de petróleo, embarques y durante su transporte (mediante cisternas, oleoducto marítimo o terrestre, por barcazas); estos hechos son las principales acciones de contaminación en las fuentes hídricas y terrestres.

La contaminación por hidrocarburos se ha tratado como una grave preocupación mundial debido al alcance de este daño, registrados en todo el mundo. Los impactos que causan son enormes, e incluyen, entre otros, la alteración del hábitat, alteración de la biodiversidad y enfermedades como el cáncer en humanos.

Es importante resaltar que cuando se contamina el suelo producto de las actividades de hidrocarburos en tierra causado al explotar, almacenar y transportar hacia un puerto o una refinería, entonces se contribuye a contaminar la naturaleza terrestre (Cruz y Lincango, 2021).

La contaminación por hidrocarburos del petróleo altera las funciones ecológicas del suelo. Para su remediación y restauración se utilizan insumos de biorremediación de diversa índole, tales como: (fertilizantes no orgánicos u orgánicos, preparados bacterianos, agentes adsorbentes, entre otros) que presentan diferentes mecanismos de remediación (adsorción o bioestimulación en la descomposición de hidrocarburos del petróleo).

Otro método de remediación que generalmente se usa en las actividades petroleras de la selva, es la biorremediación conjuntamente con la técnica de landfarming, la misma que ofrece una alternativa donde se puede realizar la recuperación del suelo con ayuda de microorganismos (cepas identificadas) que se encuentran presentes en el suelo en forma

natural, junto al suelo contaminando, con lo cual se garantiza una condición necesaria, como el contenido de oxígeno, pH, humedad y nutrientes para su desarrollo satisfactorio.

Un derrame de hidrocarburo o petróleo crudo, es un problema importante, no deseado; el mismo que se puede producir durante las actividades de perforación, producción, transporte (por cisternas, barcazas, buques) o transferencia de hidrocarburos (petróleo y gas), en tierra y en el mar (oleoductos y gasoductos).

En segundo lugar, se tiene conocimiento que la producción de efluentes generados en refinerías de petróleo, causan contaminación debido al mal manejo de las descargas de efluentes tóxicos.

La recuperación satisfactoria del recurso suelo posibilita continuar con su ciclo y función en el ambiente, de ahí el interés de realizar este trabajo, y analizar de todo lo relacionado con el tema propuesto, para así contribuir en soluciones ambientales.

Finalmente, al respecto, debemos indicar que el presente trabajo está enmarcado y desarrollado con respecto a la recuperación de suelos y protección del ecosistema, mediante las actividades de Remediación; para lo cual la presente tesis, se ha centrado principal y específicamente en los métodos, más usado en las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos en nuestra Selva Peruana, que son la Biorremediación y el Landfarming; los mismos que serán ampliadas más adelante,

1.1 Planteamiento del problema

Los distintos procesos agrícolas, domésticos, industriales y otro tipo de labores que son ejecutadas cotidianamente, pueden generar influencias negativas en el entorno o en el ambiente, y representa una situación problemática por la generación de impactos negativos y la contaminación ambiental; todo ellos, se debe principalmente a una inadecuada Gestión o a un inadecuado proceso, o mal manejo de las operaciones durante las actividades de hidrocarburos.

Cuando se evidencia la existencia de un derrame de petróleo en cualquier país del mundo, ello causa un serio problema de contaminación. Asimismo, los diversos componentes de los hidrocarburos producidos, contienen productos peligrosos y poseen un nivel alto en toxicidad para cualquier ser viviente, en vista que mucho de ellos son cancerígenos y mutagénicos; además de ser los principales causantes de contaminación del agua, aire y suelo. Cuando se da este escenario, y se contamina una determinada zona de la selva, a través de las fugas o derrames de hidrocarburos, estos influyen significativamente sobre las propiedades microbiológicas, químicas y físicas del área que se contaminó; mayormente suele contaminar todo lo que represente ser un cuerpo de agua, y hasta las aguas subterráneas.

En suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos, la remediación, en especial por el método de biorremediación puede verse influenciada por la calidad del hidrocarburo y la duración del episodio de contaminación; es decir, no todos los microorganismos usados en la biorremediación van a tener iguales eficiencias de eliminación de los compuestos tóxicos. Sin embargo, existen evidencias que un gran número de organismos como las bacterias, plantas u hongos poseen una gran capacidad de degradación de ciertos compuestos que derivan del petróleo (Leyton, 2020).

Asimismo, cuando se afecta el ambiente, debido a los diversos derrames dados por las actividades de hidrocarburos, afecta tanto la vegetación de la flora, así como las especies de fauna, el aire, el suelo, y las fuentes hídricas, las mismas que resultan dificultosas de revertir, en vista que los procedimientos de descontaminación suelen no cubrir la totalidad de las zonas que se afectaron, y en otros casos se ejecutaron luego de que transcurrió bastante tiempo, luego que los componentes tóxicos contaminaron el ecosistema. Por otra parte, es importante resaltar que generalmente los hidrocarburos que se derraman en el suelo perjudican la totalidad de propiedades químicas y físicas, tales como la permeabilidad, textura, pH; así como el crecimiento de la vegetación, impactando el ambiente paisajístico. En tal sentido, es

indispensable la utilización de herramientas y mecanismos estratégicos para su recuperación, tales como aplicar la biorremediación por medio de microorganismos con la capacidad de asegurar la degradación del petróleo y otros que deriven de la misma. (Ugaz et al., 2020).

En los EEUU se ha logrado evidenciar que unas 34,000 zonas fueron impactadas por medio de derivados de hidrocarburos; 50,000 en Alemania; sin embargo, en lo que respecta a México, no se tiene conocimiento acerca de las dimensiones reales de la situación problemática. Asimismo, cabe resaltar que durante el periodo 2001 PEMEX logró reportar que aproximadamente 8 031 toneladas de componentes que derivan de los hidrocarburos, fueron derramadas en el suelo (Pimentel, 2021).

En Ecuador, se evidencia dicha situación problemática en la zona del Oriente, en la cual se ejecutan las actividades para realizar la explotación petrolera, la misma que se realiza en zonas cercanas a la población las mismas que resultan ser las más perjudicadas producto del derramamiento de los componentes, la inadecuada y mala disposición de la forma en que se trata el tema de la contaminación. En la localidad provincial de Orellana, se dio el escenario de la parroquia Taracoa debido a que posee un conjunto de tuberías que conectan el oleoducto transecuatoriano, por centros poblados, caminos y a lo largo de fincas, la misma que es un problema latente para que se dé el escenario de un derrame generando un pasivo ambiental perjudicando al ecosistema y calidad del aire, suelo y agua. (Simbaña, 2016).

Colombia, no es ajena a esta problemática ya que han ocurrido graves incidentes de derrames en la historia tanto por fallas operativas como a causa del conflicto armado y delincuencia común, dejando como resultado aproximadamente que 3,700,000 de barriles de crudo en suelos y fuentes hídricas en los últimos 33 años (Revista Semana, 2019 citado por Leyton, 2020). Lamentablemente, en muchos casos, estos derrames se presentan en regiones apartadas del país donde es difícil el acceso y control por parte de entes de vigilancia y control,

dando como resultado pocas posibilidades de recuperación de los recursos afectados, por lo menos a corto plazo (Leyton, 2020).

En el Perú, cuando se desarrolla la actividad ligada al petróleo, y en caso de fugas o derrames, esto contribuye a un posible y marcado deterioro del medio ambiente, sobre todo en la selva peruana, perjudicando seriamente el suelo, agua, aire, y el ecosistema en general. En el ámbito de la mencionada industria, las labores de exploración y explotación de hidrocarburos en Lotes petroleros de la selva, así como la producción y refinación en la costa peruana, podrían estar alterando diversos niveles ligados a los diferentes ecosistemas, producto de los constantes derrames y fugas de crudo y/o de componentes que tengan la particularidad de ser refinados. Asimismo, como también por la utilización de lo que se conoce como lodos de perforación (usado en las actividades de perforación de pozos petroleros), así como diversas clases de productos químicos y aditivos, resultando indispensable fomentar la búsqueda de alternativas estratégicas que faciliten la restauración y remediación de los suelos que resultaron contaminados.

Actualmente en los campos petroleros Lote 1AB/192 y Lote 8 operados en la selva peruana, las autoridades especializadas en el ambiente, han determinado que en el Perú existen más de 3,000 pasivos ambientales por hidrocarburos, estando la mayoría presentes en estos lotes. Asimismo, ha determinado que existe un aproximado de 1500 sitios contaminados.

En el presente estudio que se propone desarrollar, las actividades de remediación, básicamente, en lo correspondiente al tratamiento y método de Biorremediación (in situ) de las áreas contaminadas dentro de la misma área de trabajo y de Landfarming (ex situ), en el entorno de la ubicación de las instalaciones donde se ejecutan los trabajos de hidrocarburos en nuestra selva peruana (Lotes petroleros).

Cabe señalar que las referidas instalaciones o áreas de trabajo constituyen un posible foco de contaminación, si no son debidamente gestionadas, en cuanto a seguridad,

mantenimiento y operatividad. Dentro de las principales instalaciones en los campos petroleros de la selva, tenemos las siguientes instalaciones que pueden generar contaminación ambiental:

Áreas de tanques de almacenamiento (por fugas o derrames de hidrocarburos); Plataformas de producción de hidrocarburos (por fugas en cabezales de pozos, fugas o roturas de tuberías de producción); Oleoductos principales (por fugas por pits de corrosión, falta de mantenimiento o daños causados por terceros).

Con la finalidad de restaurar las áreas afectadas por las fugas y derrames de hidrocarburos, es necesario tener en consideración los estudios realizados por expertos, así como la aplicación de la técnica de Landfarming conjuntamente con la Biorremediación (Biodegradación); estos procedimientos de aplicación y mejoras con respecto a la remediación, muestran la tendencia a la reducción en mayor grado para las fracciones de hidrocarburos (fracciones de TPH) en las zonas contaminadas, hasta alcanzar niveles iguales o debajo de los Estándares de Calidad (ECA) de las Fracciones de Hidrocarburos (Fracciones del TPH), de acuerdo a la Norma Ambiental y establecidos en los correspondientes ECA, direccionados para la zona extractiva e industrial en suelos, según lo establecido por el D.S 011-2017-MINAM, el mismo que aprueba los niveles de calidad en materia ambiental (ECA para los Suelos).

1.2 Descripción del problema

En el entorno actual resulta evidente que uno de los motivos por el cual se contamina el medio ambiente se da por temas concernientes a fugas o derrames de petróleo, generado por la producción y extracción lo cual causa impacto en el medio ambiente, en la fauna, flora; así como en quebradas, ríos, el aire, y suelos, etc.

Cuando se produce un incontrolado nivel de derrame de hidrocarburos durante la etapa de exploración o producción, y no es atendido oportuna y adecuadamente; esta situación termina por contaminar las aguas superficiales y subterráneas; deteriorando el suelo de manera significativa los distintos ecosistemas (Pisfil, 2019).

Cuando se producen derrames o fugas de hidrocarburos en las instalaciones de los Lotes petroleros de la Selva, como: tanques de almacenamiento, separadores, manifolds de campo (distribuidor), tuberías de flujo o cabezales de pozos; como consecuencia de estos derrames, se sobrepasan los LMP o ECAs correspondiente; estos derrames potencialmente pueden afectar la calidad del ambiente y ecosistema en lo siguiente:

- Calidad del Suelo.
- Calidad del Aire.
- Calidad de Aguas (Subterráneas y Superficiales).
- Los suelos donde se produce el derrame y su entorno.
- Las quebradas o ríos que pueden estar cerca al área del derrame.
- Flora y Fauna (terrestre y acuática).
- Ecosistemas frágiles en la zona del derrame y su entorno.
- El Paisaje de la zona del derrame y su entorno.
- Las Comunidades Nativas o Agrícolas; en especial aquellas que se ubican en las orillas de quebradas o ríos y las ubicadas aguas abajo del área del derrame.

Cuando se da el caso en que los hidrocarburos interactúan con el ambiente generan modificaciones en sus naturales estructuras, incrementando la retención de sedimentos, agua, alteración del pH y la temperatura; aumento de ácidos orgánicos y potencial hídrico.

En relación a los componentes que derivan del sector petrolero pueden presentar consecuencias cancerígenas y afectan los funcionales componentes orgánicos tales como el sistema nervioso, los órganos blancos, aparato digestivo, pulmones, sobre todo por la presencia de metales pesados (Andía, 2016).

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo la remediación influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo la biorremediación (in situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021?
- ¿De qué manera el landfarming (ex situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021?

1.4 Antecedentes

1.4.1. Antecedentes internacionales

Ocampo (2020) en su estudio “El potencial de la biorremediación”, concluye que debe calificarse al aspecto de la biorremediación en vista a su adaptación y dinamismo y diariamente logra descubrirse innovadores alternativas aplicables a diversas zonas contaminadas y se reconoce la posibilidad de que se adapten los organismos cuando se introduce en su entorno un extraño agente, así como la capacidad para que pueda resistir a la misma y degradarla.

Hernández y Gutiérrez (2021) mediante su trabajo de investigación considera importante evaluar la factibilidad de los diversos proyectos ligados a la implementación de centros biorremediadores de áreas y suelos que se contaminaron por medio de la utilización de hidrocarburos, estableciendo como conclusión que los procedimientos ligados a la biorremediación usan autóctonos microorganismos pertenecientes a los suelos que se contaminaron utilizando mecanismos de bioaumentación los mismos que poseen diversas

modalidades de tratamiento por medio de biopilas, en la cual se optimizan los parámetros a nivel de planta piloto en los análisis de tratabilidad.

Leyton (2020) mediante su trabajo sometido al análisis resalta la importancia de estudiar la herramienta de biorremediación de aguas y suelos que resultaron perjudicados por la contaminación de hidrocarburos, con la finalidad de lograr remover los componentes que promovieron la contaminación, estableciendo como conclusión en que la mencionada técnica aplicando microorganismos o plantas ha demostrado ser efectiva en muchos episodios de contaminación por hidrocarburos, sin embargo, no es posible estandarizar una técnica o procedimiento específico ya que los resultados varían de acuerdo a variables como el tipo de contaminante o de hidrocarburo (de cadena corta o de cadena larga), la cantidad derramada, lugar del derrame y factores propios del sector, como el clima, la geografía, el entorno social, tipo de suelo entre otros.

Ugaz et al. (2020) mediante su estudio realizado analiza la influencia dada por medio de biosurfactantes en el entorno de la biorremediación de zonas, áreas y suelos que resultaron perjudicados por la contaminación de hidrocarburos, con la finalidad de establecer el nivel de rendimiento de surfactantes que se generan a través de *Pseudomonas spp*, las mismas que degradan los hidrocarburos que derivan de las actividades petroleras, se logró recolectar algunas evidencias de los *Pseudomonas spp* y muestras de suelo que resultaron perjudicados por la contaminación y se calificaron como degradadoras al utilizarse los componentes derivados del petróleo para efectos de energía y fuentes de carbono. Asimismo, las bacterias que producen surfactantes fueron debidamente seleccionadas por medio de los mecanismos de prueba dispersando gotas en el ámbito salino de Davis la cual como fuente de carbono estuvo compuesta con 1% de glicerol y a través de las 3 bacterias que lograron alcanzar el diámetro mayor en la respectiva emulsión se estableció el nivel de rendimiento. Por otra parte, es importante resaltar que en el suelo por medio del HTP equivalente a 22 900 mg g⁻¹ pudo

obtenerse 78 aislados relacionados con *Pseudomonas* spp., de los mismos un 84,62% usó los derivados del petróleo como principales fuentes de energía y carbono en un intervalo de 24-96 horas. Asimismo, se evidenció que un 92,42% de las mencionadas bacterias produjeron un biosurfactante que se evidenció debido a las diversas emulsiones ligadas a los derivados del petróleo crudo liviano, los mismos que contaban con cierto diámetro equivalente a 10-30 μm . Cuando se concentran surfactantes que se generan a través de *Pseudomonas* spp, resultó 1,0-1,5 gL^{-1} , la misma que mostró un 35% de rendimiento (*Pseudomonas* sp. 2HI), es importante resaltar que mostró un 31% (*Pseudomonas* sp. 8JU) y se evidenció hasta un 19% (*Pseudomonas* sp. 4CF), demostrándose que cuando se produce surfactantes a través de *Pseudomonas* spp, componentes que degradan el petróleo, y otros relacionados con la remediación de áreas contaminadas.

Vizueté et al. (2020) quienes mediante su trabajo de investigación resalta la importancia de analizar los aspectos de la biorremediación de suelos que resultaron ser perjudicados por la contaminación de hidrocarburos basados por diferentes tipos de bacterias que son usadas como bioproductos, con la finalidad de establecer las competencias necesarias para lograr la biodegradación de hidrocarburos basándose en bacterias nativas las mismas que se aíslan de los suelos y áreas contaminadas mediante el petróleo. La labor realizada es de tipo exploratorio, asimismo se optó por respetar el enfoque cuantitativo, se utilizó 81 bacterias aisladas tomando como punto de partida los suelos y áreas contaminadas mediante el petróleo. Por otra parte, los parámetros que se sometieron a medición fueron el diámetro en el cual creció la colonia de bacterias y como se formó el halo degradado, estableciendo como conclusión que al utilizar el bioproducto basándose en bacterias para implementar los diversos programas relacionados con la biorremediación ex situ o in situ para recuperar suelos y áreas contaminadas mediante hidrocarburos.

Según Flores y Mendoza (2017) mediante su trabajo de tesis realizado analiza los aspectos de la biorremediación de suelo que fue perjudicado mediante la contaminación de diversos tipos de hidrocarburos generado por el derramamiento del centro de servicio ubicado en Guarumales-Celec, con la finalidad de establecer a través de las labores que permitieron analizar los resultados de la estadística cual es la forma más adecuada para lograr el alcance de la biorremediación de la zona o suelo que fue afectado por la contaminación de hidrocarburos, estableciendo como conclusión que en lo que respecta a microorganismos debe entenderse como una parte fundamental para reducir la HTP de los suelos, tal como resulta evidente en el constante aumento de ciertos microorganismos del lineamiento base que muestra $5,81E+6$ UFC/gr, y alcanza aproximadamente $3.24E+7$ UFC/gr mediante el Tratamiento 1.

Asimismo, Garzón et al. (2017) quienes mediante su trabajo sometido al análisis indica la importancia de los aportes que brinda la biorremediación como alternativa de solución de las situaciones problemáticas para zonas contaminadas y la forma en que se vincula con el ámbito del desarrollo sostenible, la labor realizada fue descriptiva, estableciendo como conclusión que los diversos beneficios que generan las innovadoras tecnologías correspondientes a la biorremediación, muestra diferentes dificultades cuando se aplican en vista a las restricciones que se imponen por la variabilidad del ambiente y del sustrato, el limitado potencial de biodegradación, así como la viabilidad de diversos microorganismos que sean de origen natural, etc.

1.4.2. Antecedentes nacionales

Por su parte, Pimentel (2021) mediante el trabajo de tesis elaborado, señala la importancia de que se apliquen actividades sostenibles en áreas, suelos y zonas perjudicadas por la contaminación de hidrocarburos generados por talleres dedicadas a la mecánica durante el periodo 2019 en Chilca, con la finalidad de establecer el efecto de humectación, aireación y laboreo con la correspondiente adición de enmienda al concentrarse diversos hidrocarburos que

derivan de la actividad petrolera y las físico químicas propiedades de las áreas contaminadas en la localidad distrital de Chilca, estableciendo como conclusión que en lo que respecta a los suelos perjudicados por la contaminación de HTP, luego de que se aplique la humectación, aireación y laboreo mediante la adición orgánica de enmienda, redujo la concentración logrando alcanzar aproximadamente $5\,358.772\ \mu\text{g/g}$, el cual es menor a lo que se planteó inicialmente por $43\,386.7\ \mu\text{g/g}$, lo cual se interpreta como una disminución de 88 %.

Por otra parte, Chang (2020) mediante su trabajo sometido al análisis, resalta la importancia de la biorremediación de los diversos tipos de suelos que fueron perjudicados por la contaminación de hidrocarburos mediados por los respectivos *Pseudomonas spp.* Por medio de biorreactores, con la finalidad de establecer una evaluación de los efectos que causan que al aplicarse los mencionados *Pseudomonas spp.*, en distintas dosis en áreas en los cuales se contaminan a través de hidrocarburos, con la meta principal de lograr biorremediarlo. Del análisis realizado se pudo establecer como conclusión lo siguiente: Cuando se agrega cierto microorganismo como es el caso de una *Pseudomona spp.*, la misma que suele encontrarse en la misma área del suelo que fue perjudicado por medio de la contaminación, ofrece un proceso mejorado en el cual se degrada el hidrocarburo de petróleo. Es importante resaltar que suelo por medio del elemento contaminante con el cual se laboró presentó cierta textura, arenosa, franco arcillo, asimismo un pH equivalente de 6 y 25% en lo que respecta a la humedad. Se evidenció colonias relacionadas con las *Pseudomonas spp.*, las mismas que se redujeron conforme pasó el tiempo y ello se notó en diversos tratamientos en los cuales se aprecia una eficiencia mayor de degradación ligado a distintos hidrocarburos petroleros, lo cual supone que ante una presencia menor de hidrocarburos o ante una biodisponibilidad menor de la misma, entonces habrá una menor cantidad de presencia de las formadoras de las distintas colonias relacionadas con *Pseudomonas spp.*

Según Rangel (2020) mediante su trabajo de investigación, resaltó la importancia de caracterizar las áreas contaminadas por medio de los hidrocarburos evidenciados en el país, con la finalidad de establecer una serie de análisis de los procesos e los cuales se caracterizan las áreas contaminadas, estableciendo como conclusión de que las fuentes de mayor importancia de contaminación petrolera así como los más comunes contaminantes resultan ser los siguientes: el agua que se produce (materiales radioactivos, metales, sales, hidrocarburos de petróleo), petróleo crudo (metales, hidrocarburo petrolero); lodos de perforación (sulfato, bario); y químicos que se usan al operar y realizar actividades de mantenimiento (biosidas, ácido clorhídrico). Las ubicaciones del suelo contaminado producido por el constante derramamiento petrolero o agua que se produce en la zona conteniendo aguas subterráneas altamente expuestas a la contaminación, las sales, metales, así como los hidrocarburos petroleros se absorben en el suelo y se mueven con las aguas subterráneas para que se introduzcan en los respectivos acuíferos y también en la gradiente debajo de aguas superficiales.

Asimismo, Pisfil (2019) mediante su labor realizada, resalta la importancia de la remediación de suelos que se encuentran sujetos a contaminación en actividades de perforación dadas en la selva y noroeste, con la finalidad de lograr la identificación de distintas tecnologías que posean un nivel aceptable de eficacia para remediar los acuíferos y suelos perjudicados por la contaminación de hidrocarburos dados en el país, estableciendo como conclusión que en los respectivos tratamientos in-situ y ex-situ se consideran una alternativa eficaz para que se consiga la degradación de los contaminantes en el cual se evidenció un mejor resultado en los ex-situ en vista que se controló de una mejor manera las variables, es un costoso tratamiento causado al transportarse desde la zona contaminada a la que corresponda al tratamiento, en cambio, se recomienda más la utilización del in situ en vista que se ejecutan en suelos

permeables al evidenciarse la afectación superficial de los horizontes por medio de la contaminación.

Por su parte, Bustamante y Silva (2019) mediante su trabajo de investigación realizado señala el efecto que tiene la respectiva materia orgánica en relación al ámbito de la biorremediación del área, suelo y zona contaminada por medio de hidrocarburos petroleros en los centros de servicios dedicados a reparar unidades vehiculares terrestres, estableciendo como conclusión que el compost y la cachaza de caña de azúcar pudo acelerar el ámbito de biorremediación del área y suelo que fue perjudicado por la contaminación de hidrocarburos petroleros logrando alcanzar un reducido nivel de toxicidad en 90 días por compost y 60 días con la cachaza, asimismo en cuánto resultó eficiente la aplicación de la biorremediación en zonas mediante la cachaza resultó ser 70%

Por otra parte, Obispo y Ramos (2019) mediante su trabajo de investigación considera importante aplicar la biorremediación a través de la utilización de la *Auricularia sp* aplicado en terrenos agrícolas perjudicados por la contaminación petrolera y el análisis de las fracciones 2 y 3 correspondiente al hidrocarburo, la misma que se desarrolla en la Universidad Nacional del Callao, con la finalidad de lograr la evaluación del efecto de lo que se aplique en los procedimientos de remediación, precisamente a través del hongo *Auricularia sp* aplicado en terrenos agrícolas que resultaron perjudicados por la contaminación petrolera luego del análisis de fracciones 2 y 3 con respecto a hidrocarburos según los parámetros establecidos por el laboratorio ambiental de microbiología de la facultad de recursos naturales e ingeniería ambiental de la mencionada universidad, razón por la cual se establece como conclusión que tanto para F2 y F3 se estudió desde el inicio y después de que transcurrieron (14) semanas de los procedimientos de biorremediación, de la totalidad del tratamiento.

Cabe resaltar que en base a los resultados se estableció que al presenciarse *Auricularia sp* mostró cierta efectividad al degradarse el petróleo, reduciendo significativamente la

concentración que corresponda a F2 y F3 petrolera aproximadamente en 64,2% y 51,2%, asimismo, el T1 y 47,3% y 36,7%, en T3.

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación metodológica

Se encuentra justificado desde el punto de vista metodológico en vista que se utilizará como material de análisis y sea tomado como referencia para otras personas que realicen las investigaciones referentes a la biorremediación en los suelos contaminados con hidrocarburo y la influencia existente entre las variables señaladas. Finalmente, la metodología y herramientas utilizadas al realizar la labor investigativa demostrando la confiabilidad y validez, las mismas que serán aplicables en diversas labores investigativas que sean de tipo correlacional.

1.5.2. Justificación práctica.

La justificación es practica porque en la actualidad, debido a la contaminación por hidrocarburos en los suelos afectados por la contaminación por fugas o derramamiento de hidrocarburos en zonas petroleras ubicadas en la selva peruana, ocasionan impactos ambientales negativos y generan diversos pasivos de características ambientales, las mismas que poseen cierta complejidad y dificulta su tratamiento por sus particularidades químicas, físicas, altos costos de remediación y control, razón por la cual es indispensable establecer una metodología alterna de tratabilidad para generar un alivio a dicha situación problemática, por ello se determina que se realice el tratamiento que será más efectivo para reducir o eliminar la contaminación de áreas y suelos perjudicados por la contaminación de hidrocarburos (Valores de TPH), siendo de aplicación y recomendado para este caso, el método combinando de Landfarming (ex situ) con aplicación de los procedimientos que correspondan a la Biorremediación.

1.5.3. Justificación teórica.

Los resultados que se obtendrán señalan que el método utilizado es un mecanismo económico y ambiental viable para recuperar áreas y suelos perjudicados por la contaminación de hidrocarburos (derrames o fugas), las mismas que se favorecen con la aplicación en terrenos arenosos y en pleno derrame del hidrocarburo bajo una corta cadena.

1.6 Limitaciones de la investigación

Una de las limitaciones más importantes son los escasos antecedentes internacionales de posgrado en relación a las variables planteadas.

Es importante resaltar el factor tiempo en vista que según la zona geográfica que delimitó la situación problemática, mostraba una relevante distancia, las limitaciones señaladas se encuentran representadas por la colaboración y disponibilidad de la persona que realizó la investigación.

1.7 Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo general

Establecer como la remediación influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.

1.7.2. Objetivos específicos

- Establecer como la biorremediación (in situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, atenuando el impacto ambiental, año 2021.
- Determinar como el landfarming (ex situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, atenuando el impacto ambiental, año 2021.

1.8 Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Existe influencia significativa en la aplicación de la remediación en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.

1.8.2. Hipótesis específicas

- La biorremediación (in situ) influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y en el impacto ambiental, año 2021.
- El landfarming (ex situ) influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y en el impacto ambiental, año 2021.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1. *Derrame de hidrocarburos.*

Es cuando un hidrocarburo se escapa, se genera por motivos imprevistos o por causas de la misma naturaleza, hacia suelos y diversidad de cuerpos de agua (Pisfil, 2019).

Esta situación, será desarrollada más adelante donde se expondrá, como estos incidentes, afectan los ecosistemas y medio ambiente en nuestra Amazonía.

2.1.2. *Contaminación.*

Se da cuando se evidencia en el medio ambiente energía, elementos, sustancias o la mezcla de los mismos en altas concentraciones, asimismo permaneciendo en forma superior o inferior a lo señalado por la ley que se encuentre en vigencia. (Pisfil, 2019).

2.1.3. *Remediación*

Precisamente el mencionado término no se encuentra en los diccionarios relacionados con la Lengua Española, debido a ello, no se incluyó en la misma ley, se tiene conocimiento que dicha expresión es producto del término remediation el mismo que en otros países como Canadá, EEUU y diversos países que manejan el lenguaje inglés está referida a las acciones de limpieza de sectores contaminados (Castillo, 2009).

La expresión que si se evidencia es el verbo remediar, la misma que se define como dar remedio al daño; enmendar o corregir cierta cosa; socorriendo a la urgencia y necesidad, separar, apartar, librar del riesgo, evitando que ocurra algo que derive en una molestia o daño, tomando en consideración los problemas ambientales, la mencionada expresión fomenta la búsqueda de que se detecte alteraciones del medio ambiente por actividades de productos que contaminan.

Por medio del trabajo realizado con el objetivo de asegurar la evaluación de los niveles de eficacia de diversas herramientas dadas en la remediación (Biorremediación y

Landfarming) en áreas, suelos y sectores perjudicados por la contaminación de hidrocarburos petroleros, los mismos que se desarrollan considerando que se aplique el criterio de microbiología e ingeniería.

Con la finalidad de mejorar el asunto, la labor suele incluir las definiciones teóricas y técnicas que se relacionan con el suelo, área y zona receptora de los comportamientos, propiedades, productos contaminantes e hidrocarburos en el mencionado ecosistema, los distintos mecanismos de remediación, normas nacionales del ambiente y conjunción de la totalidad de los factores que se apliquen al caso práctico.

2.1.4. Biorremediación

Por medio de la historia, se tiene en claro que la biorremediación está consolidada como una herramienta tecnológica o una agrupación de las mismas, que aplica agentes biológicos con la finalidad de reducir los contaminantes que se dan en un determinado ambiente. En el entorno actual, al aplicarse la definición de biorremediación, a pesar de la existencia de distintas nociones que no soluciona la comunidad científica por medio del prometedor discurso en el ámbito gubernamental (Chiriví et al., 2019).

Asimismo, se entiende como biorremediación a la herramienta para recuperar los suelos y zonas perjudicadas por la contaminación de una manera práctica, puesto que utilizan los microorganismos que habitan tanto en el suelo como en el subsuelo (Jiménez, 2020).

La biorremediación se entiende como una tecnología que se basa en el uso de determinados agentes biológicos (plantas y microorganismos), así como el degradador potencial para la eliminación de ciertos contaminantes del medio, a través de que se transforme maneras menos tóxicas y garantizando que se alcance la producción y mineralización, de H₂O y CO₂ y las fuentes alimenticias que da sustento al crecimiento y desarrollo. (Hernández y Gutiérrez, 2021).

Asimismo, la biorremediación es la agrupación de innovadoras tecnologías que se basan en el uso de ciertos organismos vivos, tales como bacterias, hongos, algas con el objetivo de que pueda transformarse, degradarse, absorberse los contaminantes y puedan ser retirados del entorno.

Por medio de los procedimientos naturales se resalta la conversión de las moléculas orgánicas en otras de una reducida toxicidad y tamaño debido a que se presentan determinados microorganismos, el mencionado procedimiento se conoce comúnmente como biodegradación. Es importante resaltar la lentitud de una degradación natural debido a que se incorporan plantas o microorganismos en el sitio que resultó perjudicado por la contaminación, dicho proceso se conoce como biorremediación, lo cual se encarga de neutralizar, reducir, eliminar los contaminantes en agua y suelo por medio de ciertos organismos vivos.

En determinadas ocasiones, la biorremediación utiliza los microorganismos, comúnmente con específicas cepas de bacterias u hongos. Con la constante evolución tecnológica se logró el mejoramiento genético de diferentes plantas, algas y organismos para conseguir de esa manera la optimización de los procedimientos de biorremediación (Simbaña, 2016).

Según Álvarez (2009) indica que debe entenderse por Biorremediación como un procedimiento de características biológicas, a través del cual ciertos microorganismos poseen la capacidad de modificar degradables componentes (aromáticos y saturados cuando se refiere al crudo) para componentes tipo H₂O, CO₂ y microbiana biomasa, etc, que puedan favorecer una detoxificación de la zona impactada por determinados desechos orgánicos (aceites gastados, ripio base aceite, derramamiento de crudo, combustible, etc.).

Se considera que la biorremediación nace producto de la biotecnología, la misma que se califica como una herramienta tecnológica que utiliza componentes de la biología, puesto que es una enzima u organismo con la meta principal de solucionar situaciones problemáticas

ligadas a los contaminantes a través de ciertos microorganismos que puedan degradar componentes que puedan desequilibrar el medio ambiente (Pisfil, 2019, p. 5).

La biorremediación es utilizar determinados organismos de la naturaleza con la finalidad de lograr degradar hidrocarburos como un esencial parte metabólico, esta metodología toma en consideración el medio ambiente debido a que no utiliza elementos químicos que desencadenen distintos tipos de reacciones adversas, no causan subproductos. Los mencionados organismos que más suelen utilizarse resultan ser los hongos, plantas y bacterias, se ha reportado una estadística eficiente de remoción de hidrocarburos que superan el 60% (Leyton, 2020).

El ámbito en el cual se aplica resulta ser muy variado, se toma en cuenta como meta los diversos estados de la materia según Pisfil (2019):

- Sólido: mediante la aplicación acerca de los medios que resultaron perjudicadas por la contaminación tales como sedimentos o suelos, o residuos, lodos, otros.
- Líquido: Aguas residuales, subterráneas, superficiales, gases.
- Emisiones industriales, tales como los componentes que derivan del tratamiento de sueños y aguas.

Las tecnologías que se conocen como land application, , land treatment y landfarming representan metodologías de remediación de hidrocarburos petroleros por medio de la biodegradación (Castillo, 2009).

2.1.5. Métodos de biorremediación

Tomando en consideración a Suarez (2013), la Biorremediación es aplicable a diversos procesos o sistemas en las cuales se utilicen metodologías biológicas para realizar la transformación de elementos que causaron la contaminación en las aguas o en el suelo, asimismo, la biorrecuperación se realiza se la siguiente manera:

- In Situ: excavación del área o terreno y darle el respectivo tratamiento a pie de excavación.
- Ex Situ: En zonas aparte de la ubicación del proceso, es el resultante de que se valore las características y variables del contaminante o zona a tratar.

2.1.6. Biorremediación (in situ)

Es importante señalar que la biorremediación es una metodología correspondiente a las actividades de remediación; siendo una de las más usadas en nuestra amazonia.

Esta modalidad de tratamiento resulta ser la alternativa más adecuada y utilizada para que se recupere los suelos, en vista que no es indispensable la excavación y preparación de los elementos que resultaron altamente contaminadas pero que se someten a valoración los factores numerosos en los cuales resaltan las labores industriales o el impacto del medio ambiente, las mismas que terminan afectadas. El costo operativo a comparación de distintos tratamientos.

Lo difícil que resulta contar con una mayor accesibilidad al área perjudicada por la contaminación para proveer de nutrientes y oxígeno, determinar el valor porcentual del tratamiento, la agilidad del procedimiento, el peligro potencial de que se extienda la contaminación, asimismo, la importancia de que una Biorremediación “In Situ” que corresponda al área o suelos podrá dividirse de 2 maneras: tratamiento de componentes volátiles y semi-volátiles, asimismo los que se consideren como no volátiles (Suárez, 2013).

2.1.7. Biorremediación (ex situ)

Se distinguen los siguientes tratamientos, cuando los procesos son realizados en una ubicación distinta a donde se perpetró la contaminación por alguna fuga o derrame: Landfarming, que es otro método de remediación, y las Biopilas que se consideran como una biorrecuperación dada de manera sólida; lo que diferencia fundamental entre ellas es la aireación. Cabe señalar que el Landfarming se da básicamente para el tratamiento de las capas

de suelo que sean de una menor profundidad, por otra parte, en lo que respecta a Biopilas es necesario que se forme apilamientos relevantes de componentes degradables.

Para lo que respecta al tratamiento con el Biorreactor, inicialmente se realiza la excavación de los componentes que fueron perjudicados por la contaminación para el respectivo traslado al reactor, la particularidad de dicha metodología es suspender en un medio acuoso del suelo perjudicado por la contaminación, lo cual quiere decir que dicha actividad se ejecuta según lo señalado por la saturación del agua. (Suarez, 2013).

Tomando en cuenta lo señalad por medio de Chang (2020) mediante su trabajo de investigación resalta la importancia de la Biorremediación de zonas contaminadas mediante hidrocarburos mediados por *Pseudomonas spp* dado en diversos biorreactores, estableciéndose como conclusión que cuando se adicionan ciertos microorganismos tal como es el caso de una *Pseudomona spp.*, la misma que puede ubicarse en la misma área o suelo perjudicado por la contaminación, ofrece mejoras a los procedimientos de la degradación por hidrocarburos petroleros, el área presentaba cierta textura, arenosa, con una humedad del 25%. y un pH de 6. Asimismo, los componentes de *Pseudomonas spp.* se redujeron de acuerdo al avance del tiempo, la misma que se pudo apreciar en los diversos tratamientos que presentan una eficiencia mayor en relación a la degradación de hidrocarburos petroleros, lo cual supone una presencia menor de hidrocarburos petroleros, así como una reducida biodisponibilidad de la misma, entonces se evidenciará una presencia menor de las unidades formadoras de las diversas colonias correspondientes a *Pseudomonas spp.*

2.1.8. Factores que condicionan la biorremediación de un suelo

- Medio ambientales: son indispensables para brindar las óptimas condiciones para que los microorganismos crezcan y ejecuten las acciones necesarias para recuperar los suelos.
 - Nutrientes

- Oxígeno
- Humedad
- Temperatura
- pH
- Microbiológicos:
 - Transformar biológicamente los componentes orgánicos (Pisfil, 2019).
- Químicos: propiedades físicas y químicas, así como la capacidad de lo que contamina con la finalidad de que pueda biodegradarse.
 - Estructura molecular del componente que contamina.
- Físicos.
 - Aceptor de electrones (oxígeno)
 - Presencia de agua
 - Biodisponibilidad

2.1.9. Ventajas y desventajas de la biorremediación.

2.1.9.1 Ventajas. Representa ser un mecanismo tecnológico poco invasivo y no necesita mecánicos o estructurales componentes que represente una situación amenazante para el entorno. Es viable económicamente y al tratarse de procedimientos naturales la opinión general termina aceptándola.

En cambio, los tratamientos químicos y físicos se basan en la transferencia de la contaminación entre lo sólido, líquido y gaseoso en el ámbito de la Biorremediación logra transferirse escasa contaminación desde un entorno a otro (Suarez, 2013).

2.1.9.2 Desventajas. Cuando una biodegradación no se encuentra completada causa inaceptables intermediarios metabólicos, con superiores o similares poderes contaminantes al producto inicial y diversos componentes contaminantes que resultan ser resistentes inhibiendo

la biorremediación, resulta poco factible determinar el tiempo necesario para un seguimiento y adecuado procedimiento, así como lograr controlar su velocidad (Suarez, 2013).

2.1.10. Microrremediación.

Generalmente se da mediante la utilización de hongos que permitirán la descontaminación de la zona, esta modalidad de biorremediación está basado en la descomponedora y metabólica capacidad que un hongo posee, los mismos que evidencian producción de extracelulares enzimas y diversidad de ácidos que se aplican para la degradación de la celulosa y lignina, las mencionadas estructuras tienen cierta similitud a las de otro tipo de contaminantes, resulta primordial establecer la identificación de la cepa que más convenga según el tipo de contaminante que se estime someter a tratamiento (Simbaña, 2016).

2.1.11. Bacterias.

Se define como la agrupación de organismos en un suelo, en ella se ubican heterogéneas comunidades en las cuales laboran de manera conjunta como degradadores agentes primarios y secundarios (Obispo y Ramos, 2019).

2.1.12. Degradación enzimática

Se refiere a suprimir componentes tóxicos por el uso de determinadas enzimas en un área perjudicada por la contaminación, las mismas que se producen por los componentes que genéticamente se modificaron, las enzimas son proteicos y pueden catalizar reacciones (Simbaña, 2016)

2.1.13. Landfarming o tratamiento superficial en tierra

El landfarming es una importante herramienta de la remediación, y que consiste en un controlado vertido de hidrocarburos aplicados en una determinada zona, la misma que se someterá a procedimientos para remover el suelo, a través de un riego superficial y arado del suelo, agregando además diversos tipos de fertilizantes, con la probabilidad de que se adicionen ciertos microorganismos (Castillo, 2009).

Es una herramienta que se aplica para reducir y tratar fangos aceitosos generados por la refinería, reducir hidrocarburos, tratamientos, otros, aprovechando al máximo la capacidad de biodegradar el contaminante dispersándolo en una determinada superficie del área dispuesta para dicha finalidad (Flores y Mendoza, 2017).

Es importante indicar que la técnica de Landfarming puede ser aplicada dentro del área afectada (in situ) o fuera del área afectada (ex situ).

Según Jiménez (2020) señala que la técnica de remediación (biorremediación) es la que más se aplica en terrenos perjudicados por la contaminación de hidrocarburos, en donde los componentes tóxicos son metabolizados por diversos microorganismos, convirtiéndolos en H₂O y anhídrido carbónico. Debe controlarse los factores de humedad, puesto que debe poseer un valor porcentual equivalente al 50-60 %, si es que dichos indicadores son menores entonces aumentará el tiempo en que deberá tratarse en vista a la reducida actividad microbiana.

Una variable de vital importancia para controlar resulta ser la aireación, debido a que posee tendencia a voltear la zona del suelo hasta por 3 ocasiones a la semana, la valoración de pH se muestra bajo un rango equivalente a 6-8, con 37 a 50°C de temperatura y una correcta cantidad de nutrientes con la finalidad de que se produzca un nivel máximo de degradación dada por la microbiana actividad.

Al aplicar el Landfarming se procede a la construcción de celdas donde se ubican las áreas o suelos que se someterán a tratamiento preparándolo mediante insumos una acuosa solución, humedeciendo la mencionada mezcla mediante una adecuada aireación, apenas se termine el procedimiento de biorremediación, la zona o suelo que se extrae se coloca en el sitio de origen (Simbaña, 2016).

Asimismo, es importante señalar que el landfarming se refiere a una microbiana bioestimulación las mismas que fomentan la utilización de hidrocarburos para que sean las principales fuentes de energía, logrando de esta manera que se degraden, el landfarming posee

ligera dependencia de las particularidades de la condición climática, constituyentes y suelo. (Jiménez, 2020).

2.1.14. Otras Actividades de Remediación

2.1.14.1. Biopilas. También suele conocerse como bioceldas, consiste en un tratamiento dado para conseguir la biorrecuperación no saturadas, reduciendo el grado en que se concentró el contaminante petrolero en geografías excavadas a través de la utilización de la biodegradación tomando como punto de partida las labores para construir un cerrado sistema que permita establecer un control volátil, de hidrocarburos y lixiviados así como determinadas variables suministrando oxígeno y nutrientes por medio de la pila que se encuentre en el suelo.

La mencionada técnica consiste en formar pilar conforme a los componentes biodegradables que posean variables dimensiones que se formen por la geografía contaminada, así como por el compost o materia orgánica en un escenario que lo favorezca para que se pueda desarrollar los procedimientos para biodegradar los contaminantes (Suarez, 2013).

2.1.14.2. Biorreactor. El proceso consiste en excavar el área contaminada y posteriormente ingresarlo a un reactor adicionando una serie de cultivos microbianos, agua y nutrientes con la finalidad de que pueda ejecutarse la correspondiente degradación. Debe realizarse adecuadamente la mezcla luego aireando la respectiva suspensión hasta que las modificaciones de los seleccionados compuestos eliminen lo que se desea eliminar, luego se detendrá la aireación y mezclado dejando a lo sólido que realice su separación de los diversos fluidos dados por la misma sedimentación (Suarez, 2013).

2.1.14.3. La Fitorremediación. Representa una serie de variaciones que corresponden a las técnicas ligadas a la biorremediación, la misma que se encuentra basada en la utilización de plantaciones verdes y determinados microorganismos que se asocian a la misma, tal es el caso de las agronómicas técnicas y enmiendas del suelo y otros direccionados a la transformación contención y liberación de componentes inocuos a componentes que

generan la contaminación del suelo, la definición de fitorremediación está asociada a la utilización de plantaciones con la capacidad de lograr bioconcentrar inusuales niveles de la diversidad de metales en los tejidos. Mayormente se constituyen por plantaciones herbáceas pequeñas las mismas que suelen desarrollarse en naturales áreas metalúrgicas e inclusive en depósitos, asimismo es importante resaltar que una fitorremediación conforma los procedimientos orientados a la liberación del contaminante que corresponda a la matriz de la zona, del suelo, es decir la descontaminación, y los que tienen a cargo el secuestro en la mencionada matriz (Suarez, 2013).

Asimismo, la fitorremediación suele emplear plantas con la finalidad de asegurar la reducción de contaminantes, representa una alternativa estratégica analizada en forma relevante en vista a la capacidad de diversas vegetaciones para garantizar la acumulación de concentraciones elevadas de elementos tóxicos, tales como los compuestos orgánicos, radioactivos, metales pesados, la importancia de la ventaja de los procedimientos de la fitorremediación basado a diferentes procedimientos es por el reducido costo y la eficiencia de los procedimientos degradativos (Simbaña, 2016).

2.1.14.4. Bioventing. Inyección de nutrientes y oxígeno en áreas que no se encuentran debidamente saturadas por medio de diversos pozos con la finalidad de fomentar la estimulación de labores microbianas, la mencionada técnica posee una aceptable reputación cuando se restauran suelos y áreas perjudicadas por la contaminación generado por hidrocarburos de características ligeras (Chiriví et al., 2019).

2.1.14.5. Biosparging. Inyección nutrientes y oxígeno en áreas saturadas con la finalidad de fomentar la estimulación del crecimiento y actividad microbiana, la mencionada técnica es utilizada para degradar los componentes orgánicos en aguas sub-terráneas y el suelo, distribuye los componentes orgánicos de características volátiles en áreas no saturadas (Chiriví et al., 2019).

2.1.14.6. Atenuación natural. A pesar de que no se considere como una herramienta para descontaminar, se encuentra englobada en la mecánica relacionada con la remediación “In Situ”, una de sus principales particularidades es el uso de los procedimientos fisicoquímicos de interacción suelo – contaminante, asimismo los que se vinculan con la biodegradación con los que cuenta el medio, los mencionados procedimientos son conocidos comúnmente como una natural biotransformación (Suarez, 2013).

2.1.15. Los Suelos y sus características

Como se mencionó anteriormente, el nivel de contaminación generado por el constante derramamiento de petróleo o hidrocarburos en suelos, depende mucho de la calidad del suelo (área del derrame); al respecto se tienen las siguientes definiciones:

2.1.15.1. Suelos. Según Pisfil, lo define como una porosidad formada en la zona terrestre a través de los procedimientos de meteorización en un determinado periodo largo de tiempo, aportado por la diversidad de fenómenos hidrológicos, geológicos y biológicos.

Se considera al suelo como un mecanismo biogeoquímicos abierto y multicomponente, los mismos que se encuentran sometidos a determinados flujos de energía y masa con la hidrósfera, biósfera y atmósfera, asimismo, es importante señalar que la composición posee una alta variabilidad y se modifica con el transcurrir del tiempo (Pisfil, 2019).

2.1.15.2. Subsuelo. Es el terreno que está ubicado por debajo de la superficie del suelo (Pisfil, 2019).

2.1.15.3. Suelo y la materia orgánica. La materia orgánica de la cual un determinado suelo se encuentra conformado, se considera como fuente de energía y carbono para todo microorganismos, con mayor énfasis a los denominados como heterótrofos (incluyendo la totalidad de hongos y animales, diversas protistas y bacterias y diversidad de plantaciones parásitas), asimismo es importante resaltar que la materia orgánica se encuentra

direccionada principalmente a 2 finalidades, las mismas que son el brindar cierta energía para suministrar el carbono y proliferarlo para que se forme de material celular.

En el instante en que la materia orgánica se incorpora a un suelo, entonces está generando varios hechos tales como el desencadenamiento de reducidos productos, variaciones declinantes de O₂.

En la misma forma, la temperatura y la humedad poseen cierta intervención en lo que contiene la materia orgánica hallada en un determinado suelo.

El procedimiento de secado y humedecimiento impulsa que se favorezca a que el dióxido de carbono evolucione generando que se rompan los agregados que correspondan al suelo y se libere materia orgánica, asimismo influye el arado sobre la humedad, por ello es entendible que los suelos que fueron arados poseen una cantidad menor de carbono a comparación de los que no fueron arados, perjudicando de esa manera la diversidad de procesos.

2.1.16. Clasificación de los suelos

Tomando en consideración lo señalado por medio de Simbaña (2016) se clasifican en las siguientes:

- **Suelos arenosos:** se encuentra conformado por arena, poseen aproximadamente 0,02 a 2 milímetros de diámetro, los mencionados suelos poseen la particularidad de contar con una elevada porosidad y una reducida materia orgánica.
- **Suelos calizos:** muestra una cantidad relevante de sales, las mismas que causan una blanca coloración, son secos y áridos, asimismo poseen la particularidad de que se secan de manera rápida, no retienen oligoelementos, se la misma manera que los terrenos considerados arenosos debido a sus hostiles particularidades no resultan ser aptos para el sector de la agricultura.

- **Suelos humíferos:** Es considerada como tierra negra, muestra una coloración elevada correspondiente a la materia orgánica, retiene agua, debido a que son calificados como cultivables.
- **Suelos arcillosos:** los suelos se encuentran conformados por diversidad de granos amarillos, poseen una reducida porosidad debido a que existen charcos en los mencionados suelos, para que sea útil para el cultivo dependerá del nivel de mezcla aplicado en otra forma de suelo.
- **Suelos pedregosos:** se encuentra conformado por diversidad de tamaño de rocas, las mismas que no evidencia valor porcentual de materia orgánica, posee una retención escasa de agua por ello no resultan ser aptos para el ámbito del cultivo.
- **Suelos mixtos:** muestran combinadas particularidades entre suelos arcillosos y arenosos, alojan específicos microorganismos, son propias de zonas emergidas.

2.1.17. Pasivos Ambientales

Corresponde a los impactos o daños ambientales causados por una operadora al medio ambiente a lo largo de su historia, durante el desarrollo de una actividad normal o en caso de accidentes, y estos no han sido remediados ni compensados.

2.1.18. Sitios Contaminados

Está definida como el sector en el cual el agua subterránea, el suelo o los sedimentos poseen altas concentraciones de contaminantes que superan los genéricos límites (Eca en caso de suelo) en relación a los hidrocarburos, suelen basarse en situaciones riesgosas del ambiente o la salud en función a la utilización futura o actual.

Asimismo, al darse un escenario de contaminación de una zona o suelo mediante el petróleo se da generalmente producto de la explotación petrolera, en vista a que cuenta con un riesgo mayor de que se contamine el suelo debido a la misma actividad de la mencionada industria, tales como la comercialización, refinado, transporte, explotación, perforación.

Por otra parte, con respecto a los hidrocarburos presentes en el agua y en el suelo, representan una situación peligrosa para la vida que se encuentre presente en el entorno que resultó contaminado (Castillo et al., 2020).

Asimismo, puede observarse que las diversas afectaciones evidenciadas en el suelo viene a ser el constante crecimiento vegetal, en vista a cierta presión que se puede apreciar en oxígeno, el incremento de presión correspondiente a HC gaseosos, reducción del intercambio de gases que corresponden a la raíz, se reduce el intercambio para determinados nutrientes dados por la solución y el suelo debido a que se encapsulan agregados y como consecuencia generan una deficiencia marcada de nutrientes para el respectivo crecimiento vegetal (Obispo y Ramos, 2019).

La contaminación generada por la diversidad de hidrocarburos afecta a la humanidad y los recursos naturales, las consecuencias que provocan por motivos de zonas contaminadas varían en el tiempo y es difícil detectarse en forma inmediata, así como los potenciales efectos que aparecen con los años y se manifiestan en cierta magnitud.

Un suelo contaminado a nivel potencial se presenta en diferentes sitios y se encuentra relacionado a diversidad de factores, los suelos brindan el soporte necesario a determinadas industrias que producen plaguicidas, químicos, hidrocarburíferas, etc.

Los contaminantes que se evidencian en el suelo son de diversa índole, se consideran como sustancias riesgosas o dañinas para la salud ambiental y del ser humano (Simbaña, 2016).

La interacción del suelo con el hidrocarburo, pueden:

- Afectar la estructura del suelo debido a que se rompen ciertos agregados.
- Incremento de las retenciones líquidas.
- Potencia hídrica.
- Alterar el C orgánico.
- Variaciones del pH.

- Incremento de metales como Mn y Fe
- Incremento de P.

En la siguiente fotografía se observa la forma práctica y técnica de realizar la demarcación de un sitio contaminado para su posterior evaluación de la zona que resultó perjudicada por algún derrame.

2.1.19. Efectos perjudiciales

Según Álvarez (2009) los efectos perjudiciales que se producen por la contaminación de suelos principalmente son:

- Explosión y fuego.
- Envenenamiento por medio de Cadena Alimenticia.
- Envenenar por un directo contacto.
- Contaminar la Atmósfera dado por el viento, sublimación, evaporación, combustión.
- Contaminar las Aguas Superficiales por medio de las Escorrentías.
- Contaminar las Aguas Subterráneas por medio de Lixiviados.

2.1.20. Definiciones relacionadas con las Actividades de Hidrocarburos

2.1.20.1 Petróleo. Según Jiménez (2020) define al petróleo describiéndolo como un viscoso líquido, verdoso, negro o marrón, densidad que se comprende aproximadamente entre 0,66 g/ml y 0,9785 g/ml, representado por distintos hidrocarburos (naftalenos, aromáticos y parafinas).

La elemental composición petrolera resulta ser de 80-88% de carbono, 0-1% de oxígeno, 0.2-5% de azufre, 0-3% de nitrógeno y 10-15% de hidrógeno, pero el valor porcentual varía según el yacimiento (Jiménez, 2020).

Es importante señalar que durante la explotación del petróleo también hay presencia de cierto tipo de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio, plomo, entre otros), los mismos que resultan ser altamente contaminantes y muchos de ellos de origen cancerígenos, lo que hace al petróleo un compuesto peligroso y altamente contaminante para el medio ambiente, en los casos de fugas o derrames (Flores, 2018).

2.1.20.2. Hidrocarburos. Se define como componentes orgánicos que se forman por átomos de carbono e hidrógeno hallados en los componentes del diésel, gasolina, petróleo, y diversos combustibles, así como sustancias ampliamente usadas en prácticamente cualquier tipo de industria (Leyton, 2020).

Los hidrocarburos del petróleo son considerados como altamente tóxicos debido a su persistencia en el ambiente dada su naturaleza recalcitrante, lo que conlleva que su degradación resulte ser lenta y generalmente compleja. El uso excesivo y expansivo de este grupo de sustancias, incrementa el riesgo al medio ambiente por accidentes como fugas y derrames, generando diversas repercusiones en los ecosistemas (Leyton, 2020).

2.1.21. Clasificación de Hidrocarburos

Se encuentran conformadas por átomos de hidrógeno y carbono y evidencian una estructura como una especie de armazón en las cuales se logra ligar los átomos de hidrógeno, según lo señalado por los C-C, se divide en 2 tipos; hidrocarburos aromáticos y alifáticos (Simbaña, 2016).

2.1.21.1 Hidrocarburos aromáticos: poseen como particularidad los intensos olores que derivan del benceno, en vista a que se evidencia la cíclica estructura en la agrupación entera de las componentes aromáticas, asimismo es importante señalar que el benceno se muestra inestable en vista a la característica de disposición de 2 conjugados enlaces (Simbaña, 2016).

2.1.21.2. Hidrocarburos alifáticos: están formados por enlaces de hidrógeno y carbono, no muestra un aromático anillo, generando que se forme cadenas abiertas y cerradas, según el enlace c-c que se muestre, los mismos que pueden ser de cadena cíclica, alcanos, alquenos y alquinos (Simbaña, 2016).

2.1.21.3. Hidrocarburos alifático cíclicos se refiere a naftenos, ciclo-alcanos y ciclo-parafinas, constituye una proporción menor en lo que respecta al petróleo crudo, por otra parte, los que derivan del benceno pueden representar la más pesada fracción para que se fusionen entre ellos o se reemplacen por medio de las alifáticas cadenas (Simbaña, 2016).

2.1.21.4. Hidrocarburos Poli-cíclicos; Aromáticos que se conocen comúnmente como HAPs, se refieren a la amplitud agrupada de químicos complejos, poseen la particularidad de que se forman por átomos de hidrógeno y carbono, debidamente agrupadas mediante anillos conformados por 5 o 6 átomos de carbono (Simbaña, 2016).

Tabla 1

Densidad de derivados del petróleo

Densidades	kg/m ³	g/ml
Aceite	920	0.92
Gasolina	680	0.68
Diesel	850	0.85

Fuente: (Simbaña, 2016)

2.1.22. Contaminantes Orgánicos (Hidrocarburos)

Entre los principales contaminantes orgánicos sobresalen los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), hidrocarburos totales de petróleo TPH, los del grupo BTEX, etc. Asimismo, los que se relacionan con el TPH representan ser una combinación de productos químicos conformados por carbono e hidrógeno que se dividen en agrupaciones de hidrocarburos petroleros comportándose con similitud en el agua y suelo. Algunos componentes químicos se hallan en el TPH incluyendo el fluoreno, naftalina, xilenos, tolueno

benceno, aceites minerales, hexano, combustibles de aviones, así como determinados productos de la gasolina y petroleros.

Entre los BTEX están el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. Estos compuestos son algunos de los volátiles componentes orgánicos que se hallan en los derivados del petróleo como la gasolina y tienen efectos nocivos sobre el sistema nervioso central, además son conocidos debido a la contaminación de suelos y aguas subterráneas. Los fenoles son unos de los principales desechos de industrias petroquímicas (Álvarez, 2009).

Las filtraciones o derrames que corresponden a hidrocarburos básicamente suceden con las labores realizadas por diversas estaciones de servicio, los mencionados líquidos generalmente evidencian la migración al agua subterránea (área acuífera - saturada) suelo, subsuelo (zona vadosa) perjudicando las particularidades químicas y físicas del suelo, asimismo, a los componentes socioeconómicos, bióticos y abióticos, dicho derramamiento petrolero perturba determinados ecosistemas afectando el bioproceso y estructura en forma directa en la biota debido a que el contaminante está conformado por químicos de alta toxicidad dañando a los animales, plantas y seres humanos. (Pimentel, 2021).

2.1.23. Contaminantes inorgánicos

Resaltan los metales pesados las mismas que se clasifican en tóxicos debido a elevadas concentraciones: Cu, Zn, Mn, Fe, Cr y tóxicos de baja concentración: Cd, Hg, Pb, Ni, Se, y As (Álvarez, 2009).

2.1.24. Marco legal

2.1.24.1. Ley General del Ambiente N° 28611. Fue aprobado mediante la Ley N°28611, durante el periodo 2005. Mediante lo señalado por medio del art. IX, del Principio de Responsabilidad Ambiental, indica si es que una persona privada, pública, jurídica o natural sea quien causa alguna actividad para degradar el ambiente tendrá la obligación inexcusable de considerar ciertas medidas oportunas para reparar, rehabilitar o restaurar de corresponder o

de no ser factible, lograr alguna compensación ambiental por los daños que se causaron sin perjudicar algún sentido de responsabilidad penal, civil o administrativa (Obispo y Ramos, 2019).

2.1.24.2. Estándar de Calidad Ambiental para Suelos. Denominado también como ECA-Suelo, se aprobó a través del D.S. N° 011-2017-MINAM para utilización agrícola y suelo Industrial durante el periodo 2017.

Los ECA para suelo toman en consideración una referencia obligatoria para diseñar y aplicar las herramientas ambientales y se aplican a los diversos parámetros que se asocian a las labores de servicio, extractivo y productivo (Obispo y Ramos, 2019).

2.1.24.3. Guía de Muestreo de Suelos. Fue aprobado a través del R.M. N° 085-2014-MINAM, durante el periodo 2014 (Obispo y Ramos, 2019).

La mencionada guía resulta de aplicación para el respectivo muestreo de suelos para áreas contaminadas y determinados proyectos en los cuales las diferentes autoridades que poseen las competencias necesarias establecerán si se cumplen con las metas previstas de remediación en los mecanismos de gestión del ambiente.

Se determina el muestreo correspondiente a la identificación, detallada, de comprobación y nivel de fondo para la remediación. Por otra parte, especificando los criterios para establecer la cantidad de muestras, la calidad para manejar y tomar la muestra de los suelos.

2.1.25. Descripción de Actividades Petroleras

En el Perú, la riqueza del petróleo está distribuido en 3 áreas:

- Zona altiplánica.
- Zona noreste.
- Zona norte (Selva).

La explotación y exploración del mencionado recurso están a cargo de distintas entidades que operan labores suscritos por medio de contratos que se firmaron con PERUPETRO.

El hidrocarburo que se explota es transformado, almacenado, tratado en cualquiera de las refinerías que operan en el Perú, sea en El Milagro, Shiviyacu, Pampilla Pucallpa, Conchán, Iquitos y Talara.

Sin embargo, ante la posibilidad del auge de la economía, el ámbito petrolero genera que se deteriore el aspecto ambiental, por otra parte, los hidrocarburos petroleros se califican como los más comunes contaminantes, en caso de derramamiento o fuga, debido a que están ubicados en la naturaleza y se asocian a la utilización y producción de fuentes petroleras.

Desde finales de la década de los 80, la situación problemática en diversos países se centró en el medio ambiente, lo cual se genera por los diversos factores de contaminación, mediante hidrocarburos petroleros, se estima que anualmente el vertimiento global asciende a 1,7 y 8,8 millones de toneladas métricas, generado por antropogénicas fuentes que devastan el ámbito social y ambiental.

Cabe señalar que debido a las diversas particularidades de los contaminantes que contienen los hidrocarburos, así como por la ausencia de las normas de los periodos anteriores, se evidenció que la contaminación ambiental por derrames, afectando suelos, aguas subterráneas el mar y el aire, trayendo consecuencias en los ecosistemas principalmente terrestres y marinos.

Al respecto, sobre el perjuicio del medio ambiente Johnny Marchán, quien se desempeñaba como encargado de la presidencia del Consejo Directivo del OEFA, indicó que el derramamiento en la región de la selva perjudican la fauna, flora, lecho de ríos, cuerpos de agua así como a determinados individuos pertenecientes a comunidades que mantienen cierto contacto con los diferentes tipos de hidrocarburos; asimismo como la respectiva autoridad para

fiscalizar el medio ambiente, el OEFA dimensiona el perjuicio causado identificando los motivos exigiendo la respectiva limpieza según el grado de responsabilidad.

Para una mejor ilustración de los problemas ambientales en nuestra selva (enfocados principalmente a las actividades de los Lotes 8 y 1AB/192 (Ex Pluspetrol), a causa de los derrames de hidrocarburos, se presentan los conceptos y definiciones más usadas en la industria del petróleo y en el presente trabajo de Tesis:

Lotes Petroleros: Son áreas concesionadas donde posiblemente existen reservas de petróleo y gas; y donde se realizan actividades para perforar los diversos pozos de explotación y otros de carácter exploratorio (pozos de producción) (Glosario de la Industria Petrolera, 1973)

2.1.26. Principales Lotes concesionados por PERUPETRO en la Selva del Perú

- Lote 1 AB/192 (Ex Pluspetrol / PETROPERU) – De Explotación (Sin Operación)
- Lote 8 (Ex Pluspetrol Norte / PETROPERU) - De Explotación (Sin Operación)
- Lote 64 (Ex Geopark Perú / PETROPERU) - DE Exploración (Sin Operación)
- Lote 58 (CNPC, EX PETROBRAS)-Exploración (En etapa de Estudios)
- Lote 67 (Perenco Peru Petroleum)-Exploración – Explotación (En Cierre temporal)
- Lote 121 (Perenco Peru)-Exploración – Explotación (En Cierre temporal)
- Lote 39 (Perenco Peru Petroleum)-Exploración – Explotación (En Cierre temporal)
- Lote 107 (PETROTAL) – Sin Actividad.
- Lote 95 (PETROTAL) – En Operación.

2.1.27. Lote en plena Fase de Explotación produciendo aproximadamente 20 MBPD

Se ubica en el noroeste, vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en las localidades distritales de Tapiche, Emilio San Martín, Maquia, Capello y Puinahua, región Loreto, en la provincia de Requena, en la actualidad representa ser el único Lote operado por PETROTAL, en plena **Fase de Explotación** produciendo aproximadamente 20 MBPD. Principales definiciones vinculadas a estas actividades:

- **Pozo Petrolífero:** (también, llamado pozo petrolero) está referido a diversas perforaciones de suelo con la meta principal de extraer y hallar combustible fluido sea hidrocarburo gaseoso o petróleo.
- **Pozo exploratorio:** Pozo perforado para buscar reservas de petróleo.
- **Pozo de producción:** Pozo perforado para desarrollar el Lote.
- **Pozo Flowing / Pozo fluyente):** Es el pozo petrolero que fluye por su propia energía (presión del reservorio), y por lo tanto no se requiere de otros mecanismos de impulsión para producir hidrocarburos.
- **Pozo con equipo artificial:** Es un pozo que fluye por acción de un equipo auxiliar que puede ser externo (Ejm. Equipos de bombeo - Costa) o interno (Ejem. Bombas electro sumergibles - Selva).
- **Hidrocarburo:** Es el fluido que, desde un reservorio, se produce en un pozo petrolero; básicamente está compuesto de petróleo y gas.
- **Petróleo Crudo:** Es el fluido que produce el pozo petrolero, como la combinación de una serie de hidrocarburos las mismas que poseen petróleo, gas natural y agua. El petróleo crudo (o simplemente Crudo) se clasifica en petróleo ligero y petróleo pesado, dependiendo de los grados API (American Petroleum Institute) del crudo; el API está en función de la gravedad específica del petróleo.
- **Gas Natural:** También se le conoce comúnmente como gas fósil, se entiende como uno de los hidrocarburos que se encuentra compuesto por la combinación de ligeros gases que provienen de la naturaleza, está conformado por metano y algunos alcanos (componentes que poseen átomos de hidrógeno y carbono) asimismo un valor porcentual mínimo de dióxido de helio, ácido sulfhídricocarbono y nitrógeno
- **Facilidades de Producción:** corresponde a las instalaciones, materiales y equipos que se necesitan en la superficie de la locación (conocido comúnmente como plataforma)

asegurando la producción, separación, recolección, y actividades para tratar los diversos fluidos provenientes del petróleo, la medición y caracterización de los fluidos que provienen de los pozos de producción, como el agua, impurezas, gas, petróleo crudo, otros.

- **Líneas de Producción:** Tuberías usadas para transportar el hidrocarburo.
- **Manifold de pozos:** Instalación que permite realizar la distribución de los pozos para las respectivas baterías.
- **Baterías de Producción:** Conjunto de instalaciones de producción que permiten recepcionar, tratar y almacenar los hidrocarburos producidos.
- **Ductos (Oleoductos y Gasoductos) Principales:** Tuberías usadas para el transporte de petróleo y gas, de una batería a un patio de tanque, o de una Estación a otra Estación o a un Terminal.

2.1.28. Aspectos Ambientales

Cuando la gran mayoría de las entidades dedicadas al giro de hidrocarburos culminan sus labores de explotación suelen dejar abandonadas las instalaciones o dejando instrumentos, los mismos que son calificados como pasivos ambientales, tomando en cuenta lo señalado por la Ley 29134 del periodo 2007.

La mencionada normativa señala que los diversos pasivos ambientales representan las instalaciones o pozos mal cerrados, contaminación del suelo, residuos y líquidos industriales, regados en cualquier sitio producto de las actividades realizadas con hidrocarburos por entidades que cesaron labores en la diversidad de lotes petroleros.

El MINEM es el organismo encargado de la identificación de los que poseen la responsabilidad de los pasivos ambientales en el rubro de hidrocarburos previa información del Osinergmin.

La legislación 29134 indica que las entidades deberán tener en cuenta la responsabilidad de los pasivos ambientales que se generen por los contratos de cesión y transferencia, pero de no resultar factible la identificación plena de los responsables, el Gobierno puede asumir su remediación progresivamente utilizando el correspondiente Fondo de Contingencia para remediar el ambiente, la misma que fundamentalmente se constituye por donaciones de carácter internacional.

Para ejecutar la remediación de los diversos pasivos ambientales, las entidades deberán presentar el planeamiento para la realización del abandono del área, la misma que está vinculada a concretas acciones, tomando en cuenta la priorizada relación de pasivos ambientales que correspondan al respectivo subsector de hidrocarburos asociados al Minem aproximadamente hasta el segundo mes del presente año, en Madre de Dios, Ucayali, Loreto, Amazonas, Tumbes y Piura se evidenció la existencia de 3.389 pasivos, Tumbes, Amazonas, Loreto, Ucayali y Madre de Dios. De la totalidad de los mismos el Estado del Perú se encargó en vista a que no se pudo identificar directamente a los responsables.

Ante lo mencionado, en el entorno actual el Minem cuenta con 30 planeamientos para realizar la rehabilitación de 32 sitios que fueron perjudicados por dichas labores, las mismas que están localizados en la Región Loreto, en las cuencas de Tigre, Corrientes y Pastaza, en el periodo anterior se dio la aprobación del planeamiento de rehabilitación correspondiente a Corrientes, en el cual se remediaron los diversos suelos perjudicados reforestando la zona, posteriormente a constantes evaluaciones por parte de las entidades encargadas de temas ambientales de Hidrocarburos.

Asimismo, se dio prioridad a 30 planeamientos, pero se resalta la falta de diversas zonas para ejecutar la remediación con mayor énfasis en las cuencas correspondientes a Tigre, Marañón y Pastaza, producto de varios periodos de explotación del petróleo donde únicamente se perjudicó al suelo.

2.1.29. Conceptualizaciones relevantes

En este ítem se resaltan diversas conceptualizaciones relevantes para que se pueda desarrollar la presente labor de tesis.

- **Impactos Ambientales:**

Alteración o modificación del medio ambiente (medio físico, biológico o socio económico), causada por la acción humana.

- **Fugas o Derrames de Petróleo:**

Vertidos de hidrocarburos que se producen debido a un accidente, operaciones inadecuadas o falta de mantenimiento, que impactan o contaminan el medio ambiente (Glosario de la Industria Petrolera, 1973)

- **Manejo Ambiental:**

Planeamiento para manejar detalladamente estableciendo las actividades requeridas para asegurar la prevención, mitigando, controlando, compensando y corrigiendo los diversos impactos o efectos negativos del ambiente generados por un determinado proyecto (Andía, 2016)

- **Remediación Ambiental:**

Son las acciones realizadas con la finalidad de neutralizar o eliminar el daño causado por aquellas sustancias peligrosas, vertidas en su entorno natural durante el tiempo en el cual se desarrollan las labores de un determinado proyecto, las cuales colocan en un escenario riesgoso el ecosistema y salud de las personas. (FONAM, agosto 2019)

En el presente trabajo de Tesis, lo relacionado con la remediación ambiental, ha sido desarrollado más adelante; así como las técnicas y procesos vinculados a las actividades de Landfarming y Biorremediación, por ser una de las técnicas más usadas para controlar los derrames en los campos petroleros de la selva norte.

- **Oleoducto Nor Peruano**

Se encuentra conformado principalmente por tres tramos, que son Tramo (ORN), Tramo I y Tramo II.

- **Tramo Ramal Norte (ORN):** Se inicia en el Pastaza (Estación. Andoas); siguiendo por Estación Morona, hasta empalmar con la Estación 5 (Petroperú) – (Producción del Lote 1AB /192

- **Tramo I:**

Se inicia en la Estación 1 (S. José de Saramuro) y precisamente se direcciona a la Estación 5 (Saramiriza); aquí se recibe la producción del Lote 8 y Lote 67 – Perenco; asó como la producción que venía del Lote 1 AB /192.

- **Tramo II:**

Se inicia en la Estación 5, siguiendo por la Estación 6 - Manseriche (Datem del Maraón), sigue por Estación 7- Bagua (Amazonas), Estación 8- Playa Azul (Cajamarca), hasta la Estación 9 (Huarmaca) - (Paso de Porcuya); luego desciende y sigue por el Desierto de Sechura, hasta la Estación Bayobar (Piura), donde se recolecta la producción de los Lotes petroleros en producción.

- **Estaciones de Bombeo del Oleoducto Nor Peruano**

El crudo producido en los Lotes de la Selva Peruana se transporta por el ONP que recorren tres tramos: Norte (ORN) que va desde Andoas y se encamina a la Estación 5; Tramo I que va de la Estación 1 (San José de Saramuro), continúa por el Tramo II desde la 5 (distrito de Manseriche) con dirección al Terminal Bayóvar (Piura).

- **Terminal Bayóvar:**

Es el Patio de Almacenamiento de petróleo o crudo tratado ubicado en Bayóvar – Piura; desde este punto se distribuye el petróleo tratado, por barcos o tierra a nivel nacional,

principalmente a las Refinerías de Talara, Refinería Conchán y Refinería Pampilla (de ser el caso).

- **Producción de gas natural**

CAMISEA representa el más grande Yacimiento de Gas del Perú. El mismo que está conformado por 19.89 TCF de Reservas naturales de Gas, pero la de Camisea es donde más se acumula abarcando los Lotes 88, 58, 56 y 57, asimismo con 66.50 TCF de Recursos naturales de Gas en todo el país. Camisea, les inclusive 10 veces más grande que las demás y la de mayor importancia en América Latina, Sus reservas probables de gas y probadas equivalen a 11 trillones de pies cúbicos, las mismas que poseen líquidos asociados por 600 millones de barriles. Está ubicado en la selva de Cusco, en la misma que están los yacimientos de Cashiriari y San Martín del Lote - 88. (Fuente: OSINERGMIN)

- **Planta Gas Las Malvinas – Camisea**

Se encuentra ubicada a orillas del río Urubamba, aproximadamente a unos 500 km al este de la ciudad de Lima, se encuentra implementada para el procesamiento de 1160 MMPCD de gas natural que proviene de los respectivos lotes 56 y 88; y está comprendido por diversidad de Unidades de reinyección, estabilización, criogénica y deshidratación, está compuesto por 4 trenes criogénicos: 2 de 220 MMPCD y 2 de 360 MMPCD; asimismo, 2 de Estabilización de Condensados de 25 000 BPD. El Gas Natural Seco se transporta a través de un gasoducto hasta Lima por medio del Sistema de Transporte de Gas Natural de TGP. En la mencionada Planta se logra la obtención de 2 productos: (a) El Gas Natural Seco que no se transporta por TGP se reinyecta al yacimiento correspondiente al Lote 88 y (b) Los Líquidos de Gas Natural se transporta hasta Melchorita en Pisco por TGP.

- **City Gate (Punto Final -Lurín)**

Estación de despacho y Recepción (City Gate): las mismas que se destinan para despacho, odorización, medición, filtrado y recepción correspondiente al Gas Natural, por medio de bloques para que se distribuya por medio de los correspondientes sistemas.

El City Gate, resulta ser un punto que separa los mecanismos de transporte (para recepcionar el Gas) con los mecanismos necesarios para distribuirlos a la población.

- **Impactos Ambientales:**

Este trabajo esta refiere básicamente a los Principales Problemas Ambientales que ocurren en la Selva Peruana, pero referidos básicamente a los Lotes 1AB/192 (Ex Plus Petrol y Ex Occidental Petroleum) y Lote 8 (Ex Pluspetrol Norte y Ex PETROPERU) Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, con relación a las actividades de hidrocarburos (exploración o explotación), y ante la ocurrencia de alguna fuga, derrame u otro incidente, causado por un accidente, mala operación o falta de mantenimiento, siempre existirá la posibilidad de que pueda generarse un impacto negativo del ambiente. En este ítem, se definen y describen los casos, las causas principales y la posibilidad de que se pueda generar una serie de impactos al desarrollar las labores ligadas a los hidrocarburos, en caso de producirse alguna fuga o derrame de petróleo.

2.1.30. Causas e Impactos Ambientales en casos de Derrames

Las Fugas o Derrames de Petróleo que se pueden producir en Instalaciones o locaciones petroleras, se muestran a continuación:

- **Locaciones y Equipos:**

Áreas o plataformas donde se realizan actividades de hidrocarburos, son las que tienen mayores probabilidades de fugas o derrames de petróleo.

- **Locaciones de Pozos:**

- ✓ Fugas de hidrocarburos por conexiones del cabezal de pozos
- ✓ Fugas de petróleo en líneas de producción del pozo.
- ✓ Fugas de hidrocarburos en conexiones de Manifolds (distribuidores) del pozo o campo.
- ✓ Fugas de petróleo en superficie, por las bridas de los mecanismos de bombeo y transferencia de los equipos de subsuelo (bombas sumergibles).
- ✓ Fugas y derrames de petróleo por las bridas, cuerpo y techo de los tanques de almacenamiento (fallas en el control de nivel o falta de mantenimiento).
- ✓ Fugas de petróleo por las conexiones de las tuberías de producción y de líneas de transferencia de petróleo.
- ✓ Fugas de petróleo por las conexiones de las tuberías de oleoductos secundarios.

- **Áreas de Oleoductos:**

- ✓ Fugas de petróleo por las válvulas en el sistema de bombeo y transferencia de crudo.
- ✓ Fugas en bridas de las bombas del sistema de transferencia de crudo.
- ✓ Fugas de petróleo en uniones, bridas y cuerpo de las tuberías de los ductos, por corrosión interna.
- ✓ Fugas de petróleo en las válvulas de las tuberías de los oleoductos.
- ✓ Fugas de petróleo en las conexiones de las trampas raspatubos.
- ✓ Fugas petroleras en las bridas y válvulas de los tanques de almacenamiento y recepción.
- ✓ Fugas y derrames de crudo por las paredes y techo de los tanques de almacenamiento de crudos.

- ✓ Fugas de petróleo debido a cortes intencionales por personas desconocidas, en el cuerpo de las tuberías de los Oleoductos principales.

En el Cuadro adjunto se determinan los impactos principales del ambiente y sus medidas de adecuación o remediación, en casos de derrames y fugas de hidrocarburos.

Tabla 2

Principales Impactos y Medidas de Remediación

INSTALACIONES	CAUSAS DE FUGAS O DERRAMES	POSIBLES IMPACTOS	MEDIDAS DE ADECUACION
Pozos de Producción (En Terraplenes o Locaciones)	Fugas de crudo por el cabezal del pozo, su línea de producción o derrames en el tanque de prueba.	Afectación del suelo (en terraplenes), quebradas o ríos por fugas en cabezal del pozo, líneas de producción o derrames en tanques de prueba.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area. -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada.
Baterías de Producción	Fugas de crudo en las instalaciones de producción: Líneas (tuberías), Manifold de pruebas, Separadores, Tanques, y Medidores de flujo.	Afectación del suelo, quebradas o ríos debido a fugas o derrames de hidrocarburos. Afectación de la fauna y flora característica de la zona.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area. -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada.
Tanques de Almacenamiento de petróleo crudo.	Fugas o Derrames de crudo por techo de tanques o paredes de tanques por pits de corrosión.	Afectación del aire, suelo, quebradas o ríos, debido a derrames y fugas de hidrocarburos en tanques de lavado o de almacenamiento.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area afectada. -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada.
Líneas de Transferencia	Fugas de crudo en las líneas de transferencia por pits de corrosión o mal ajustes en las uniones de tuberías.	Afectación del suelo, quebradas o ríos debido a fugas de hidrocarburos en las líneas de producción o transferencia por pits de corrosión.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area afectada. -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada, de ser el caso.
Manifold de Campo	Fugas de crudo por las válvulas y uniones de las conexiones del manifold.	Afectación del suelo, quebradas o ríos debido a fugas de hidrocarburos por pits de corrosión.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area afectada. -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada, de ser el caso.
	- Fugas de crudo por las uniones de las tuberías y/o por el cuerpo de las tuberías, debido a pits de corrosión.	Afectación de la atmósfera y del suelo; quebradas o ríos debido a fugas de hidrocarburos por pits de corrosión o mala operación.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area afectada (suelos, quebradas o ríos).
	- Fugas por las tubería y bridas de las Trampas Raspa tubos	Asimismo, se afecta la flora y fauna de la zona y probablemente algunas poblaciones.	-Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada.
Oleoductos Principales, y Oleoducto Nor Peruano: (ORN – Tramos I y II)	- Fugas de crudo por las bridas de las bombas de transferencia de crudo, debido a los pits de corrosión o por falta de mantenimiento.	Afectación de la atmósfera y del suelo; quebradas o ríos debido a fugas de hidrocarburos. Afectación de la flora y fauna en esa zona y posible afectación en algunas poblaciones.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area afectada (suelos, quebradas o ríos). -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada.

	Generalmente al producirse fugas o derrames de gran magnitud, el petróleo discurre por el suelo, llegando hasta las lagunas, quebradas o ríos , lo cual afecta el ecosistema: especies que habitan en tierra y el agua; además, posiblemente afecta a los pobladores de las comunidades aledañas que hacen uso de estos recursos.	Afectación del recurso suelo y agua. La mayoría de las poblaciones viven de la agricultura, caza y pesca; así como del uso del agua de las quebradas o ríos.	Para evitar que se produzcan fugas o derrames en la zona de los Oleoductos, es necesario cumplir con la ejecución de diversos programas predictivos y preventivos de mantenimiento (antes de su ocurrencia) y correctivo (después de la ocurrencia). Así mismo es necesario la supervisión y fiscalización permanente de la Autoridades de Control (OSINERGMIN, ANA, OEFA, DICAPI), entre otros. Es necesaria la participación de las Autoridades y personal especializado para tener espacios de diálogo, charlas y capacitación, priorizando que se proteja el entorno ambiental social, biológico y físico.
	Cortes de tubería por parte de algunos pobladores mal intencionados, ajenos a la Empresa.	Afectación de la flora, suelos y fauna terrestre, aérea y acuática. Cabe señalar que en estos casos los daños mencionados anteriormente, son mayores debido al gran volumen de fluido que se produce, al cortar la tubería.	Es necesaria la participación de las Autoridades y personal especializado para tener espacios de diálogo, charlas y capacitación, priorizando que se proteja el entorno ambiental social, biológico y físico.
Oleoducto Nor Peruano: (ORN – Tramos I y II)	Fugas por falta de mantenimiento u otros motivos (cortes de tubería)	Afectación de suelos, Flora y Fauna terrestre, aérea y acuática.	Es necesario y obligatorio la remediación y limpieza de zonas afectadas, con la finalidad de recuperar el suelo afectado, así como las especies que han sido afectadas.
Gasoductos Principales	Fugas por falta de supervisión, falta de mantenimiento u otros motivos incidentes.	Afectación de suelos, Flora y Fauna terrestre, aérea o acuática.	Es necesario y obligatorio la remediación y limpieza de zonas afectadas, con la finalidad de recuperar el suelo afectado, así como las especies que podrían haber sido afectadas.
Pozas De Drenajes	Fugas o derrames de crudo debido a sobre llenado en las pozas de drenajes.	Afectación del aire, suelo, lagunas, quebradas o ríos, debido a derrames y fugas de hidrocarburos en las pozas de drenajes o separación de fluidos.	-Recuperación del petróleo derramado. -Limpieza del Area afectada. -Medidas de Atenuación o Remediación. -Reforestación del área afectada, de ser el caso.

Nota. Como se puede apreciar en este cuadro, cada vez que se produce una fuga o derrame de petróleo, a consecuencia de una falla operativa, u otro incidente en alguna instalación durante la etapa de exploración o explotación petrolera, o inclusive en el Oleoducto Nor Peruano por corrosión interna en alguna instalación, por la ausencia de un adecuado mantenimiento direccionado al oleoducto, o debido a un corte intencional de las tuberías (por personal ajeno a la empresa operadora); éstos escenarios producen afectación y contaminación al medio ambiente (suelo, al aire y/o al agua - lagunas, cochas, quebradas o ríos-), situación que trae como consecuencia que pudieran verse afectado el ecosistema de su entorno, como las especies de fauna acuática o terrestre, y la fauna, típica de cada zona; e incluso en el aspecto

social, ya que debido a un derrame se pueden afectar las poblaciones de las comunidades cercanas, dados que ellos viven y aprovechan estos recursos naturales (agua, flora y fauna).

Por medio de registros fotográficos de informes especializados, se ha podido visualizar algunos de los derrames ocurridos en las instalaciones del Lote 1 AB y Lore 8, durante las operaciones de Pluspetrol Norte.

La mayoría de estos impactos ambientales, ocurrieron debido a derrames o fugas de hidrocarburos debido a falta de supervisión o falta de mantenimiento (corrosión interna), en los equipos o instalaciones; o en algunos casos por cortes intencionales en los oleoductos, donde se realizan las operaciones de producción y transferencia de crudo.

2.1.31. Caso: Derrame de Hidrocarburos por roturas de ductos - Laguna Yanayacu

A continuación, se comenta el caso de un impacto ambiental identificado durante las labores de supervisión y fiscalización de OSINERGMIN, en una Laguna de la Locación Yanayacu - Lote 8 (Ex PlusPetrol); cabe indicar que casos similares se han producido en el entorno de las áreas de producción del Lote 8 y 1AB/192 de la empresa ex -Pluspetrol, lotes donde se realizan actividades de explotación de hidrocarburos.

Debido a un derrame de petróleo, a causa de un accidente, mala operación o falta de mantenimiento en las instalaciones de producción (Ductos de transferencia), se han producido fugas, o descargas de efluentes y drenajes conteniendo residuos de petróleo de los tanques u otros equipos, al medio ambiente.

En ese escenario, en la zona de Yanayacu, el referido derrame habría afectado un área de suelo, una quebrada y parte de una laguna denominada el aguajal de Yanayacu (ecosistemas y humedales frágiles que se caracterizan por la permanente presencia de palmeras y agua, conocida como el aguaje); en este aguajal, crecen muchas palmeras de esta especie y cuyo fruto, es el aguaje, el cual es aprovechado, consumido y comercializado por los pobladores de esta zona.

Cabe señalar que en dichas palmeras habitan muchas especies de fauna silvestre, como loros, guacamayos y diversidad de especies de aves, así como también otras especies terrestres y acuáticas dentro del aguajal y su entorno.

En tal sentido, como consecuencia de un derrame de petróleo, las palmeras del aguaje se mueren y caen al agua, y por ello el hábitat y crías de las especies, de guacamayos, loros y otras, mueren en el agua contaminada con petróleo, asimismo, se verán afectadas otras especies acuáticas de flora y fauna, cuyo hábitat es el propio aguajal.

De otro lado, cabe señalar, que también se verán afectados algunos pobladores de las comunidades asentadas en el entorno de esta zona; pues la mayoría de estos moradores viven en estas zonas por el aprovechamiento del recurso agua y se dedican a la agricultura familiar para consumo humano, la recolección de frutos de la zona y la pesca artesanal; incluso todos ellos aprovechan el recurso hídrico (agua del aguajal) como consumo humano.

2.1.32. Actividades de Remediación

En el presente ítem, se definen las principales acciones necesarias y de remediación (dado como ciertas medidas para manejar el aspecto ambiental), las mismas que se aplican en un escenario de derrame o fuga de hidrocarburos, en zonas perjudicadas de la Amazonía. (Sandoval, 2008)

- **Limpieza Preliminar.** Es recomendable que previamente se efectúe la aplicación de alternativas tecnológicas pasivas y activas en los respectivos suelos, asimismo en cuerpos que correspondan al agua perjudicada por contaminación. Consiste en retirar mediante instrumentos manuales todo material que prolongue o dificulte las actividades de remediación.
- **Recolección de Hidrocarburos Flotantes.** Es recolectar la mecánica flotante de hidrocarburos que correspondan a los cuerpos de agua. Mayormente la remediación que se aplica es retirar flotantes hidrocarburos.

- **Tratamiento de hidrocarburos recolectados:**

Se disponen o tratan por medio de las tecnologías siguientes:

- ✓ Incorporar hidrocarburos que se recolectan por mecanismos productivos.
- ✓ Los hidrocarburos se transportan desde las zonas perjudicadas a las cercanas empleando adecuados medios de transporte a los volúmenes de hidrocarburos que se intente trasladar.

- **Incineración de Hidrocarburos Recolectados.**

Los hidrocarburos se transportan a la zona en la cual se instaló el área de incineración. El mencionado tendrá que poseer ciertas facilidades requeridas para el drenaje y separación libre de los remanentes del agua, por otra parte, los hidrocarburos podrán incinerarse en el mismo lugar que se recolectó y puedan trasladarse a definidas áreas de incineración.

- **Tratamiento de orillas.**

Para lo que respecta el ámbito de cuerpos de aguas, suele considerarse a las orillas como una especie de suelo contaminado, razón por la cual se tratan como tales.

Para que pueda tratarse respectivamente las orillas de cuerpos de aguas naturales, suele considerarse que se utilicen las tecnologías siguientes: (a) Aplicar absorbentes biológicos y (b) Natural atenuación.

- **Aplicación de Absorbentes Biológicos.**

Se evidencia diversidad de productos en las cuales al formularse conforma orgánicos absorbentes que logran encapsular diversos hidrocarburos, reduciendo la posibilidad de dispersión; exógenos microorganismos específicos para que se degrade el respectivo hidrocarburo, diferentes tipos de nutrientes (sodio, fósforo, nitrógeno, otros.) y adherentes agentes no tóxicos, los mismos que facilita que se fije el producto al medio que está en tratamiento.

Generalmente cuando se pretende aplicar dichos productos no termina generando diversidad de residuos calificados como tóxicos, tampoco resultan ser peligrosos en vista que resultan ser biodegradables.

- **Lavado de Orillas.**

Se entiende como la actividad de lavar las orillas que fueron manchados por medio de los diversos cuerpos de agua a través de que se apliquen distintos tipos de chorros a a presión de agua, usando el agua de los cuerpos previamente recolectado de la totalidad de flotantes hidrocarburos que existiera en el mencionado cuerpo con el objetivo de que las orillas nuevamente terminen manchándose.

La paralela limpieza de las orillas y del cuerpo de agua se entiende como una aceptable opción en un escenario en el cual se garantice que la labor de limpieza de orillas no necesite que se repita.

- **Atenuación Natural de Orillas.**

Es facilitar que los impregnados hidrocarburos de los estratos de las orillas se puedan degradar naturalmente sin necesidad de que una persona pueda intervenir.

Un hidrocarburo que se degrada, principalmente sucede por procedimientos biológicos (a través de microorganismos) y también por el método fisicoquímico (fotólisis volatilización) las mismas que se dan naturalmente.

- **Limpieza de Sedimentos y lodos en cuerpos de agua.**

Se resalta a continuación, las diversas tecnologías que se aplican en los casos mencionados:

- ✓ **Cuerpos de aguas artificiales.**

Se drena en condiciones dadas por efluente industrial, direccionado al curso del natural drenaje del sector, razón por la cual, la diversidad de lodos del lecho resulta tratarse como suelos perjudicados por la contaminación.

✓ **Cuerpos de agua naturales.**

Para que pueda tratarse los respectivos sedimentos de los mencionados cuerpos, se toma en consideración la tecnología siguiente:

- **Afloramiento Natural.**

Se define como la técnica que se aplica únicamente luego de que se recolecte inicialmente los diversos hidrocarburos que resultan estar liberadas en flotación de la zona de los cuerpos de agua, es realizar la espera de que un determinado hidrocarburo puedan evidenciarse en los respectivos sedimentos del fondo del respectivo cuerpo de agua, desprendiéndose de manera espontáneamente y puedan ascender a la respectiva superficie. Por otra parte, los hidrocarburos que ascendieran se recolectan según los procesos anteriormente señalados.

- **Cuerpos de Agua Contaminadas con Aguas de Formación.**

Cuando se vierte el agua producto de la formación en determinados cuerpos de agua natural (humedales, pantanos, conchas, lagunas) genera que se eleve la concentración de los diversos sedimentos y sales del agua causando que impacte en la vegetación que se da en los cuerpos de agua, por ello se previene remediarlos por medio de la atenuación natural direccionado por los diversos cuerpos de agua perjudicado por la contaminación de sales.

- **Revegetación.**

Posteriormente a que se recupere naturalmente la respectiva vegetación del área perjudicada, se levanta el aerofotográfico de la ubicación luego de que se eliminen las fuentes contaminadas (año 0). Pero, si en el año 5 el procedimiento de Atenuación Natural se establece irreversiblemente, no resultará indispensable la realización de evaluaciones y análisis de la zona, pero si en el año 10 de eliminarse las diversas fuentes contaminantes de las áreas mencionadas no se inició con los procedimientos y trabajos de natural revegetación se procederá a la evaluación de dichas áreas implementando soluciones de carácter técnico que resulte idónea para la estimulación de los procedimientos ligados a la Atenuación Natural.

- **Limpieza con maquinaria pesada:**

Dependiendo del área afectada; la limpieza en grandes áreas, es realizado a través de la utilización de maquinaria pesada como tractores de cuchilla, retro excavadoras y motoniveladoras entre otros; y camiones volquetes para el transporte del material contaminado; sin embargo en áreas de pequeña afectación, la limpieza se realiza de preferencia manualmente, mediante el uso de picos y palas; así como el uso de sacos especiales orientados al acopio y para transportar material contaminado por carretera y por transporte acuático (ríos navegables).

Es importante mencionar que cuando el derrame es grande, es necesario habilitar un área determina que sirva de punto de acopio principal de todos los residuos de petróleo recolectado, para lo cual es necesario tener un área para los residuos sólidos y otro ambiente para los residuos líquidos de petróleo (generalmente se usan recipientes metálicos o de plástico, tipo cilindros). En este caso, se trata de dejar lo más limpio posible el área afectada, para luego aplicar alguna técnica de adecuación y remediación, siendo las más usadas:

- **Uso de Material de Préstamo:**

El tratamiento de suelos contaminados usando suelo limpio (material de préstamo), es una técnica poco recomendable, dado que en muchos casos, cuando se usaba el suelo limpio (material de préstamo) para ser mezclado con suelo contaminado, el suelo limpio frecuentemente era usado en una proporción no controlada, con el suelo impactado, con el objetivo de reducir el grado de contaminación por hidrocarburos (hidrocarburos totales), lo cual actualmente no es una técnica normalizada, ni recomendada, dado que se tiene como experiencia, que en muchos casos, al usar la tierra limpia (no contaminada) en forma indiscriminada y desproporcionada para hacer la mezcla y reducir los niveles de concentración de los respectivos hidrocarburos que se hallaron en los suelos perjudicados por contaminación, afectaban los suelo limpios debido al uso de una gran cantidad de suelo limpio. En tal sentido, esta técnica tiene la desventaja que ante una posible falta de supervisión, o fiscalización

ambiental oportuna, las empresas de servicio usan grandes cantidades de suelo limpio, y lo mezclaban con el suelo contaminado; es decir, inadecuadamente contaminan el suelo limpio que es usando para la mezcla; razón por la cual, esta técnica no es un método recomendado para tratar suelos contaminados, por los riesgos antes expuestos.

- **Landfarming**

La técnica de **landfarming**, es uno de los métodos de **remediación** de suelos y consta de un tratamiento superficial para suelos contaminados con hidrocarburos, las mismas que podrán ser in situ o ex situ.

- **Biorremediación:**

El proceso de Biorremediación forma parte de los métodos de remediación que generalmente permite degradar todo lo relacionado con los desechos tóxicos, presentes en los suelos contaminados, para finalmente generan poco daño al ambiente.

2.1.33. Factores que Intervienen en la Biorremediación de un Suelo contaminado

Con la finalidad de que pueda biodegradarse los respectivos hidrocarburos hallados en el sustrato suelo es importante tomar en consideración diversidad de factores como suelen ser: el universo microbiano que posea cierto potencial para la degradación de los diferentes tipos de contaminantes de manera activa, estructurar la molécula, cantidad y disponibilidad para los mencionados tipos de microorganismos, asimismo, la humedad del suelo temperatura y el pH e inclusive la existencia de receptores que corresponden a negativas cargas y la disponibilidad de los inorgánicos nutrientes. (Nitrógeno y Fosforo).

2.1.34. Biodegradación

Utilización de Cepas aisladas para la biodegradación de hidrocarburos. Tal es el caso del ámbito del petróleo crudo, la misma que resulta de mayor complejidad por la forma en la cual se compone, así como por los derivados, lo cual se evidencia para lograr la degradación del petróleo crudo, y se requiere de cierta capacidad enzimática variada.

Las diversas investigaciones que se realizaron generalmente fueron mediante particulares cepas o la combinación de varias (Solanas et al., 1984). Suelen degradarse alcanos, debido a que abundan en el crudo petrolero. Existen determinados casos en los cuales las cepas oxidan las diversas series alquílicas de los correspondientes tipos de Hidrocarburos.

Anteriores resultados en los cuales se empleó la cepa *Pseudomonas* spp. F21, que se encuentran aislados en el ámbito mineral mediante cierto hidrocarburo reafirmando lo señalado anteriormente; la cepa F21, tiene la posibilidad de que pueda generar la destrucción de la totalidad de alcanos incluso los que se están ramificando que poseen un bajo peso molecular bajo (ligeros isoprenoides), y al mismo tiempo selectamente podrá degradar (Bayona et al., 1986; Solanas et al., 1984).

Cuando se adicionan los respectivos microorganismos tal como es el caso de la *Pseudomona* spp. que se halla en el mismo suelo perjudicado por la contaminación, brindará mejores procedimientos para degradar los hidrocarburos petroleros.

Es importante resaltar que el suelo con el contaminante trabajado presentó cierta textura, arenosa, franco arcillo, con respecto a la humedad mostró como pH de 6 y 25%, se evidenció colonias de *Pseudomonas* spp. las mismas que disminuyeron tomando en consideración el factor tiempo lo cual hizo notoria la existencia de una eficiencia mayor para degradar hidrocarburos petroleros. (Chang, 2020).

2.1.34. Aplicación de Bacterias PSEUDOMONAS

Según, los análisis racializados a través de Leahy y Colwell (1990) en las labores ligadas al petróleo, se resalta que los diversos tipos de microorganismos que degradan determinados hidrocarburos relevantes, sea en suelo como en agua, resultan ser *Nocardia*, bacterias, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Achromobacte* *Pseudomonas* sp, *Arthrobacter*, *Alcaligenes* y *Acinetobacte*. Tomando en consideración los datos proporcionados por medio de Palleroni (1992) señala que: Se considera pertinente señalar que el género ***Pseudomonas***

suele representar a una importante agrupación de bacterias, la positiva reputación de *Pseudomonas* mostró una serie de mejoras producto de una cantidad mayor de artículos que se publicaron, de las mismas que se aprecia que dichos microorganismos evidencian la posibilidad de degradación de orgánicos compuestos ambientales o inclusive del sustrato en la cual se ubican.

Es importante señalar lo resaltado por medio de Chang (2020) mediante su trabajo de investigación orientado a biorremediar suelos perjudicados por la contaminación de hidrocarburo por medio de diversidad de biorreactores, las mismas que como meta principal evalúan el efecto que causará que se apliquen *Pseudomonas* spp, en distintas dosis, en suelos perjudicados con ciertos hidrocarburos y someterlo a biorremediación, obteniendo como conclusión:

Cuando se agrega el microorganismo como el caso de la *Pseudomona* spp. la misma que se ubica en el suelo perjudicado por la contaminación brindará un procedimiento adecuado para biodegradar hidrocarburos, presentando cierta textura arenosa, franco arcillo, con una humedad de pH de 6 y 25%, al evidenciarse distintos tipos de colonias correspondientes a *Pseudomonas* spp. se redujo por el tiempo resultando notoria la existencia de una mayor eficiencia.

III MÉTODO

El trabajo investigativo se encuentra vinculado con el positivismo como paradigma, en vista que está basado en el conocimiento colaborando a que se mantenga la vida física la misma que es adquirida por las metodologías cuantitativas con las cuales se suele definir una problemática, formulando determinadas hipótesis, obteniendo y analizando información verificando las iniciales hipótesis. Resulta ser el modelo para fomentar la explicación, predicción y control de sucesos de vital importancia (Icart y Pulpón, 2012).

Según Sánchez (2011), se resalta al enfoque cuantitativo, la misma que toma como punto de partida el supuesto de que la totalidad de la información es factible de que se cuantifique, razón por la cual se basa en los parámetros de la ciencia nomotética y positivismo estableciendo legislaciones de carácter universal.

La metodología investigativa fue la hipotética deductiva, basándose en procesos y protocolos que toma como punto de partida las afirmaciones de diversas hipótesis buscando anular y debatir hipótesis, estableciendo como conclusión que se pueda confrontar los hechos (Bernal, 2016).

3.1 Tipo de investigación

Es básica, según Hernández et al. (2017) busca la generación de conocimientos por medio de formulación de teorías, sus resultados aportan a la comprensión mejor el mundo que nos rodea. por su parte, Valderrama (2019) señala que el tipo básico tiene como fin principal probar teorías con una intención escasa de que se aplique el resultado a una problemática práctica.

La labor investigativa se considera de diseño no experimental, tomando en cuenta lo indicado por Valderrama (2019) de que las diversas variables independientes no se manipulan.

Asimismo, es de nivel explicativo, tomando en cuenta a Hernández y Mendoza (2018), porque se tuvo como fin explicar las causas de un problema.

Según Kerlinger y Lee (2002) resalta la importancia del diseño no experimental definiéndola como la empírica búsqueda en la cual el encargado de realizar la investigación científica no puede controlar de manera directa las variables independientes en vista que las diversas manifestaciones ocurrieron.

El trabajo investigativo es de corte transversal debido a que son análisis en los cuales la información se obtuvo en un determinado momento (Andía, 2017).

Finalmente, se entiende como que es de corte transversal tomando en consideración lo indicado por Arbaiza (2014) en vista que la información que se considera ocurrirá en un instante único de tiempo, lo cual quiere decir que se aplicará el cuestionario sólo una vez.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población.

Se define como la agrupación de la totalidad de casos que son similares a diversas especificaciones (Hernández et al., 2018).

Para el caso desarrollado estuvo representado por 60 profesionales especialistas en ingeniería ambiental.

3.2.2. Muestra.

Se define como toda parte, agrupación de elementos o unidades que se relacionan con la población (Amiel, 2014).

Para el caso desarrollado se optó por considerar al total de la población, 60 profesionales especialistas en ingeniería ambiental.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1. Definición conceptual de la variable independiente. Biorremediación

Se considera una metodología biotecnológica que suele emplear todo elemento metabólico que poseen determinados microorganismos (generalmente bacterias, igualmente

levaduras y hongos) para modificar diversos contaminantes orgánicos para que se puedan convertir en simples compuestos que no contaminen. (Ccolque y Vargas, 2017).

3.3.2. Definición operativa de la variable independiente. Biorremediación

Se encuentra definida operativamente tomando en cuenta las dimensiones propuestas las cuales son biorremediación (in situ) y landfarming (ex situ).

Tabla 3

Operacionalización de la variable independiente. Biorremediación

Dimensiones	Indicadores
Biorremediación in situ	Bioventing Atenuación natural
Landfarming (ex situ)	Remoción de suelos, aireación Humedecimiento de suelos

3.3.3. Definición conceptual de la variable independiente. Suelos contaminados con hidrocarburos

Los contaminantes orgánicos causan muchos problemas ambientales a nuestro medio ambiente debido a su toxicidad, no degradación y capacidad de transporte a larga distancia. Los contaminantes orgánicos más comunes se conocen como contaminantes orgánicos persistentes (COP) y se conocen como hidrocarburos (Abdelhafeez et al., 2021).

3.3.4. Definición operativa de la variable dependiente. Suelos contaminados con hidrocarburos

Se encuentra definida operativamente tomando en cuenta las dimensiones propuestas las cuales son hidrocarburos aromáticos volátiles, hidrocarburos poliaromaticos y hidrocarburos de petróleo.

Tabla 4

Operacionalización de la variable independiente. Suelos contaminados con hidrocarburos

Dimensiones	Indicadores
Hidrocarburos aromáticos volátiles	Afectación recursos humanos Daño calidad ambiental
Hidrocarburos poliaromáticos	Degradación lenta Composición de hidrocarburos
Hidrocarburos de petróleo	No aromáticos Aromáticos

3.4 Instrumentos

Se considera al cuestionario la misma que está definida como la agrupación de interrogantes debidamente seleccionadas, las cuales se utilizan para la obtención de información de utilidad y necesaria bajo establecidos protocolos que se orienten a conseguir una meta proyectada, posteriormente lograr obtener datos para su posterior análisis y fomentar el descubrimiento de la problemática obteniendo alternativas de solución que colaboren a la labor investigativa (Bernal, 2016).

3.5 Procedimientos

Para contrastar las diversas hipótesis se empleará el SPSS vs 25, en el cual se ingresará todo resultados que se obtuvo por medio de rutas y encuestas vinculadas al Rho de Spearman, determinando el sig. Bilateral, la misma que si es inferior a 0.005 se procederá con la aceptación de la hipótesis denominada alterna, pero si es superior o igual a 0.005 se procederá a rechazarla.

3.6 Análisis de datos

Se va elaborar con el SPSS vs 25, ingresando la información correspondiente a las actividades relacionadas con la respectiva distribución de frecuencias la misma que es una agrupación de puntuaciones correspondiente a una ordenada y categorizada variable (Hernández y Mendoza, 2018).

Por otra parte, el nivel de influencia se establece por la regresión logística ordinal (pseudo r cuadrado).

3.7 Consideraciones éticas

Se toma en cuenta las siguientes:

- La labor investigativa se realiza según los parámetros señalados por la Universidad Nacional Federico Villareal y a la Asociación Americana de Psicología (APA).
- En la labor investigativa se fomentará el debido respeto de los autores a través de las diversas referencias bibliográficas y conceptos establecidas.
- Se mostrará el debido respeto a toda decisión de las personas encuestadas y las diversas opiniones de las personas encuestadas.
- Se acatará toda decisión brindada por medio del juicio de experto y propuestas para realizar cambios al cuestionario.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación descriptiva

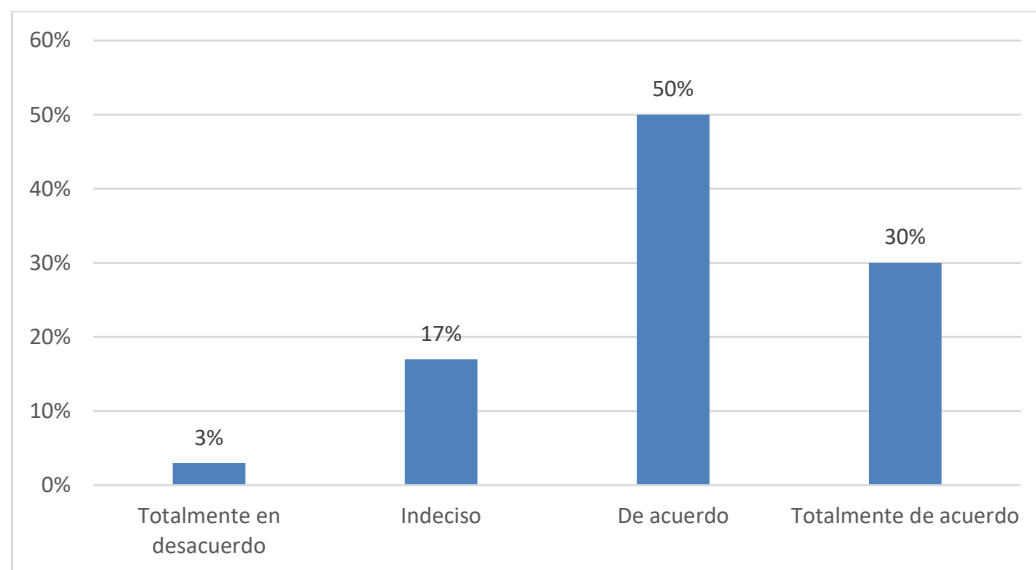
Tabla 5

Frecuencias de la variable independiente: Biorremediación

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	2	3
	Indeciso	10	17
	De acuerdo	30	50
	Totalmente de acuerdo	18	30
	Total	60	100

Figura 1

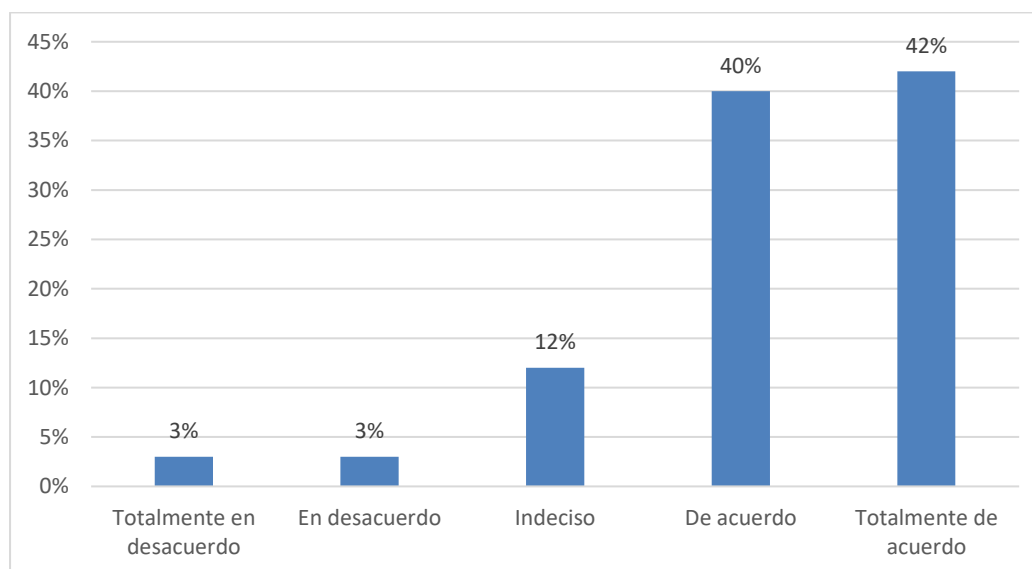
Diagrama de barras de la Variable independiente: Biorremediación



Nota. El 50% de encuestados indicaron sentirse de acuerdo en que el ámbito de la biorremediación se utiliza para recuperar zonas perjudicadas por la contaminación, razón por la cual se empleará organismos vivos tales como bacterias, hongos y plantas.

Tabla 6*Frecuencias de la dimensión: Biorremediación in situ*

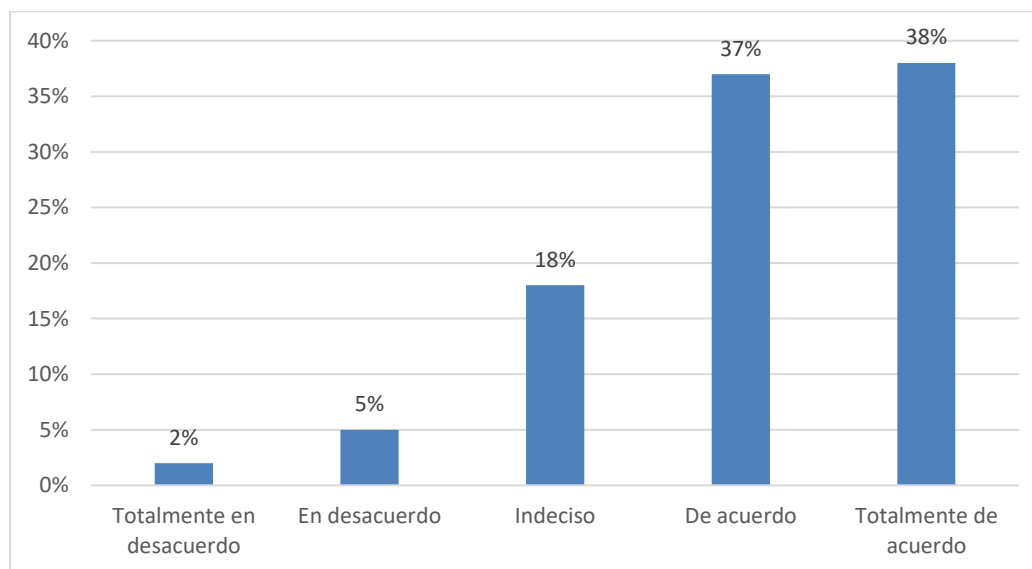
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	2	3
	En desacuerdo	2	3
	Indeciso	7	12
	De acuerdo	24	40
	Totalmente de acuerdo	25	42
	Total	60	100

Figura 2*Diagrama de barras de la dimensión: Biorremediación in situ*

Nota. El 42% de encuestados indicaron sentirse totalmente de acuerdo que la biorremediación representa ser un mecanismo que se puede utilizar de forma eficaz en determinados entornos contaminados y una de sus principales ventajas residen en su baja agresividad con el medio ambiente cuando se aplica in situ, y en la capacidad de destruir contaminantes.

Tabla 7*Frecuencias de la dimensión: Landfarming (ex situ)*

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	1	2
	En desacuerdo	3	5
	Indeciso	11	18
	De acuerdo	22	37
	Totalmente de acuerdo	23	38
	Total	60	100

Figura 3*Diagrama de barras de la dimensión: Landfarming (ex situ)*

Nota. El 38 % de encuestados indicaron sentirse totalmente de acuerdo en que el ámbito que respecta a la biorremediación ex situ, puede brindar los conocimientos necesarios de la diversidad de metodologías como el landfarming, la cual es remover un determinado suelo perjudicado por la contaminación para posteriormente vertirlo en una cama debidamente preparada, que cuenta con una membrana de fondo estimulando diferentes tipos de organismos para que se pueda degradar el respectivo contaminante.

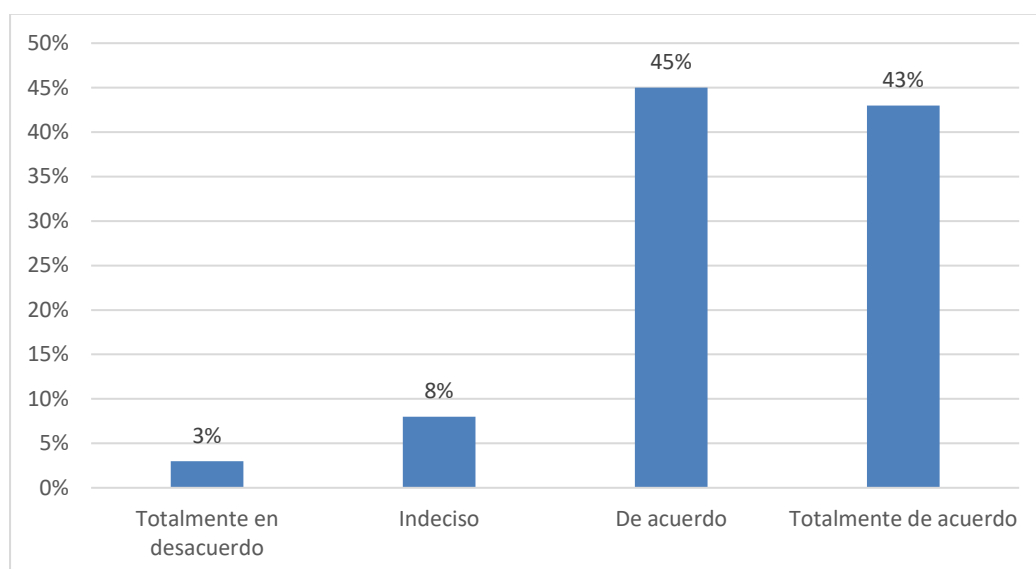
Tabla 8

Frecuencias de la variable dependiente: Suelos contaminados con hidrocarburos

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	2	3
	Indeciso	5	8
	De acuerdo	27	45
	Totalmente de acuerdo	26	43
	Total	60	100

Figura 4

Diagrama de barras de la variable dependiente: Suelos contaminados con hidrocarburos



Nota. El 42% de individuos encuestados indicaron sentirse totalmente de acuerdo en que las labores de extracción, almacenamiento, transporte y explotación petrolera resultan ser las fuentes principales de contaminación en el país en vista que cuando se realizan dichas labores se puede producir derramamientos que afecten biológica, química y físicamente el suelo.

4.2. Contrastación de las hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

Ho: No existe influencia significativa entre la biorremediación, como método de aplicación de remediación, de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.

Ha: Existe influencia significativa entre la biorremediación, como método de aplicación de remediación, de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.

Tabla 9

Información de ajuste de los modelos entre la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburo

Modelo	Logaritmo de la verosimilitud -2	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo interceptación	52,914			
Final	,000	52,914	3	,000

Nota. Se visualiza la presencia de un menor grado de significancia equivalente a 0,05 la cual explica la influencia, la información obtenida se acercan al estimado. Por lo tanto: Existe influencia significativa entre la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.

Tabla 10

Pseudo R cuadrado coeficiente de determinación de dependencia de las variables

Cox y Snell	,586
Nagelkerke	,669
McFadden	,423

Nota. Es importante señalar que la prueba Pseudo R direcciona el Nagelkerke, en donde la variación de los suelos contaminados con hidrocarburo depende en un 67% de la biorremediación.

4.2.2. Hipótesis específica 1

Ho: La biorremediación in situ no influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

Ha: La biorremediación in situ influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

Tabla 11

Información de ajuste de los modelos entre la biorremediación in situ de los suelos contaminados con hidrocarburo

Modelo	Logaritmo de la verosimilitud -2	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo interceptación	52,880			
Final	,000	52,880	4	,000

Nota. Se visualiza la una menor significancia equivalente a 0,05 señalando que el modelo realiza la explicación de la incidencia y la información obtenida se acerca a lo estimado. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa: La biorremediación in situ influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

Tabla 12

Pseudo R cuadrado coeficiente de determinación de dependencia de las variables

Cox y Snell	,452
Nagelkerke	,552
McFadden	,389

Nota. Es importante señalar que La prueba Pseudo R cuadrado suele representar una porcentual dependencia de la influencia de la biorremediación in situ de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021, la misma que direcciona el Nagelkerke, la variación de los suelos contaminados con hidrocarburo depende en un 55% de la biorremediación in situ.

4.2.3. Hipótesis específica 2

Ho: El landfarming (ex situ) no influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

Ha: El landfarming (ex situ) influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

Tabla 13

Información de ajuste de los modelos entre la landfarming (ex situ) de los suelos contaminados con hidrocarburo

Modelo	Logaritmo de la verosimilitud -2	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo interceptación	53,568			
Final	23,667	29,901	4	,000

Nota. Se evidencia la existencia de una menor significancia equivalente a 0,05 la misma que señala que el modelo realiza la explicación de la incidencia y que la información obtenida se acerca a lo estimado. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa: El landfarming (ex situ) influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

Tabla 14

Pseudo R cuadrado coeficiente de determinación de dependencia de las variables

Cox y Snell	,392
Nagelkerke	,448
McFadden	,239

Nota. La prueba Pseudo R cuadrado suele representar una porcentual dependencia de la forma en que influye el landfarming (ex situ) de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021, la misma que direcciona el Nagelkerke, e implica que la variación de los suelos contaminados con hidrocarburo depende en un 44.8% del landfarming (ex situ).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se tiene similitud con los resultados de la investigación de Rangel (2020) quien mediante su trabajo de investigación, resaltó la importancia de caracterizar las áreas contaminadas por medio de los hidrocarburos evidenciados en el país, con la finalidad de establecer una serie de análisis de los procesos e los cuales se caracterizan las áreas contaminadas, estableciendo como conclusión de que las fuentes de mayor importancia de contaminación petrolera así como los más comunes contaminantes resultan ser los siguientes: el agua que se produce (materiales radioactivos, metales, sales, hidrocarburos de petróleo), petróleo crudo (metales, hidrocarburo petrolero); lodos de perforación (sulfato, bario); y químicos que se usan al operar y realizar actividades de mantenimiento (biosidas, ácido clorhídrico). Las ubicaciones del suelo contaminado producido por el constante derramamiento petrolero o agua que se produce en la zona conteniendo aguas subterráneas altamente expuestas a la contaminación, las sales, metales, así como los hidrocarburos petroleros se absorben en el suelo y se mueven con las aguas subterráneas para que se introduzcan en los respectivos acuíferos y también en la gradiente debajo de aguas superficiales.

Asimismo, se tiene relación con la investigación de Garzón et al. (2017) quienes mediante su trabajo sometido al análisis indica la importancia de los aportes que brinda la biorremediación como alternativa de solución de las situaciones problemáticas para zonas contaminadas y la forma en que se vincula con el ámbito del desarrollo sostenible, la labor realizada fue descriptiva, estableciendo como conclusión que los diversos beneficios que generan las innovadoras tecnologías correspondientes a la biorremediación, muestra diferentes dificultades cuando se aplican en vista a las restricciones que se imponen por la variabilidad del ambiente y del sustrato, el limitado potencial de biodegradación, así como la viabilidad de diversos microorganismos que sean de origen natural, etc.

Sobre la segunda hipótesis que fue aceptada: La biorremediación in situ como parte de la remediación, influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021. Se tiene similitud con la investigación de Pisfil (2019) quien concluye que el tratamiento in situ es el más recomendado para suelos permeables cuando la contaminación afecta a los horizontes subsuperficiales.

Sobre la tercera hipótesis que fue aceptada: El landfarming (ex situ) como parte de la remediación, influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021. Es similar al trabajo de Vizúete et al. (2020) quienes mediante su trabajo de investigación resalta la importancia de analizar los aspectos de la biorremediación de suelos que resultaron ser perjudicados por la contaminación de hidrocarburos basados por diferentes tipos de bacterias que son usadas como bioproductos, con la finalidad de establecer las competencias necesarias para lograr la biodegradación de hidrocarburos basándose en bacterias nativas las mismas que se aíslan de los suelos y áreas contaminadas mediante el petróleo. La labor realizada es de tipo exploratorio, asimismo se optó por respetar el enfoque cuantitativo, se utilizó 81 bacterias aisladas tomando como punto de partida los suelos y áreas contaminadas mediante el petróleo. Por otra parte, los parámetros que se sometieron a medición fueron el diámetro en el cual creció la colonia de bacterias y como se formó el halo degradado, estableciendo como conclusión que al utilizar el bioproducto basándose en bacterias para implementar los diversos programas relacionados con la biorremediación ex situ o in situ para recuperar suelos y áreas contaminadas mediante hidrocarburos.

VI. CONCLUSIONES

- Se establece como conclusión la existencia de la significancia inferior a 0,05 lo cual señala que el modelo realiza la explicación de la influencia y que la información obtenida se acerca a lo estimado. Por lo tanto: Existe influencia significativa entre la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.
- Se establece como conclusión la existencia de la significancia inferior a 0,05 lo cual señala que el modelo realiza la explicación de la influencia y que la información obtenida se acerca a lo estimado. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa: La biorremediación in situ influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.
- Se establece como conclusión la existencia de la significancia inferior a 0,05 lo cual señala que el modelo realiza la explicación de la influencia y que la información obtenida se acerca a lo estimado. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa: El landfarming (ex situ) influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para revertir los efectos adversos en el suelo contaminado por las operaciones petroleras en selva, la utilización de métodos biológicos como la Biorremediación, debido a que es uno de los procesos más sencillos de la remediación para implementar, una alternativa económica y sostenible.
- Se recomienda desarrollar la Biorremediación como método de la remediación, bajo condiciones controladas, con la finalidad de establecer el valor porcentual de remoción del contaminante según su grado de condición biológica, química y física de la zona de aplicación.
- Se recomienda el uso de bacterias para las acciones de biorremediación, dado que, de acuerdo a estudios realizados, los microorganismos que degradan diversos hidrocarburos relevantes, sea en suelo o en agua, resultan ser bacterias *Pseudomonas* sp.

VIII. REFERENCIAS

- Abdelhafeez, I., El-Tohamy, S., Abd ul-Malik, M., Abdel-Raheem, S., y El-Dars, F. (2021). A review on green remediation techniques for hydrocarbons and heavy metals contaminated soil. *Current Chemistry Letters*, 11(1), 43-62. <https://growingscience.com/beta/cc1/5174-a-review-on-green-remediation-techniques-for-hydrocarbons-and-heavy-metals-contaminated-soil.html>
- Álvarez, Y. (2009). *Suelos afectados por derrames de hidrocarburos: alternativas de remediación en el terminal de productos limpios el beaterio Petro comercial*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8272/1/UDLA-EC-TIAM-2017-23.pdf>
- Amiel, J. (2014). *Metodología y diseño de la investigación científica*. T- Copia SAC.
- Andía, W. (2017). *Manual de investigación universitaria*. Ediciones Arte y Pluma.
- Arbaiza, L. (2014). *Como elaborar una tesis de grado*. Esan Editores.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. Pearson.
- Bustamante, G., y Silva, J. (2019). *Efecto de la materia orgánica en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo en establecimientos de servicios*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4643>
- Castillo, A. (2009). *Aplicación de la técnica de landfarming para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25380w/Landfarming.pdf>
- Castillo, R., More, F., Cornejo, M., Fernández, J., y Mialhe, E. (2020). Aislamiento de bacterias con potencial biorremediador y análisis de comunidades bacterianas. *Journal of High Andean Research*, 1, 215-220. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.656>.

- Ccolque, Y., y Vargas, F. (2017). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo (HTP's) mediante el método de biopilas con dos tipos de sustrato (tierra y abonos orgánicos)*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. <https://catalogo.ucsm.edu.pe/bib/11714>
- Chang, I. (2020). *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburo mediada por Pseudomonas spp. En biorreactores*. [Tesis de maestría, Universidad Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1836d3ad-6f3e-48f6-ae2f-043243963552/content>
- Chiriví et al., J. (2019). *Revisión y panorama nacional de la Biorremediación microbiana*. Hipertexto - Netizen.
- Cruz, D., y Lincango, R. (2021). *Evaluación del proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo utilizando Trichoderma sp. y Bacillus pumilus, Mediante el sistema de biopilas a escala de laboratorio*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19882/1/UPS%20-%20TTS283.pdf>
- Díaz, J. (2019). *Biorremediación de suelos contaminados por petróleo*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Federico Santa María]. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2396/TESIS_MVINAS_CANALS.pdf
- Flores, C., y Mendoza, J. (2017). *Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento de Guarumales-Celec*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/52599d4d-b7c6-4e13-9ea9-41dabb04a337/content>

Nacional del Callao].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_0f1094c836f86fe8eabe1fd465974744/Details

Ocampo, C. (2020). El potencial de la biorremediación. *Herreriana*, 1, 30-33.
<https://doi.org/10.29057/h.v2i2.6285>.

Pimentel, M. (2021). *Aplicación de prácticas sostenibles en suelo contaminado por hidrocarburo de un taller*. [Tesis de grado, Universidad Continental].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9783>

Pisfil, R. (2019). *Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación en noroeste y selva*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_7385b057ec9b0b9e32103b2390ea56f0

Rangel, A. (2020). *Caracterización de sitios contaminados por hidrocarburos en Perú*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Piura].
<https://press.religacion.com/index.php/press/catalog/book/77>

Sánchez, S. (2011). *La Cuarta Vía: Paradigmas y Contraste de Hipótesis*. CEPREDIM-UNMSM.

Simbaña, J. (2016). *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de la Parroquia Taracoa en Francisco de Orellana, mediante el Hongo pleurotus ostreatus*. [Tesis de grado, Escuela Politecnica de Chimborazo].
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4916>

Suarez, M. (2013). *Guía de métodos de biorremediación para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos*. [Tesis de maestría, Universidad Libre].
<https://hdl.handle.net/10901/10607>

- Ugaz, J., Iglesias, S., Carreño , C., & Vega, H. (2020). Biosurfactantes en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. *SciELO Preprints*, 1, 1-14. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.642>.
- Valderrama, S. (2019). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cuantitativa, cualitativa y mixta* (10 ed.). San Marcos.
- Vizuite, R., Pascual, A., Taco, C., y Morales, M. (2020). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacterias utilizadas como bioproductos. *Revista la Sallista de investigación*, 2, 177-187. <https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a19>

IX ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO EN LOTES PETROLEROS DE LA SELVA, AÑO 2021.																																		
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES																															
<p>Problema General ¿Cómo la remediación influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021</p> <p>Problemas específicos ¿Cómo la biorremediación (in situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021?</p> <p>¿De qué manera el landfarming (ex situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y el impacto ambiental, año 2021?</p>	<p>Objetivo General Establecer como la remediación influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.</p> <p>Objetivos específicos Establecer como la biorremediación (in situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, atenuando el impacto ambiental, año 2021.</p> <p>Determinar como el landfarming (ex situ) influye en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, atenuando el impacto ambiental, año 2021.</p>	<p>Hipótesis General Existe influencia significativa en la aplicación de la remediación en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva, año 2021.</p> <p>Hipótesis específicas La biorremediación (in situ) influye significativamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y en el impacto ambiental, año 2021.</p> <p>El landfarming (ex situ) influye positivamente en los suelos contaminados con hidrocarburo en lotes petroleros de la selva y en el impacto ambiental, año 2021.</p>	<p>Variable independiente</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> <th>Ítems</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Biorremediación in situ</td> <td>Bioventing</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Atenuación natural</td> <td>3-4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Landfarming (ex situ)</td> <td>Remoción de suelos, aireación</td> <td>5-6</td> </tr> <tr> <td>Humedecimiento de suelos</td> <td>7-8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Variable dependiente.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> <th>Ítems</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Hidrocarburos aromáticos volátiles</td> <td>Afectación recursos humanos</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Daño calidad ambiental</td> <td>3-4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Hidrocarburos poliaromáticos</td> <td>Degradación lenta</td> <td>5-6</td> </tr> <tr> <td>Composición de hidrocarburos</td> <td>7-8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Hidrocarburos de petróleo</td> <td>No aromáticos</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>Aromáticos</td> <td>11-12</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Biorremediación in situ	Bioventing	1-2	Atenuación natural	3-4	Landfarming (ex situ)	Remoción de suelos, aireación	5-6	Humedecimiento de suelos	7-8	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Hidrocarburos aromáticos volátiles	Afectación recursos humanos	1-2	Daño calidad ambiental	3-4	Hidrocarburos poliaromáticos	Degradación lenta	5-6	Composición de hidrocarburos	7-8	Hidrocarburos de petróleo	No aromáticos	9-10	Aromáticos	11-12
			Dimensiones	Indicadores	Ítems																													
			Biorremediación in situ	Bioventing	1-2																													
Atenuación natural	3-4																																	
Landfarming (ex situ)	Remoción de suelos, aireación	5-6																																
	Humedecimiento de suelos	7-8																																
Dimensiones	Indicadores	Ítems																																
Hidrocarburos aromáticos volátiles	Afectación recursos humanos	1-2																																
	Daño calidad ambiental	3-4																																
Hidrocarburos poliaromáticos	Degradación lenta	5-6																																
	Composición de hidrocarburos	7-8																																
Hidrocarburos de petróleo	No aromáticos	9-10																																
	Aromáticos	11-12																																

Anexo B. Confiabilidad de Instrumentos

Tabla 15

Fiabilidad del instrumento de la variable independiente

Alfa de Cronbach	N de elementos
,801	12

Nota. Mediante el SPSS obtuvo un coeficiente de fiabilidad de 0.801, se interpreta como una elevada confiabilidad.

Tabla 16

Fiabilidad del instrumento de la variable dependiente

Alfa de Cronbach	N de elementos
,889	12

Nota. Mediante el SPSS obtuvo un coeficiente de fiabilidad de 0.889, se interpreta como una elevada confiabilidad.

Anexo C. Instrumento de medición

Esta información se manejará de manera confidencial, anónima y agregada. Agradecemos que proporcione datos verídicos, ya que solo así serán realmente valiosos para esta investigación. Por favor, lea cuidadosamente y responda a las preguntas marcando con una "X" en un único recuadro, siguiendo la escala de calificaciones indicada.

1	2	3
Totalmente en desacuerdo	Indeciso	Totalmente de acuerdo

Variable independiente		1	2	3
Dimensión 1				
1	El proceso de bioventing ha mejorado la calidad del aire en el área afectada.			
2	Los métodos utilizados en el bioventing son efectivos para tratar la contaminación del suelo.			
3	La atenuación natural contribuye significativamente a la reducción de la contaminación en el área.			
4	El proceso de atenuación natural se mantiene efectivo a lo largo del tiempo sin intervención adicional.			
Dimensión 2				
5	La remoción de suelos y su posterior aireación han sido efectivas para reducir la contaminación.			
6	El proceso de aireación aplicado a los suelos tratados facilita la remoción de contaminantes.			
7	El humedecimiento de los suelos contribuye de manera significativa a la remoción de los contaminantes.			
8	El humedecimiento de los suelos mejora la eficiencia del proceso de remediación.			

Variable dependiente		1	2	3
Dimensión				
1	Los hidrocarburos aromáticos volátiles han afectado negativamente la salud de los recursos humanos involucrados.			
2	La exposición a hidrocarburos aromáticos volátiles genera riesgos importantes para los trabajadores.			
3	Los hidrocarburos aromáticos volátiles contribuyen al deterioro de la calidad ambiental en la zona.			
4	La contaminación por hidrocarburos aromáticos volátiles afecta los ecosistemas locales.			

	Dimensión			
5	Los hidrocarburos poliaromáticos se degradan lentamente en el medio ambiente.			
6	La remediación de hidrocarburos poliaromáticos requiere un período prolongado de tiempo.			
7	La composición de los hidrocarburos poliaromáticos hace que su remediación sea más difícil que la de otros hidrocarburos.			
8	La variabilidad en la composición de los hidrocarburos poliaromáticos dificulta su tratamiento adecuado.			
	Dimensión			
9	Los hidrocarburos de petróleo no aromáticos son más fáciles de tratar que los aromáticos.			
10	Los hidrocarburos no aromáticos presentan menos riesgos para la salud humana en comparación con los aromáticos.			
11	Los hidrocarburos aromáticos de petróleo tienen un mayor impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente.			
12	El tratamiento de los hidrocarburos aromáticos de petróleo requiere métodos más complejos y especializados.			